

TA/TL/2005/0017

PERPUSTAKAAN FISIP UIN MADJALINGRAJ	
TGL. TERIMA :	_____
NO. JUDUL :	_____
NO. INV. :	5120001708001
NO. INDUK :	_____

TUGAS AKHIR

DISTRIBUSI PENCEMARAN LOGAM BERAT (As, Cd, Zn, Co) DALAM CUPLIKAN AIR, SEDIMEN DAN BIOTA DI PERAIRAN SURABAYA

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia

Untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh derajat Sarjana teknik Lingkungan



Oleh :

Nama : Astri Chairina

No. Mhs : 00.513.042

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

2005

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

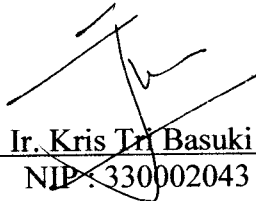
**DISTRIBUSI PENCEMARAN LOGAM BERAT (As, Cd, Zn, Co) DALAM
CUPLIKAN AIR, SEDIMEN DAN BIOTA DI PERAIRAN SURABAYA**

Disusun dan dipersiapkan oleh :


Astri Chairina
00.513.042

telah disetujui dan disahkan oleh :
Pusat Penelitian Pengembangan Teknologi Maju
(P3TM-BATAN) Jogjakarta pada tanggal.....dan dinyatakan
telah memenuhi persyaratan.
Mengesahkan

Kepala Bidang Teknofisikokimia

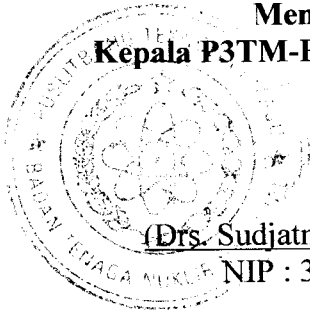

(Dr. Drs. Ir. Kris Tri Basuki Msc, APU)
NIP : 330002043

**Pembimbing
P3TM-BATAN**


(Dr. Ir. Agus Taftazani)
NIP : 330002278

Jogjakarta,2005

**Menyetujui
Kepala P3TM-BATAN Jogjakarta**


(Drs. Sudjatmoko, SU, APU)
NIP : 330001101

KATA PENGANTAR

Puji syukur alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir dengan judul **“Distribusi Pencemaran Logam Berat (As, Cd, Zn dan Co) Dalam Cuplikan Air, Sedimen dan Biota Di Perairan Surabaya”**.

Penyusunan tugas akhir ini dapat terselesaikan berkat dorongan dan motivasi, bantuan, bimbingan dan arahan, serta adanya kerja sama dari berbagai pihak. Untuk itu perkenankanlah penulis mengucapkan bayak terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada yang terhormat :

1. Bapak Ir. H. Kasam, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Dr. Ir. Agus Taftazani, selaku Dosen Pembimbing Utama, yang banyak memberikan masukan.
3. Bapak Luqman Hakim, ST, Msi, selaku Dosen Pembimbing Pendamping, yang banyak memberikan arahan dan bimbingan.
4. Bapak Drs. Sudjatmoko, SU, APU, selaku Kepala P3TM – BATAN Jogjakarta.
5. Bapak. Dr. Ir. Kris Tri Basuki, Msc, APU, selaku Kepala Bidang TeknoFisikoKimia BATAN Jogjakarta yang telah memberikan ijin penelitian.
6. Bapak Andik Yulianto, ST, selaku Koordinator Tugas Akhir.
7. Bapak Hudori, ST, selaku Dosen Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.
8. Bapak Eko Siswoyo, ST, selaku Dosen Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.

9. Seluruh staf dan karyawan di Laboratorium Teknofisika Kimia P3TM BATAN (Pak Iswantoro, Pak Tanto, Pak Kirno, Bu Sumuning, Pak Mulyono dll) terima kasih banyak atas bimbingannya selama penelitian.
10. Bapak Drs. Fatchurrachman, selaku seksi pengumpulan dan pengolahan data Disperindak Surabaya.
11. Mas Agus, yang banyak membantu dalam pengurusan surat-surat.
12. Sahabatku tercinta, Ika Oktiani Chaerunisa dan Dian Susanti.
13. Zainal Rasyid Tuasikal & Aldi Hary Kurniawan, Terimakasih banyak teman.
14. Teman-teman seperjuangan (Gulman Khiromin Baroroh, Rina Nur Utami, Nur Aini Hakim), Akhirnya selesai juga.
15. Aulia Rahman dan Kartini Arumi “kalian yang terbaik”.
16. Sari, Luwis, Asti, Irma, Pegy, Noni, Hakim, adi, dudy, Rio, Hary, Datuk, Chika.
Thanks Friend's.
17. Teman-teman Bromo “kenangan yang tak terlupakan”.
18. Teman-teman KKN Angkatan 28 “SL – 22”.
19. Seluruh angkatan 2000 Teknik Lingkungan UII.

Akhir kata semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca yang berkaitan dengan keilmuan maupun dapat menjadi studi literatur bagi penelitian yang berkaitan.

Yogyakarta,

Penyusun

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
ABSTRAKSI	xvi
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	6
1.3. Batasan Masalah	6
1.4. Tujuan Penelitian	7
1.5. Manfaat Penelitian	8
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Pencemaran Lingkungan	9
2.2. Sumber Pencemaran	12
2.3. Pencemaran Logam Berat	13
2.3.1. Arsen (As)	14
2.3.2. Kadmium (Cd)	15
2.3.3. Seng (Zn)	17
2.3.4. Kobalt (Co)	18
2.4. Indikator Biologis	19
2.4.1. Eceng gondok (<i>Eichhornia Crassipes (Mart) Solms</i>)	21
2.4.2. Tanaman Bakau (<i>Rhizophora. sp.</i>)	22
2.4.3. Ikan Belanak (<i>Moolgarda delicatus</i>)	23

2.4.4. Ikan Gelama (<i>Johnius (Johnieops)Borneen</i>)	24
2.5. Analisis Aktivasi Neutron (AAN)	25
2.5.1. Prinsip dasar	26
2.5.2. Reaksi Pengaktifan	27
2.5.3. Fasilitas Iradiasi	
2.5.3.1. Fasilitas Iradiasi Reaktor Atom Kartini	28
2.5.3.2. Pemilihan Sumber Neutron.....	29
2.5.4. Perangkat Spektrometer Gamma	29
2.5.4.1. Detektor HPGe.....	31
2.6. Deskripsi Lokasi Penelitian	
2.6.1. Letak Geografis	32
2.6.2. Letak Topografi	32
2.6.3. Iklim dan Curah hujan	32

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	34
3.2. Obyek Penelitian	34
3.3. Pengumpulan data	38
3.4. Alat dan Bahan Penelitian	
3.4.1. Alat Penelitian	39
3.4.2. Bahan Penelitian	42
3.5. Tahapan Penelitian	43
3.5.1. Pengambilan Cuplikan	43
3.5.1.1. Air sungai dan air laut.....	58
3.5.1.2. Sedimen sungai dan laut	58
3.5.1.3. Eceng gondok	58
3.5.1.4. Tanaman bakau.....	59
3.5.1.5. Ikan Belanak dan Ikan Gelama	59
3.5.2. Preparasi Cuplikan	
3.5.2.1. Prosedur penyiapan air sungai dan laut	60
3.5.2.2. Prosedur penyiapan sedimen	62

3.5.2.3. Prosedur penyiapan eceng gondok dan tanaman bakau	62
3.5.2.4. Prosedur penyiapan ikan Belanak dan ikan Gelama.....	63
3.5.3. Preparasi Standar	
3.5.3.1. Standar Primer	64
3.5.3.2. Standar Sekunder	64
3.5.4. Prosedur Iradiasi dan Pencacahan	
3.5.4.1. Prosedur Iradiasi	65
3.5.4.2. Prosedur Pencacahan	66
3.5.4.2.1. Detektor HPGe.....	66
3.5.5. Kalibrasi Spektrometer Gamma	
3.5.5.1. Kalibrasi Tenaga.....	66
3.5.5.2. Kalibrasi Efisiensi.....	68
3.5.6. Metode Analisis Data	
3.5.6.1. Analisis Kualitatif.....	69
3.5.6.2. Analisis Kuantitatif.....	70
3.6. Uji Akurasi Metode Penelitian	73

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Kalibrasi Alat (Spektrometer Gamma “detector HPGe)	75
4.1.1. Kalibrasi Tenaga	75
4.1.2. Kalibrasi Efisiensi	77
4.2. Analisis Kualitatif	79
4.3. Analisis Kuantitatif	
4.3.1. Konsentrasi unsur Arsen (As).....	80
4.3.1.1. Konsentrasi As di perairan sungai.....	82
4.3.1.2. Konsentrasi As di perairan laut.....	84
4.3.2. Konsentrasi unsur Kadmium (Cd).....	89
4.3.2.1. Konsentrasi Cd di perairan sungai.....	90
4.3.2.2. Konsentrasi Cd di perairan laut	94
4.3.3. Konsentrasi unsur Seng (Zn)	99
4.3.3.1. Konsentrasi Zn di perairan sungai	100

4.3.3.2. Konsentrasi Zn di perairan laut.....	102
4.3.4. Konsentrasi unsur Kobalt (Co)	105
4.3.4.1. Konsentrasi Co di perairan sungai.....	105
4.3.4.2. Konsentrasi Co di perairan laut	107
4.4. Faktor Bioakumulasi dan faktor Distribusi	111
4.5. Uji Akurasi	114
 BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	116
5.2. Saran	119
 DAFTAR PUSTAKA	 120
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Tabel	Halaman
Tabel 2.1.	Keandalan Metode Aktivasi Neutron	26
Tabel 3.1.	Baku Mutu air sungai, cara pengambilan dan metode analisis.....	36
Tabel 3.2.	Baku Mutu air laut, cara pengambilan dan metode analisis	36
Tabel 3.3.	Baku Mutu biota laut, cara pengambilan dan metode analisis	37
Tabel 4.1.	Data perbandingan unsur As, Cd, Zn dan Co dalam SRM-2704	114

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul Gambar	Halaman
Gambar 2.1	Daur pencemaran lingkungan	10
Gambar 2.2	Bagan limbah logam berat dalam lingkungan	13
Gambar 2.3	Struktur ikan Gelama (<i>Johnius (Johnieops)Borneen</i>).....	24
Gambar 2.4	Prinsip dasar Analisis Aktivasi Neutron.....	27
Gambar 2.5	Perangkat spektrometer gamma	30
Gambar 3.1	Skema Penelitian.....	43
Gambar 3.2	Peta lokasi sampling	45
Gambar 3.3	Tengah Kali Surabaya (Karangpilang).....	46
Gambar 3.4	Air sungai dimanfaatkan oleh PDAM Karangpilang.....	46
Gambar 3.5	Hilir Kali Surabaya (Gunungsari).....	47
Gambar 3.6	Hulu Kali Mas (Darmokali).....	48
Gambar 3.7	Hulu Kali Wonokromo	49
Gambar 3.8	Jagir Wonokromo	49
Gambar 3.9	Muara Kali Wonokromo.....	50
Gambar 3.10	Pesisir pantai Wonokromo.....	51
Gambar 3.11	Disekitar lokasi terdpt tambak ikan.....	51
Gambar 3.12	Muara Kali Sari.....	52
Gambar 3.13	Pesisir Pantai Kenjeran	53
Gambar 3.14	Area pemancingan disekitar Pesisir pantai Kenjeran.	53
Gambar 3.15	Pesisir Kedung Cowek.....	54
Gambar 3.16	Muara Kali Kedinding	55
Gambar 3.17	Muara Kali Anak (Morokrembangan).....	56
Gambar 3.18	Pesisir Pantai Morokrembangan	57
Gambar 3.19	Ikan Belanak (<i>Moolgarda delicatus</i>)	60
Gambar 3.20	Ikan Gelama (<i>Johnius (Johnieops)Borneen</i>)	60
Gambar 3.21	Air setelah disaring.....	61
Gambar 3.22	Proses pemekatan air	61

Gambar 3.23 Proses pengeringan air.....	61
Gambar 3.24 Air sungai yang telah dipekatkan.....	61
Gambar 3.25 Air laut yang dipekatkan.....	61
Gambar 3.26 Air siap di analisis.....	61
Gambar 3.27 Serbuk kering sedimen lolos 100 mesh.....	62
Gambar 3.28 Serbuk kering eceng gondok & tanaman bakau lolos 100 mesh.....	63
Gambar 3.29 Serbuk kering ikan setelah di <i>freeze drying</i>	64
Gambar 3.30 Serbuk kering ikan lolos 100 mesh.....	64
Gambar 3.31 Kelongsong polietilen.....	66
Gambar 3.32 Kurva Kalibrasi tenaga.....	68
Gambar 4.1 Grafik Kalibrasi tenaga Spektrometer gamma.....	76
Gambar 4.2 Grafik liku kalibrasi Spektrometer gamma.....	77
Gambar 4.3 Grafik Kalibrasi Spektrometer gamma.....	78
Gambar 4.4 Daur pencemaran di perairan.....	80
Gambar 4.5 Grafik konsentrasi As dalam air, sedimen dan biota.....	81
Gambar 4.6 Luka kulit akibat keracunan arsen.....	87
Gambar 4.7 Grafik konsentrasi Cd dalam sungai, sedimen dan biota.....	90
Gambar 4.8 Akumulasi melalui penguapan pada air.....	93
Gambar 4.9 Grafik konsentrasi Zn dalam sungai, sedimen dan biota.....	99
Gambar 4.10 Cara logam berat memasuki tubuh.....	104
Gambar 4.11 Grafik konsentrasi Co dalam sungai, sedimen dan biota.....	105
Gambar 4.12 Grafik Fb dan Fd.....	112

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
Lampiran A	
Peraturan Daerah Kota Surabaya No. 02 Tahun 2004.....	A1
Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004.....	A2
Direktur Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan No. 03725/B/SK/VII/89.....	A3
Sertifikat SRM-2704.....	A4
Tabel Tenaga Radionuklida.....	A5
Nilai Persentil Distribusi F	A6
Tabel Soyka	A7
Lampiran B	
Data Sampling	B1
Kegiatan Preparasi Cuplikan	B2
Metode Preparasi Cuplikan.....	B3
Lampiran C	
Perhitungan Kalibrasi	C1
Hasil pencacahan air, sedimen dan biota.....	C2
Langkah perhitungan Metode Komparatif.....	C3
Data volume cuplikan sedimen dan biota.....	C4
Faktor Distribusi.....	C5
Faktor Bioakumulasi.....	C6
Tabel SRM- 2704	C7
Langkah Perhitungan SRM-2704	C8
Langkah Perhitungan Uji Hipotesis.....	C9
Lampiran D.	
Peta industri	

ABSTRAKSI

ABSTRAK

DISTRIBUSI PENCEMARAN LOGAM BERAT (As, Cd, Zn dan Co) DALAM CUPLIKAN AIR, SEDIMEN DAN BIOTA DI PERAIRAN SURABAYA. Telah dilakukan penelitian kadar logam berat As, Cd, Zn dan Co pada cuplikan air, sedimen dan biota (eceng gondok, tanaman bakau, ikan Belanak dan ikan Gelama) dari beberapa lokasi di perairan Surabaya dengan metode Analisis aktivasi Neutron (AAN). Serbuk cuplikan dan konsentrat air diradiasi neutron di Reaktor Atom "Kartini" pada posisi Lazy Susan dengan flux neutron $1,05 \times 10^{11}$ n.cm⁻².sec⁻¹ selama 12 jam. Kemudian dilakukan pencacahan dengan detektor (*High Pure Germanium*) HPGe dengan penganalisa salur ganda. Analisis kuantitatif unsur As, Cd, Zn dan Co dilakukan secara relatif, sebagai standar sekunder dipakai larutan campuran As, Cd, Zn dan Co. Sebagai standar primer dipakai SRM *Buffallo River Sediment* dari NIST, USA untuk menguji keandalan metode aktivasi neutron. Dari hasil analisis kuantitatif pada air sungai Surabaya bila dibandingkan dengan baku mutu air (kelas 1 dan 4) dari Perda kota Surabaya No. 2 Tahun 2004 menunjukkan bahwa untuk kadar logam berat Cd dan Zn telah melebihi batas ambang yang diijinkan (Cd: 0,01 mg/l ; Zn: 0,05 mg/l). Pada air laut Surabaya bila dibandingkan dengan baku mutu air dari Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 menunjukkan bahwa untuk kadar logam berat As, Cd dan Zn telah melebihi ambang yang diijinkan (As: 0,012 mg/l ; Cd: 0,001 mg/l ; Zn: 0,05 mg/l), untuk konsentrasi Co tidak terdapat dalam peraturan. Untuk baku mutu kadar logam berat pada sedimen dan biota (eceng gondok dan tanaman bakau tidak terdapat dalam keputusan Menteri Lingkungan Hidup sehingga tidak dapat dibandingkan. Sedangkan unsur As pada ikan telah melebihi ambang batas menurut Direktur Jenderal pengawasan Obat dan Makanan No. 03725/B/VII/89 (1 ppm).

ABSTRACT

DISTRIBUTION OF HEAVY METALS (As, Cd, Zn and Co) CONTENTS IN WATER, SEDIMENT AND BIOTIC SAMPLES OF SURABAYA RIVER AND MARINE. The heavy metals determination of As, Cd, Zn and Co concentration of samples, i.e: water, sediment, biotic (*eichlomia crassipes*, *rhizophora.sp.*, *moolgarda delicatus* and *johnius (johnieops) borneen*) from many locations of Surabaya marine and river have been carried out. The samples as powder and concentrate water were irradiated for 12 hours using a Triga Mark type nuclear reactor. The neutron flux was $1,05 \times 10^{11}$ n.cm⁻².sec⁻¹ neutron flux. The radioactivity of the samples was measured using a Gamma Spectrometer equipped with a HPGe (High Pure Germanium) detector and a Multi Channel Analyzer with 4096 channels. The relative technique was done in this experiment to determine of As, Cd, Zn and Co concentrations. SRM of bufallo river sediment of NIST as a primer standard was used to prove the accuracy of this technique. The result showed that the concentration of As, Cd in water river were higher than maximum permissible concentration in one-class and four-class water of Surabaya City No. 02/2004 (Cd = 0.01 mg/L; Zn = 0.05 mg/L). The concentration of As, Cd and Zn in the marine were higher than maximum permissible concentration of Enviromental

Minister No. 51/2004 (As= 0,012 mg/l ; Cd= 0,001 mg/l ; Zn= 0,05 mg/l), the concentration of those metal Co can not be evaluated, because regulation of related to the maximum of Enviromental Minister not available. The concentration of those metal in sediment and biotic (eichlornia crassipes and rhizophora.sp.) can not be evaluated, because regulation of related to the maximum permissible concentration of the heavy metals of Enviromental Minister not available. The concentration of As in fish were higher than maximum permissible concentration of General Director food and drug No. 03725/B/SK/VII/89 (1 ppm).

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**DISTRIBUSI PENCEMARAN LOGAM BERAT (As, Cd, Zn, Co) DALAM
CUPLIKAN AIR, SEDIMEN DAN BIOTA DI PERAIRAN SURABAYA**

Nama : Astri Chairina
No. Mahasiswa : 00.513.042
Program Studi : Teknik Lingkungan

Telah diperiksa dan disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing I
Dr. Ir. Agus Taftazani



Tanggal : 12/5/05

Dosen pembimbing II
Luqman Hakim, ST, Msi



Tanggal : 11/5/05

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

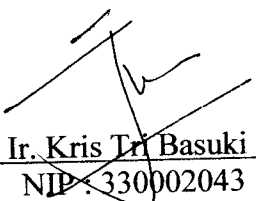
**DISTRIBUSI PENCEMARAN LOGAM BERAT (As, Cd, Zn, Co) DALAM
CUPLIKAN AIR, SEDIMEN DAN BIOTA DI PERAIRAN SURABAYA**

Disusun dan dipersiapkan oleh :


Astri Chairina
00.513.042

telah disetujui dan disahkan oleh :
Pusat Penelitian Pengembangan Teknologi Maju
(P3TM-BATAN) Jogjakarta pada tanggal.....dan dinyatakan
telah memenuhi persyaratan.
Mengesahkan

Kepala Bidang Teknofisikokimia

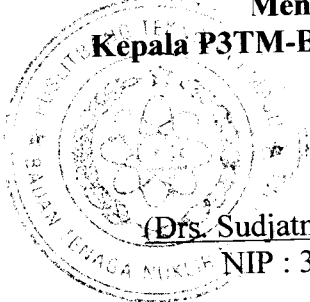

(Dr. Drs. Ir. Kris Tri Basuki Msc, APU)
NIP : 330002043

**Pembimbing
P3TM-BATAN**


(Dr. Ir. Agus Taftazani)
NIP : 330002278

Jogjakarta,2005

Menyetujui
Kepala P3TM-BATAN Jogjakarta


(Drs. Sudjatmoko, SU, APU)
NIP : 330001101

MOTTO

“Demi malam tatkala menutupi! Dan demi siang tatkala menerangi! Dan demi terciptanya laki-laki dan perempuan! Sesungguhnya usaha kamu adalah (untuk) berbagai (tujuan). Adapun orang yang memberi dan bertaqwa, dan membenarkan apa yang baik, kami akan memudahkan baginya (jalan) kemudahan. Adapun orang yang kikir dan menganggap dirinya dapat mencukupi sendiri, dan ia mendustakan apa yang baik, Kami akan memudahkan (jalan) kesukaran” (Qs. 92: 1-10)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Industri yang ada di Indonesia mengalami kemajuan yang sangat pesat, khususnya kawasan Surabaya mencapai 11.142 industri dengan jenis yang berbeda-beda baik untuk industri kecil, menengah maupun besar. Sekitar 600 diantaranya merupakan usaha yang berskala industri (bukan industri rumah tangga), sebagian berlokasi di Kawasan Industri Rungkut (SIER) (Anonim, 2001).

Dengan semakin pesatnya pertumbuhan industri di wilayah GERBANG KERTASUSILA (Gresik, Bangkalan, Mojokerto, Surabaya, Sidoharjo dan Lamongan) telah mendorong pertumbuhan ekonomi. Hal ini sekaligus akan meningkatkan arus urbanisasi di wilayah ini serta menimbulkan permasalahan lingkungan yang semakin kompleks. Salah satu faktor penyebab timbulnya permasalahan lingkungan adalah dihasilkannya limbah baik oleh industri maupun aktivitas domestik. Pada umumnya industri lebih suka berdiri di dekat sungai karena memudahkan untuk mendapatkan pemenuhan kebutuhan air sekaligus memudahkan dalam pembuangan limbahnya. Hal seperti ini telah banyak terjadi di Indonesia, sehingga banyak dijumpai kualitas air sungai yang semakin menurun atau bahkan ekosistemnya telah rusak sama sekali (Anonim, 2002).

Menurut informasi terakhir dari Perum Jasa Tirta terlihat penyebaran industri di sepanjang Kali Brantas adalah sebagai berikut : 21 % berada di bagian hulu Kota Mojokerto, 41 % di kiri kanan Kali Surabaya, 38 % terletak di

sepanjang kali Mas, kali Wonokromo dan kali Porong. Industri tersebut terdiri dari industri kertas, gula, minuman, tekstil, pemrosesan makanan termasuk pengalengan, agro industri, karet, minyak goreng, sabun, baja dan beraneka ragam industri kimia.

Di Jawa Timur industri banyak didirikan industri di wilayah Gresik, Mojokerto, dan Sidoharjo yang diantaranya ada beberapa industri yang berada di sekitar Aliran Sungai (DAS) kali Surabaya. Industri-industri ini dalam proses produksinya banyak menghasilkan limbah cair, dengan kandungan bahan organik dan padatan yang tinggi bahkan ada beberapa yang mengandung warna dan logam berat. Hal ini, tentu akan menurunkan kemampuan pemurnian diri atau kemampuan pemurnian diri atau kemampuan asimilasi diri (*self Purification*) badan air sungai, dan memperburuk kualitas air sungai (Disperindag, 2002).

Dari data PERUM Jasa Tirta I, 56 industri besar dengan jenis produksi berbeda-beda yang ada di Jawa Timur membuang limbahnya ke kali Brantas, dan mengalir ke kota Surabaya sampai akhirnya bermuara di Selat Madura (Anonim, 2003).

Untuk industri yang tergolong mampu mengolah limbah khususnya limbah cair seringkali diikuti dengan masalah baru, yaitu terbentuknya endapan dan merupakan limbah padat yang mengandung bahan polutan yang seringkali tergolong B3 (Bahan Beracun Berbahaya) sehingga kembali memerlukan pengolahan lebih lanjut. Bagi industri yang tergolong kecil pengolahan limbah cair maupun padat tersebut merupakan beban yang dirasa sangat berat dan tidak ter pikul sehingga memerlukan uluran tangan pemerintah untuk mengatasinya.

Adanya limbah industri, apabila kurang sempurna pengolahannya akan menjadi faktor yang merugikan bagi lingkungan. Demikian juga halnya perkembangan kawasan industri dan pemukiman Surabaya, khususnya daerah perairan pantai dan sungai di Morokrembangan dan di Kenjeran. Limbah penduduk dengan segala kegiatannya dan industri sepanjang sungai Surabaya berupa polutan padat maupun cair baik sebagai senyawa organik beracun, logam berat beracun masuk ke perairan sungai yang akhirnya mengalir ke pantai Morokrembangan dan pantai Kenjeran. Wilayah pesisir merupakan tempat bermuaranya sungai Morokrembangan dan sungai Kenjeran serta menjadi tempat buangan limbah domestik (Taftazani, dkk, 2003).

Di beberapa lokasi pengambilan cuplikan, masyarakat sekitar memanfaatkan biota (ikan) sebagai sumber mata pencahariannya. Hal ini cukup mengkhawatirkan, sebab begitu banyaknya industri yang membuang limbahnya ke perairan Surabaya.

Pencemaran industri menyebabkan rusaknya kualitas ekosistem kali Surabaya, kualitas air menjadi turun, oksigen terlalu rendah, kekeruhan meningkat, meningkatnya kandungan logam, dan tingginya sedimentasi. Sehingga kali Surabaya tidak dapat menyediakan kebutuhan hidup yang layak bagi biota-biota air. Hanya biota yang mampu beradaptasilah yang mampu bertahan.

Banyak orang menganggap bahwa sungai mempunyai kemampuan untuk membersihkan diri (*self purification*) namun kita lupa bahwa kemampuan alam tersebut memiliki ambang batas, seberapa luas dan panjang sungai yang ada tentu tidak kuat untuk menampung beban limbah setiap hari dari kurang lebih 45

industri yang berpotensi mengeluarkan limbah B3 yang ada disepanjang kali Surabaya dengan kuantitas limbah yang selalu meningkat. Berdasarkan studi pemakaian air dan kebutuhan saat ini peruntukan air kali Surabaya dibedakan atas : irigasi, air industri, sumber air baku dan air penggelontor kota ((Disperindag, 2002).

Kali Surabaya dengan panjang 42 km dan luas daerah pengaliran 789 km² yang mengalir melalui Pintu Mlirip, Mojokerto sampai dengan Dam Jagir menuju ke kota Surabaya merupakan pemasok utama air baku bagi kebutuhan air minum kota Surabaya dan industri sekitarnya. Namun saat ini, banyak industri berdiri di sepanjang kali Surabaya yang membuang limbah cair kedalamnya. Hal ini berdampak terhadap terjadinya penurunan kualitas air sungai, terlebih lagi pada saat musim kemarau dimana debit air mengalami penyusutan yang besar sehingga semakin memperparah tingkat pencemaran air sungai. Akibat beban pencemaran ini, PDAM Surabaya sering mengalami kesulitan dalam memproses air minum (Jasa Tirta, 2001).

Selain buangan industri, salah satu fungsi kali Surabaya adalah mengalirkan buangan air rumah tangga, buangan air limbah rumah tangga yang berupa air mandi, cuci dan kakus juga dijumpai di sepanjang kali Surabaya. Mengingat pada tepi kiri dan kanan kali Surabaya kebanyakan berupa daerah pemukiman, maka buangan air limbah rumah tangga ke kali Surabaya dirasa cukup banyak kontribusinya disamping buangan air limbah industri. Berbeda dengan buangan air limbah industri yang dapat diolah kualitasnya sebelum dibuang ke kali Surabaya, maka air buangan rumah tangga ini sangat sulit

dikontrol kualitasnya, apalagi ditambah dengan adanya jamban-jamban di sepanjang alur kali Surabaya (Jasa Tirta, 2001).

Masalah yang ditimbulkan oleh logam berat mempunyai sifat-sifat beracun, tidak dapat dirombak atau dihancurkan oleh organisme hidup, dapat diakumulasi dalam tubuh organisme termasuk manusia, baik secara langsung maupun tidak langsung. Logam berat As, Cd termasuk logam sangat beracun (dapat mengakibatkan kematian atau gangguan kesehatan yang tidak pulih dalam waktu singkat), sedangkan logam berat Zn, Co sifat racunnya moderat (dapat mengakibatkan gangguan kesehatan baik yang dapat pulih maupun yang tidak dapat pulih dalam waktu yang relatif lama). (Taftazani, dkk, 2003)

Identifikasi dan pengukuran logam - logam berat As, Cd, Zn, Co dalam cuplikan di pilih dengan Metode Analisis Aktivasi Neutron (AAN). Dalam penelitian ini identifikasi dan penetapan kadar unsur logam berat dapat dilakukan dengan metode elektrometri, spektrometri serapan atom, aktivasi neutron (AAN) dsb. Metode AAN mempunyai kelebihan daripada metode yang lain, antara lain: limit deteksinya orde ppm-ppb, dapat teruji secara serentak (multi unsur langsung terdeteksi bersamaan), bebas kontaminasi jika cuplikan telah di radiasi, hemat bahan kimia untuk preparasi, dsb.

Cuplikan air, sedimen dan biota sangat berperan penting sebagai faktor perunut dan bioindikator, sehingga secara ekologi penentuan As, Cd, Zn dan Co dalam cuplikan sangat penting karena dapat menunjukkan tingkat pencemaran yang terjadi.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang ada, maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut :

1. Berapa konsentrasi logam berat (As, Cd, Zn dan Co) yang terkandung dalam cuplikan air, sedimen dan biota yang ada di perairan Surabaya ?
2. Apakah konsentrasi logam berat yang terkandung dalam air sungai sudah sesuai dengan Baku Mutu menurut Peraturan Daerah Kota Surabaya No. 02 Tahun 2004, air laut sudah sesuai dengan Baku Mutu Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 dan biota (ikan) sudah sesuai dengan Keputusan Direktur Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan No. 03725/B/SK/VII/89 ?
3. Apakah faktor bioakumulasi (F_B) dan faktor distribusi (F_D) unsur-unsur logam berat dalam air, sedimen dan biota dapat dijadikan sebagai indikator kualitas perairan ?

1.3. Batasan Masalah

Penelitian ini dititik beratkan pada penentuan konsentrasi unsur logam berat As, Cd, Zn dan Co yang erat hubungannya dengan buangan air limbah hasil kegiatan industri dan domestik ke perairan Surabaya. Konsentrasi logam - logam tersebut dalam perairan lama kelamaan akan meningkat dan terakumulasi dalam cuplikan - cuplikan lingkungan seperti : air, sedimen dan biota, serta manusia yang mengkonsumsi biota air tersebut. Peningkatan kadar As, Cd, Zn, dan Co suatu saat akan melebihi dari ambang batas yang diijinkan sehingga dapat

membahayakan keselamatan dan kesehatan manusia maupun lingkungan. Oleh karena itu perlu dilakukan pemantauan secara teratur dan berkala.

Dalam penelitian ini batasan masalah yang dikemukakan adalah :

1. Parameter logam berat yang dianalisis adalah As, Cd, Zn dan Co.
2. Tingkat kandungan logam berat yang terkandung dalam cuplikan air, sedimen dan biota (eceng gondok, tanaman bakau, ikan Belanak, ikan Gelama) di perairan Surabaya diidentifikasi dengan Metode Analisis Aktivasi Neutron (AAN).
3. Penentuan faktor bioakumulasi (F_B) dan faktor distribusi (F_D) unsur-unsur logam berat (As, Cd, Zn dan Co) dalam air, sedimen dan biota.

1.4. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui konsentrasi logam berat As, Cd, Zn, dan Co yang terdapat dalam cuplikan air, sedimen dan biota di perairan Surabaya.
2. Membandingkan konsentrasi logam berat yang terkandung dalam air sungai dengan Baku Mutu Peraturan Daerah Kota Surabaya No. 02 Tahun 2004 dan air laut dengan Baku Mutu Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 serta biota (ikan) dengan Keputusan Direktur Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan No. 03725/B/SK/VII/8.
3. Mengetahui faktor bioakumulasi (F_B) dan faktor distribusi (F_D) unsur-unsur logam berat dalam air, sedimen dan biota.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pencemaran Lingkungan

Perkembangan teknologi dan industri yang pesat dewasa ini membawa dampak bagi kehidupan manusia, baik dampak yang bersifat positif maupun dampak yang bersifat negatif (Wardhana, 1999).

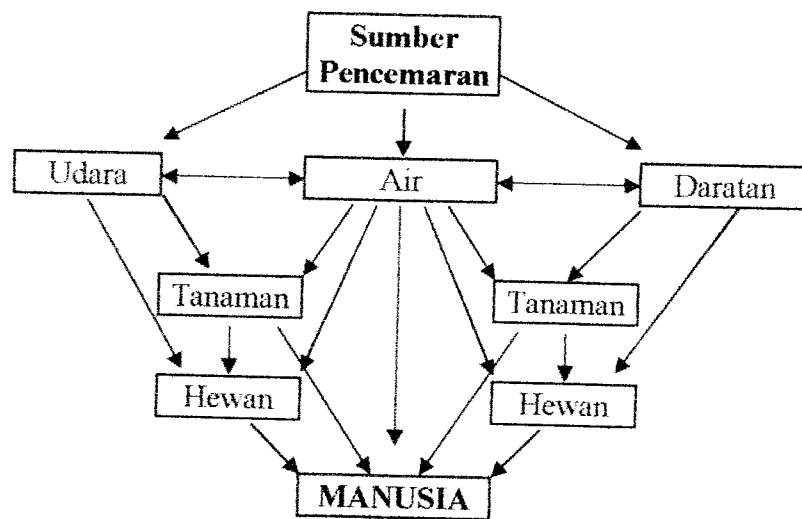
Pencemaran merupakan perubahan yang tidak dikehendaki dari lingkungan hidup yang sebagian besar akibat dari kegiatan manusia. Perubahan ekosistem atau habitat dapat berupa perubahan secara fisik, kimia atau perilaku biologis yang akan mengganggu kehidupan manusia, spesies biota bermanfaat, proses-proses industri, kondisi kehidupan, dan asset kultural. Selain itu dapat pula merusak atau menghancurkan secara sia-sia sumber daya bahan mentah yang ada di alam (Thayib, 1994).

Air sebagai komponen lingkungan hidup akan mempengaruhi dan dipengaruhi oleh komponen lainnya. Air yang kualitasnya buruk akan mengakibatkan kondisi lingkungan hidup menjadi buruk sehingga akan mempengaruhi kondisi kesehatan dan keselamatan manusia serta kehidupan makhluk hidup lainnya. Penurunan kualitas air akan menurunkan daya guna, hasil guna, produktivitas, daya dukung dan daya tampung dari sumber daya air yang pada akhirnya akan menurunkan kekayaan sumber daya alam (Anonim, 2002).

Pencemaran yang dapat ditimbulkan oleh limbah ada bermacam-macam bentuk. Ada pencemaran berupa bau, warna, suara dan bahkan pemutusan mata

rantai dari suatu tatanan lingkungan hidup atau penghancuran suatu jenis organisme yang pada tingkat akhirnya akan menghancurkan tatanan ekosistemnya. Pencemaran yang dapat menghancurkan tatanan lingkungan hidup, biasanya berasal dari limbah-limbah yang sangat berbahaya dalam arti memiliki daya racun (toksisitas) yang tinggi.

Dampak pencemaran lingkungan tidak hanya berpengaruh dan berakibat kepada lingkungan alam saja, akan tetapi berakibat dan berpengaruh pula terhadap kehidupan tanaman, hewan dan juga manusia. Apabila lingkungan alam telah tercemar sudah barang tentu tanaman yang tumbuh di lingkungan tersebut akan ikut tercemar, demikian pula hewan yang hidup di situ. Pada akhirnya manusia sebagai makhluk hidup yang omnivora akan ikut pula merasakan dampak pencemaran tersebut. Hal ini ditunjukkan pada daur pencemaran lingkungan di bawah ini :



Gambar 2.1. Daur Pencemaran Lingkungan
Sumber : Wardhana (1999)

Limbah - limbah yang sangat beracun pada umumnya merupakan limbah kimia, apakah itu berupa persenyawaan-persenyawaan kimia atau hanya dalam bentuk unsur atau ionisasi. Biasanya senyawa kimia yang sangat beracun bagi organisme hidup dan manusia adalah senyawa-senyawa kimia yang mempunyai bahan aktif dari logam-logam berat. Daya racun yang dimiliki oleh bahan aktif dari logam berat akan bekerja sebagai penghalang kerja enzim dalam proses fisiologis atau metabolisme tubuh. Sehingga proses metabolisme terputus. Di samping itu bahan beracun dari senyawa kimia juga dapat terakumulasi atau menumpuk dalam tubuh, akibatnya timbul problema keracunan kronis (Palar, 1994).

Sedangkan, sumber pencemaran perairan pesisir dan lautan dapat dikelompokkan menjadi 7 kelas : industri, cair pemukiman (*sewage*), limbah cair perkotaan (*urban stormwater*), pertambangan, perlayaran (*shipping*), pertanian, dan perikanan budi daya. Bahan pencemar utama yang terkandung dalam bungan limbah dari ketujuh sumber tersebut berupa : sedimen, unsur hara (*nutrients*), logam beracun (*toxic metals*), pestisida, organisme eksotik, organisme patogen, sampah (*litter*) dan *oxygen depleting substances* (bahan-bahan yang menyebabkan oksigen yang terlarut dalam air berkurang). Bahan pencemar yang berasal dari berbagai kegiatan industri, pertanian, rumah tangga di daratan akhirnya dapat menimbulkan dampak negatif bukan saja pada perairan sungai, tetapi juga perairan pesisir dan kelautan (Dahuri, Rais, Ginting, Sitepu, 2001).

Salah satu hal yang perlu dikerjakan dalam pengendalian dan pemantauan dampak lingkungan adalah melakukan analisis unsur-unsur dalam cuplikan

lingkungan yang tercemar oleh limbah industri tersebut, terutama kandungan logam berat maupun senyawa kimia berbahaya lainnya. Analisis tersebut diperlukan untuk mengevaluasi tingkat pencemaran yang terjadi.

2.2. Sumber Pencemaran

Sumber pencemar adalah setiap kegiatan yang membuang atau mengeluarkan zat atau bahan pencemar, yang dapat berbentuk cair, gas atau partikel tersuspensi dalam kadar tertentu kedalam lingkungan.

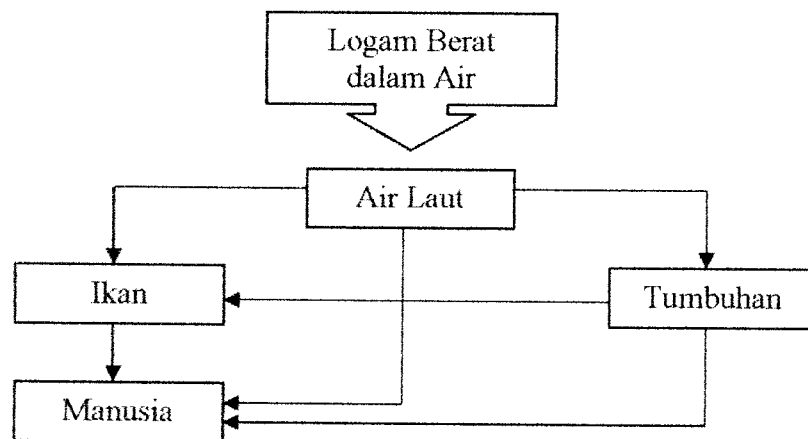
Pencemaran merupakan berubahnya suatu kondisi dari bentuk asal menjadi keadaan yang lebih buruk. Perubahan bentuk tatanan dari kondisi asal pada kondisi buruk ini terjadi sebagai akibat masuknya bahan pencemar dari sumber pencemar yang ada.

Pencemaran lingkungan dapat melalui udara, air dan tanah pada akhirnya sampai juga pada manusia. Oleh karena itu perubahan dan kebijaksanaan manusia dalam pengelolaan lingkungan sangat besar bagi kelangsungan hidup manusia itu sendiri.

Adanya sumber pencemar air oleh logam berat dari logam berat dari berbagai sumber akan menyebabkan terganggunya populasi biota di perairan tersebut. Masuknya zat pencemar logam berat ke dalam perairan selain mengendap di dasar perairan, juga akan diakumulasi oleh tumbuhan dan hewan air. Tingkat residu logam yang diakumulasi oleh organisme tersebut dapat untuk menggambarkan tingkat pencemaran air di perairan tersebut (Moore dan Ramarmorthy, 1984).

Pencemaran lingkungan dapat melalui udara, air dan tanah yang pada akhirnya sampai juga pada manusia. Oleh karena itu perubahan dan kebijaksanaan manusia dalam pengelolaan lingkungan sangat besar bagi kelangsungan hidup manusia itu sendiri.

Karena zat pembuangan limbah ke lingkungan pada akhirnya sampai pada manusia, maka perlu diketahui skema daur limbah ke lingkungan sebagai berikut :



Gambar 2.2. Bagan Air Limbah Logam Berat dalam Lingkungan
Sumber: Wardhana (1999)

2.3. Pencemaran Logam Berat

Pencemaran logam berat terhadap alam lingkungan merupakan suatu proses yang erat hubungannya dengan penggunaan logam tersebut oleh manusia. Pada awal digunakannya logam sebagai alat, belum diketahui pengaruh pencemaran terhadap lingkungan dan pada tingkat tertentu dapat mengganggu kesehatan manusia. Masalah yang dihasilkan dari logam berat ini cukup rumit, karena logam berat mempunyai sifat - sifat berikut :

1. Beracun
2. Tidak dapat dirombak atau dihancurkan oleh organisme hidup.

3. Dapat diakumulasi dalam tubuh organisme termasuk manusia, baik secara langsung maupun tidak langsung.

Logam berat berdasarkan sifat racunnya dapat dikelompokkan menjadi empat golongan, yaitu :

1. Sangat beracun, dapat mengakibatkan kematian ataupun gangguan kesehatan yang pulih dalam waktu singkat. Logam - logam tersebut antara lain : Pb, Hg, **Cd**, Cr, **As**, Sb, Ti dan U.
2. Moderat, yaitu mengakibatkan gangguan kesehatan baik yang dapat pulih maupun yang tidak dapat pulih dalam waktu yang relatif lama. Logam - logam tersebut antara lain : Ba, Be, Cu, Au, Li, Mn, Se, Te, Va, **Co** dan Rb.
3. Kurang beracun, logam ini dalam jumlah besar menimbulkan gangguan kesehatan. Logam - logam tersebut antara lain : Bi, Co, Fe, Ca, Mg, Ni, K, Ag, Ti dan **Zn**.
4. Tidak beracun, yaitu tidak menimbulkan gangguan kesehatan seperti : Na, Al, Sr dan Ca.

2.3.1. Arsen (As)

Arsen hampir selalu ditemukan secara alamiah di daerah pertambangan walaupun jumlahnya sangat sedikit. Logam ini biasanya selalu berbentuk senyawa kimia baik dengan logam lain, oksida maupun sulfur yang menjadikan sifat logam ini menjadi lebih mudah mengendap. Konsentrasi logam arsen pada air laut secara alamiah 2,6 µg/l, sedangkan pada air sungai 2 µg/l (Darmono, 2001).

Arsen digunakan dalam industri metalurgi, gelas, pigmen, tekstil, kertas, keramik, cat, penyulingan minyak, semi-konduktor dan sebagainya (Effendi, 2003). Kadar Arsen dalam perairan tawar sekitar 0,01 mg/l. Untuk menjaga ekosistem akuatik, kadar arsen sebaiknya tidak lebih dari 0,05 mg/l (Moore, 1991). Kadar arsen yang tinggi juga dapat merusak klorofil. Pada perairan yang diperuntukkan bagi kepentingan pertanian, kadar arsen sebaiknya kurang dari 0,1 mg/l. Konsentrasi arsen yang mematikan bagi mikro algae berkisar antara 2,0 - 10,0 mg/l. Kadar arsen yang melebihi 10 mg/l bersifat toksik pada ikan, kadar arsen aman pada perairan laut adalah sekitar 0,01 mg/l (Effendi, 2003).

Arsen merupakan bahan beracun, dapat melalui isapan nafas dalam bentuk debu yang berterbangan di udara (pencemaran udara) dan keracunan arsen pada orang atau hewan karena menghisap debu tersebut., perut (melalui makanan) atau absorpsi melalui kulit. Keracunan As dapat secara cepat atau pelan dengan gejala yang timbul, seperti : bercak-bercak pada kulit seperti eksem, dan apabila keracunan berat akan menimbulkan muntah darah lambung. Gas AsH_3 akan memecahkan butiran darah dan senyawa Arsen banyak dijumpai pada buangan industri logam, glassware, keramik, zat pewarna dan pestisida.

Apabila termakan arsen sebanyak 100 mg dapat mengakibatkan keracunan yang hebat. Arsen juga diduga dapat mengakibatkan kanker.

2.3.2. Kadmium (Cd)

Kadmium merupakan bahan beracun yang akan menimbulkan gejala akut dan mengakibatkan kematian. Keracunan akan mengakibatkan gangguan pada organ dalam hati, ginjal, tulang-tulang apabila termakan/terminum dari bahan

yang tercemar Cd dengan gejala : mual, muntah, diare, kejang perut, dan pusing, yang mana Cd akan menghambat kerja dari selfhydril enzyim, dan diduga sebagai karsinogen.

Keracunan Kadmium (Cd) dapat terjadi karena banyak industri yang menggunakan logam kadmium dalam proses produksinya, seperti industri metalurgi, pelaisan logam, pigmen, baterai, peralatan elektronik, pelumas, peralatan fotografi, gelas, keramik, tekstil dan plastik (Effendi, 2003).

Logam kadmium menjadi populer setelah timbulnya pencemaran air sungai di wilayah Toyama di Jepang yang menyebabkan keracunan pada manusia (Wardhana, 1999). Kadmium dalam air tawar berbentuk karbonal ($CdCO_3$), sedangkan dalam air laut berbentuk senyawa klorida ($CdCl_2$). Sifat dan kegunaan logam ini adalah :

- Mempunyai sifat tahan panas sehingga sangat bagus untuk pencampuran pembuatan bahan-bahan keramik dan plastik; dan
- Sangat tahan terhadap korosi sehingga bagus untuk melapisi pelat besi dan baja.

Kadmium bersifat kumulatif dan sangat toksik bagi manusia dapat mengakibatkan gangguan fungsi ginjal dan paru-paru, meningkatkan tekanan darah dan mengakibatkan kemandulan pada pria dewasa (Effendi, 1999).

Kadmium dapat berbahaya apabila diserap oleh hewan air melalui insang dan saluran pencernaan. Karena sifatnya sangat toksik, logam ini dapat mematikan. Keracunan kronis Cd lebih sering dijumpai di lapangan hanya pada manusia, ini erat hubungannya dengan kualitas lingkungan yang menurun.

Pada air payau biasanya terdapat muara sungai. Kedua senyawa tersebut jumlahnya berimbang. Logam berbahaya ini diserap oleh hewan air melalui insang dan saluran pencernaan. Karena sifatnya yang toksik, logam ini dapat mematikan. Jika hewan air tersebut tahan terhadap kandungan logam yang tinggi, maka logam itu dapat tertimbun di dalam jaringannya, terutama hati dan ginjal. Logam ini juga berkaitan dengan protein sehingga disebut *metalotionein* yang bersifat agak permanen dan mempunyai waktu paruh cukup lama (*biological half life*).

2.3.3. Seng (Zn)

Seng digunakan dalam produksi logam campuran, misalnya : perunggu, loyang, dan kuningan. Senyawa seng ini juga sering digunakan dalam pelapisan logam seperti : baja, besi yang merupakan produk anti karat. Juga digunakan zat warna untuk cat, lampu, gelas, bahan keramik, pestisida dan sebagainya, Zn juga banyak dijumpai pada limbah industri CO₂.

Kadar seng pada air minum sebaiknya tidak lebih dari 5 mg/l. toksisitas seng menurun dengan meningkatnya kesadahan dan meningkatnya suhu dan menurunnya oksigen terlarut. Toksisitas seng bagi organisme akuatik (algae, avertebrata dan ikan) sangat bervariasi, < 1 mg/l hingga > 100 mg/l (Effendi, 2003). Keracunan Zn sering dijumpai pada hewan yang hidup di daerah yang tercemar unsur ini, dan keracunan Zn ini juga terjadi bersamaan dengan keracunan Cd secara kronis. Defisiensi seng akan terlihat pada hewan dengan gejala peradangan pada hidung dan mulut serta pembengkakan persendian.

kobalt sebagai alloy dengan logam lain. Adapun sifat-sifat dari logam kobalt adalah sebagai berikut :

1. Logam Co dalam persenyawaannya mempunyai bilangan oksidasi +2 dan +3.
2. Ion kobalt (III) tidak stabil.
3. Kobalt dapat membentuk kompleks-komplek yang stabil.
4. Komplek kobalt (II) dapat dioksidasikan dengan mudah menjadi kompleks-komplek kobalt (III).
5. Kobalt bersifat racun terhadap makhluk hidup.

2.4. Indikator Biologis

Indikator biologis sebagai dasar dan perhatian utama untuk melihat dampak pencemaran logam berat dan beracun dan adanya proses bioakumulasi, selain itu juga untuk melihat efek potensialnya terhadap jaringan atau rantai makanan. Salah satu organisme yang dapat dijadikan bioindikator untuk sungai adalah eceng gondok dan ikan, sedangkan untuk perairan laut adalah kerang dan ikan.

Karakteristik ideal sebagai indikator biologis ekosistem perairan adalah sebagai berikut :

- Organisme (biota) tersebut harus cukup mengakumulasi logam berat tanpa menyebabkan kematian.
- Habitat biota berasal dari daerah yang diteliti.
- Melimpahnya setiap waktu pada lokasi yang akan diteliti.

- Mempunyai masa hidup lebih dari satu tahun, (cukup lama) untuk melihat pengaruh variasi perubahan musim
- Mempunyai ukuran tubuh yang memungkinkan untuk dianalisa, terutama pada jaringan tubuh (Rossbach, 1995).

Logam berat yang diabsorpsi, akan diakumulasi oleh makhluk hidup perairan sampai berbagai tingkatan. Akumulasi logam berat oleh makhluk hidup dapat berasal dari proses biokonsentrasi, pengambilan dari partikulat tersuspensi, dari bahan makanan dan dari sedimen (Connell, 1995). Bioakumulasi logam berat yang dilakukan oleh biota air akan menyebabkan kadarnya dalam tubuh lebih besar dibandingkan dengan air maupun sedimen (Hutagalung, 1984).

Apabila pencemaran lingkungan diperkirakan melalui jalur air maka indikator biologisnya dapat ditentukan melalui hewan atau tanaman yang hidup atau tumbuh di air, baik air sungai, air danau maupun air laut. Indikator biologis yang ada pada jalur air dan mungkin akan sampai kepada manusia (Wardhana, 1999).

Dalam menganalisa keadaan lingkungan masalah indikator biologis merupakan petunjuk ada tidaknya kenaikan keadaan lingkungan dari keadaan garis dasar (keadaan lingkungan sebelum ada kegiatan industri), sebaiknya pengambilan contoh lingkungan haruslah yang terletak pada jalur yang menuju dan berakhir pada manusia (Wardhana, 1995).

Logam berat yang terabsorpsi oleh biota perairan akan membentuk senyawa kompleks dengan zat-zat organik yang terdapat dalam tubuh organisme sehingga logam berat akan terikat, terakumulasi dan tidak segera dilepaskan oleh

organisme yang bersangkutan (Robinson dan Roesijadi, 1994). Sedangkan menurut Hutagalung (1984), bahan pencemar yang berada dalam tubuh organisme dapat dikeluarkan ke lingkungan air atau dapat disimpan dan terakumulasi dalam tubuh organisme yang terlibat pada rantai makanan. Logam berat yang terakumulasi akan bereaksi dengan gugus sulfhidril (-SH) dari protein yang terdapat dalam tubuh organisme, sehingga sukar terekskresi oleh organisme tersebut.

Bioakumulasi logam berat yang dilakukan oleh biota air akan menyebabkan kadarnya dalam tubuh lebih besar dibandingkan dengan air maupun sedimen (Hutagalung, 1984). Demikian juga halnya dengan logam berat yang terabsorpsi oleh biota laut, meskipun prosesnya lambat namun apabila berlangsung terus-menerus dalam jangka waktu yang lama, maka proses akumulasi yang terjadi akan menghasilkan kandungan logam berat yang cukup tinggi dalam tubuh organisme. Proses akumulasi logam berat akan jauh lebih cepat melalui rantai makanan yang telah tercemar daripada di dalam air.

Absorpsi logam berat dari air ke dalam makhluk hidup dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu kadar garam, temperatur, pH, ukuran organisme, hadirnya senyawa kimia lain dan kondisi kelaparan dari organisme. Absorpsi logam juga sangat bergantung pada bentuk logam, biasanya ikatan logam dalam makanan sangat stabil dan tidak dipecah oleh enzim pencernaan (Darmano, 1995).

2.4.1. Eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms)

Eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms) merupakan tumbuhan pengganggu (gulma) perairan yang sulit diberantas, karena pertumbuhannya

sangat pesat termasuk jenis tumbuhan menahun, mengapung bebas apabila air cukup dalam, tetapi berakar di dasar bila airnya dangkal (Widiyanto, 1980).

Tumbuhan ini juga mampu menyesuaikan diri terhadap lingkungan tempat tumbuhnya, serta dapat memanfaatkan kesuburan air yang tinggi. Pertumbuhan yang pesat berarti mempunyai daya serap yang besar untuk menyerap berbagai unsur dalam air (Hadi, 1984).

2.4.2. Tanaman Bakau (*Rhizophora.sp.*)

Yang paling menarik dari ekosistem ini adalah cara adaptasi organ-organ tubuhnya terhadap kondisi lingkungan yang bersalinitas tinggi, dan selalu tergenang air. Untuk *Rhizophora* selain akar yang menggantung penyaring NaCl ia memiliki daun berlapis daging yang tebal untuk menyimpan banyak air. Selain itu juga akar-akar mereka mampu menahan sedimen sehingga terjadi penambahan lahan kearah laut.

Hutan mangrove (bakau) merupakan ekosistem utama pendukung kehidupan yang penting di wilayah pesisir dan kelautan. Selain mempunyai fungsi ekologis sebagai penyedia nutrien bagi biota perairan, penahan abrasi, amukan angin taufan, penyerap limbah, pencegah intrusi air laut, dan lain sebagainya. Hutan mangrove juga mempunyai fungsi ekonomis penting seperti : penyedia kayu, daun-daunan sebagai bahan baku obat-obatan (Dahuri, Rais, Ginting, Sitepu, 2001).

Hutan bakau sebagai salah satu ekosistem yang sangat unik, merupakan salah satu sumberdaya alam yang sangat potensial, hutan bakau disamping merupakan penghasil berbagai bahan baku industri (bahan penyamak, arang, kayu

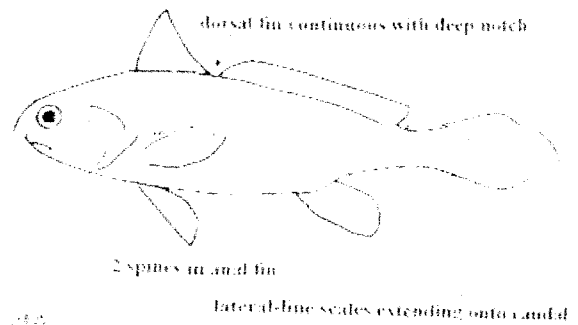
bakar, dll), juga mempunyai fungsi lindung berbagai proses ekologi dan merupakan salah satu ekosistem yang mempunyai daya recovery/regenerasi yang cukup kuat, dari 15,9 juta Ha hutan mangrove dunia seluas 4,25 juta Ha hutan mangrove atau $\pm 27\%$ terdapat di Indonesia dan seluas $\pm 28,437$ Ha berada di propinsi Jawa Timur, oleh karena itu mangrove/bakau perlu memperoleh perhatian khusus, hati-hati agar tidak menurunkan atau merusak ekosistemnya (Anonim, 1997).

2.4.3. Ikan Belanak (*Moolgarda delicatus*)

Karakter diagnostik: 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. Jari-jari sirip punggung VI-I, 8; jari-jari sirip dubur III,9; jari-jari sirip dada 15-17; deretan sisik longitudinal 34-36. Terdapat di daerah pantai dan estuaria.

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.

2.4.4. Ikan Gelama (*Johnius (Johnieops) Borneen*)



Gambar 2.3. Struktur ikan Gelama (*Johnius (Johnieops) Borneen*)

Bentuk badan memanjang, agak *compress*; seluruh bagian kepala dan badan tertutup sisik kecuali ujung moncong. Lubang sensor berpori sering kali terdapat pada ujung moncong (pori-pori rostral bagian atas), pada bagian pinggiran bawah moncong (pori-pori rostral marginal), dan pada dagu (pori-pori mental); biasanya pori-pori rostral bagian atas 3-5, pori-pori rostral marginal 5, dan pori-pori mental 3 pasang. Sirip punggung tidak terputus, dengan lekukan yang dalam antara bagian sirip yang berjari-jari keras dan bagian sirip yang berjari-jari lemah; sirip bagian depan VIII-X (biasanya X) dengan jari-jari keras yang pipih, dan bagian belakang dengan I jari-jari keras dan 21-44 jari-jari lemah; dasar sirip punggung yang berjari-jari lemah lebih panjang daripada dasar sirip dubur; sirip dubur dengan II jari-jari keras dan 6-12 (biasanya 7) jari-jari lemah; sirip ekor berpinggiran berlekuk sampai meruncing, tidak pernah berbentuk cagak, biasanya meruncing pada ikan-ikan muda, dan berbentuk rhomboid pada ikan dewasa.

2.5. Analisis Aktivasi Neutron (AAN)

Analisis Aktivasi Neutron (AAN) merupakan teknik analisis unsur-unsur kelumit, yaitu unsur-unsur dalam kadar yang sangat rendah. Analisis ini didasarkan pada pembentukan radionuklida sebagai hasil dari reaksi nuklida dalam bahan yang dianalisis. Cuplikan akan di radiasi menggunakan suatu sumber neutron, inti atom unsur-unsur yang berada dalam cuplikan akan menangkap neutron dan berubah menjadi radioaktif.

Metode aktivasi neutron ini mampu menganalisis unsur-unsur kelumit dalam satu sampel secara bersamaan tanpa pemisahan kimia, jika dibandingkan dengan metode lain. AAN mempunyai kepekaan yang tinggi yaitu mampu mendeteksi kadar unsur sampai orde ppm (10^{-6}) bahkan untuk unsur tertentu sampai orde ppb (10^{-9}) dan ppt (10^{-12}). Keunggulan dari Metode Analisis Aktivasi Neutron ini adalah :

1. Mendeteksi secara serentak (*multi element*)
2. Limit deteksi tinggi
3. Tanpa merusak cuplikan
4. Bisa untuk cuplikan padat, cair dan gas
5. Tidak mudah terkontaminasi, jika cuplikan telah di radiasi
6. Mampu menganalisis semua unsur kelumit (*trace element*) dalam suatu cuplikan

Kelemahan dari Metode Analisis Aktivasi Neutron adalah :

1. Yang dianalisis kadar unsur total, tidak bisa membedakan valensi unsur

2. Beberapa unsur tidak terdeteksi (Si, Pb, C, N, O dsb) (Catatan kuliah Laboraturium Lingkungan).

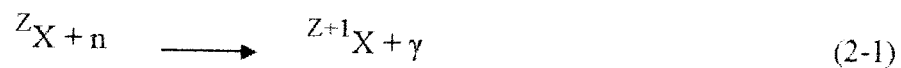
Tabel 2.1. Keandalan Metode Aktivasi Neutron

Kepekaan/limit deteksi (repsipity)	: $\pm 4 \cdot 10^{-5} \mu\text{g}$
Ketelitian (accuracy)	: 5 %
Keseksamaan (precition)	: ± 1 %

Sumber : Susetyo, 1988.

2.5.1. Prinsip Dasar

Bahan sampel yang akan dianalisa, diiradiasi dengan sumber neutron dalam suatu sumber neutron, maka akan terjadi penangkapan neutron oleh inti unsur - unsur tersebut. Unsur yang teraktivasi neutron akan berubah menjadi radioaktif yang memancarkan sinar *gamma* dengan energi *gamma* spesifik. Selanjutnya pancaran tenaga dari unsur radioaktif dalam sampel tersebut dideteksi untuk melihat komposisi kandungan unsur yang ada (secara kualitatif) serta ditentukan kadarnya (secara kuantitatif) dengan teknik spektrometri γ . Secara sederhana reaksi tersebut dinyatakan dengan persamaan umum sebagai berikut :

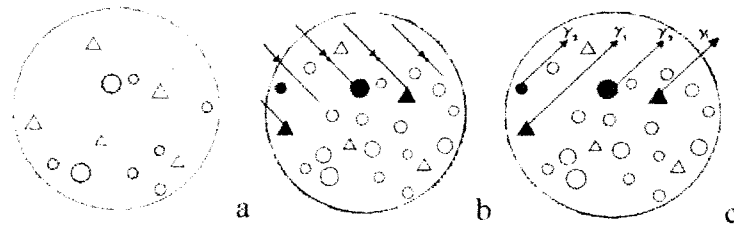


${}^Z\text{X}$: adalah unsur sasaran dalam cuplikan

n : adalah neutron yang digunakan untuk iradiasi

γ : adalah sinar gamma yang dipancarkan oleh unsure hasil pengaktifan setelah iradiasi, sinar gamma ini mempunyai energi yang spesifik untuk setiap unsur

${}^{Z+1}\text{X}$: adalah unsur hasil reaksi inti dalam cuplikan (Anonim, 2001).



Gambar 2.4. Prinsip Dasar Analisis Aktivasi Neutron
 Sumber : Susetyo (1988)

Keterangan :

- Cuplikan terdiri atas bahan dasar (○) dan unsur-unsur kelumit (△).
- Cuplikan di iradasi dengan neutron dan membuat beberapa atom menjadi radioaktif (●) dan (▲).
- Sinar γ yang dipancarkan oleh cuplikan menyingkapkan data kualitatif dan data kuantitatif unsur-unsur dalam cuplikan.

2.5.2. Reaksi Pengaktifan

Radioaktivitas merupakan gejala perubahan inti atom secara spontan disertai dengan pancaran radiasi partikel dan atau gelombang elektromagnetik. Perubahan inti atom tersebut menghasilkan suatu unsur baru yang disebut sebagai desintegrasi inti atau dikenal dengan peluruhan radioaktif.

Proses peluruhan radioaktif dapat dijelaskan sebagai berikut :



Dimana unsur radioaktif A mengalami peluruhan menjadi nuklida B dengan melepaskan radiasi b. Contoh reaksi neutron dan energi yang dihasilkan adalah :





Pancaran energi gamma, $E\gamma$ tersebut yang akan dianalisa dalam detektor HPGe dengan kemurnian yang tinggi secara kualitatif (identifikasi kenampakan unsur yang terdapat dalam sampel) dan secara kuantitatif (mengukur kadarnya dengan mengukur luas spektrum atau intensitas γ) (Susetyo, 1988).

2.5.3. Fasilitas Iradiasi

2.5.3.1. Fasilitas Iradiasi Reaktor Atom Kartini

Bahan bakar yang digunakan reaktor atom Kartini adalah U Zr H 20%. Terdapat dua isotop utama dalam uranium, yaitu ${}^{235}\text{U}$ dan ${}^{238}\text{U}$. Inti ${}^{235}\text{U}$ apabila menyerap neutron akan mengalami pembelahan menjadi dua inti baru sambil melepas 2 atau 3 neutron. Reaksi pembelahan inti menjadi dua buah inti atau lebih dan lebih ringan dan disertai pemancaran energi dinamakan reaksi fisi.

Neutron yang dihasilkan langsung dari pembelahan uranium mempunyai tenaga yang sangat tinggi. Neutron jenis ini disebut sebagai neutron cepat. Neutron cepat tidak dapat dipakai secara efektif untuk membelah uranium, oleh sebab itu dilakukan penurunan tenaga neutron, yaitu dengan memperlambat gerak neutron dengan menumbukkan pada atom-atom ringan sehingga energinya sebagian akan diberikan pada atom tersebut. Bahan untuk memperlambat neutron disebut moderator. Bahan yang digunakan adalah air ringan. Neutron thermal mempunyai tenaga dibawah 0,2 KeV.

2.5.3.2. Pemilihan Sumber Neutron

Energi sinar gamma ($E\gamma_1$, $E\gamma_2$, dst) sangat spesifik untuk setiap unsur, sehingga dapat untuk mengidentifikasi atau analisis kuantitatif suatu cuplikan.

Dalam Analisis Aktivasi Neutron (AAN) neutron tersebut dapat mengaktivasi unsur - unsur dalam sampel yang cukup banyak setelah tenaganya diturunkan lebih dahulu menjadi *neutron thermal*, dengan menumbukkan pada bahan dengan berat atom ringan seperti air (H_2O), air berat (D_2O), grafit atau oxygen serta yang lainnya (Susetyo, 1998).

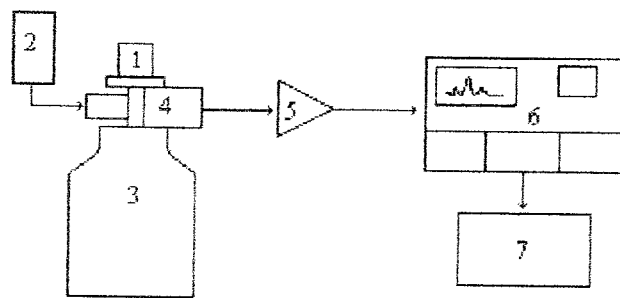
2.5.4. Perangkat Spektrometer Gamma

Perangkat Spektrometer gamma yang digunakan dilengkapi dengan unit pengolah data yang merupakan *mikro computer*, sumber tegangan tinggi (HV) penguat awal (*Preampiflier*), penguat (*Ampiflier*) dan penganalisis salur ganda (MCA). Detektor HPGe dilengkapi dengan system *cryostat* (tabung yang berisi N_2 cair). Untuk keterangan lebih jelas ditunjukkan pada Gambar 2.6.

Penguat awal (*Preampiflier*) terletak diantara detektor dan penguat. Alat ini mempunyai beberapa fungsi sebagai berikut :

- Untuk melakukan amplifikasi awal terhadap pulsa keluaran detektor.
- Untuk melakukan pembentukan pulsa pendahuluan.
- Untuk mencocokkan impedansi keluaran detektor dengan kabel signal masuk ke penguat.
- Untuk mengadakan perubahan muatan menjadi tegangan pada pulsa keluaran detektor.

Sedangkan penguat (*Ampiflier*), berfungsi mempertinggi pulsa keluaran dari *preamplifier* sehingga mencapai amplitudo yang dapat dianalisis dengan alat penganalisis tinggi pulsa. Pulsa yang dihasilkan berupa penganalisis salur ganda. Pulsa-pulsa dengan bermacam-macam tinggi dapat dibedakan dan dipisahkan sehingga membentuk spektrum- γ yang lebih halus. Pulsa keluaran dari pengalisis salur ganda diteruskan pada alat cacah (gabungan *counter* dan timer) dengan menghitung semua pulsa keluaran dalam selang waktu yang telah ditetapkan sebelumnya (Susetyo, W.,1988).



Gambar 2.5. Perangkat Spektrometer γ
 Sumber : Susetyo (1988)

Perangkat yang digunakan dalam spektrometer γ adalah sebagai berikut:

- | | |
|---|-----------------------------------|
| 1. Detektor HPGe | 5. Penguat (<i>ampiflier</i>) |
| 2. Sumber tegangan tinggi (HV) | 6. Penganalisis salur ganda (MCA) |
| 3. "Cryostat" Nitrogen cair | 7. Unit pengolahan data |
| 4. Penguat awal (<i>preamplifier</i>) | |

Prinsip kerja dari spektrometer gamma yaitu pulsa yang dihasilkan oleh detektor HPGe dipertinggi serta dibentuk dalam penguat awal dan amplifier. Pulsa tersebut dikirim ke alat penganalisis salur ganda yang telah dilengkapi dengan banyak memori dan dinyatakan cacah salur. Dalam penganalisis salur ganda maka

pulsa-pulsa tersebut dipilah-pilah sesuai dengan tinggi pulsa yang dimilikinya. Pulsa dengan tinggi tertentu akan dicatat cacahnya dengan nomor saluran tertentu dan alat semacam ini pada hakekatnya adalah sebuah komputer dan dinamakan penganalisa saluran ganda. Pulsa dengan tinggi tertentu akan dicatat cacahnya dalam saluran dengan nomor tertentu.

2.5.4.1. Detektor HPGe

Apabila sinar γ mengenai detektor semi - konduktor maka dalam interaksi yang akan terjadi akan dihasilkan pasangan elektron-lowongan pada daerah intristik dalam detektor, oleh karena adanya pengaruh medan listrik yang terjadi menyebabkan elektron yang bergerak pada ujung-ujung elektroda mengakibatkan beda potensial yang akan menimbulkan sinyal. Tinggi sinyal tersebut sebanding dengan jumlah tenaga foton *gamma* dari suatu unsur yang teraktivasi neutron.

Karena kesenjangan tenaga dalam kristal germanium sangat kecil maka untuk mengatasi arus bocor balik yang disebabkan oleh efek eksternal, detektor HPGe (*High Pure Germanium*) harus dioperasikan dalam suhu operasi yang sangat rendah, yaitu dengan menggunakan nitrogen cair 77 K (-196°C) sebagai medium pendingin. Apabila tidak dilakukan pendinginan maka arus bocor akan merusakkan daya pisah detektor. Oleh sebab itu detektor biasanya dimasukkan dalam wadah hampa yang dimasukkan dalam dewar nitrogen cair. System seperti ini sering disebut juga sebagai "*cryostat*" (tabung berisi N₂ cair).

Detektor HPGe banyak digunakan dalam spektrometer gamma karena mempunyai kemurnian yang tinggi, dan harus berada dalam kondisi terjaga kestabilannya.

2.6. Deskripsi Lokasi Penelitian

2.6.1. Letak Geografis

Surabaya merupakan ibu kota propinsi Jawa Timur yang dikenal sebagai Kota Pahlawan dengan luas wilayah 326.36 Km² yang terletak antara 07° 21' Lintang Selatan dan 112° 36' - 112° 54' Bujur Timur.

Kota Surabaya berdiri diatas ketinggian 3 - 6 meter diatas permukaan laut (dataran rendah), kecuali dibagian selatan terdapat dua bukit landai di daerah lidah & Gayungan dengan ketinggian 25 - 50 meter di atas permukaan laut. Sedangkan untuk batas wilayah kota Surabaya terdiri dari :

- Sebelah Utara : Selat Madura
- Sebelah Timur : Selat Madura
- Sebelah Selatan : Kabupaten Sidoarjo
- Sebelah Barat : Kabupaten Gresik

2.6.2. Letak Topografi

Surabaya terdiri dari 80 % dataran rendah dengan ketinggian 3 - 6 m dan memiliki kemiringan < 3 %, sedangkan 20 % perbukitan dengan gelombang yang rendah dengan ketinggian < 30 m yang memiliki kemiringan 5 - 15 %.

2.6.3. Iklim dan Curah Hujan

Musim kemarau terjadi pada bulan Mei - Oktober sedangkan musim hujan pada bulan November - April. Temperatur udara rata-rata minimum adalah 22,1 °C dan maksimum adalah 33,5 °C. Sedangkan curah hujan rata-rata adalah 181 mm dan curah hujan di atas 200 mm yang terjadi pada bulan November - April. Kecepatan angin yang terjadi di kota Surabaya rata-rata 6,0 Knot dan kecepatan

angin maksimum adalah 22 Knot. Arah angin terbanyak menurut pembagian bulannya adalah :

Januari, Februari, Maret : Barat-Barat Laut

April, Mei, Juni, Juli, Agustus, September, Oktober, November : Timur

Desember : Timur - Tenggara

(Sumber : Badan Pusat Statistik Kota Surabaya, 2002).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di laboratorium Dasar Inovasi Bahan Bidang Teknofisikokimia, Pusat Penelitian Pengembangan Teknologi Maju (P3TM) - BATAN Yogyakarta. Penelitian serta pengolahan data dan penyusunan skripsi dilaksanakan dari bulan Juni - April 2004.

Untuk lokasi pengambilan cuplikan dilakukan di perairan Surabaya, dengan jumlah 12 titik sampling yang dilaksanakan pada tanggal 22 s/d 24 Juni 2004. Kegiatan penelitian di laboratorium dilaksanakan tanggal 1 Juli 2004 s/d Januari 2005.

3.2. Obyek Penelitian

Cuplikan yang diteliti adalah air sungai, air laut, sedimen, eceng gondok (*Eichhornia crassipes (Mart) Solms*), tanaman bakau (*Rhizophora.sp.*), ikan Belanak (*Moolgarda delicatus*), ikan Gelama (*Johnius (Johnieops) Borneen*) di Hulu, Tengah, Hilir, Muara sampai Pesisir Pantai di Perairan Surabaya. Obyek yang dikaji dalam penelitian ini adalah konsentrasi unsur logam berat (As, Cd, Zn, dan Co). Untuk air sungai penetapan klasifikasi menurut Peraturan Daerah Kota Surabaya No. 02 Tahun 2004, klasifikasi mutu air ditetapkan menjadi 4 (empat) kelas :

- a. Kelas I, yaitu air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mensyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- b. Kelas II, yaitu air yang peruntukannya dapat digunakan untuk sarana/prasarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar dan air payau, peternakan, air untuk mengairi pertamanan, dan /atau peruntukan lain yang mensyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- c. Kelas III, yaitu air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar dan air payau, peternakan, air untuk mengairi pertamanan, dan/atau peruntukan lain yang mensyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- d. Kelas IV, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertamanan dan/atau peruntukan lain yang mensyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Pada lokasi penelitian penetapan kelas air pada sumber air yang alurnya di daerah sebagaimana dinyatakan dalam (*Lampiran A*) yaitu (Kelas I : Tengah Kali Surabaya (Karangpilang) dan Hulu Kali Wonokromo (Jagir Wonokromo); Kelas IV : Hilir Kali Surabaya (Gunungsari), Hulu Kali Mas (Darmokali), Muara Kali Wonokromo (Wonorejo), Muara Kali Sari (Sukolilo), Muara Kali Kedinding, Muara Kali Anak (Morokrembangan)). Sedangkan air laut penelitian pada daerah Pesisir pantai Wonokromo, Pesisir pantai Kenjeran, Pesisir Kedung Cowek dan Pesisir pantai Morokrembangan.

Tabel 3.1 Baku Mutu Air Sungai, Cara pengambilan dan Metode Analisis.

Baku Mutu Air Sungai sesuai peruntukannya Pemerintah Daerah Kota Surabaya No. 02 tahun 2004																
No	Cuplikan	As (mg/l)		Cd (mg/l)		Zn (mg/l)		Co (mg/l)		Metode Analisis						
		I	II	III	IV	I	II	III	IV		III	IV				
1	Air Sungai	0.05	1	1	0.01	0.01	0.01	0.05	0.05	2	0.2	0.2	0.2	0.2	Cara Pengambilan Cuplikan Grab Sampling dan manual	AAS

Tabel 3.2 Baku Mutu Air laut, Cara pengambilan dan Metode Analisis.

No	Cuplikan	Parameter	Baku Mutu Air Laut sesuai peruntukannya Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004	Cara pengambilan Cuplikan	Metode Analisis
Baku Mutu Air Laut untuk Biota Laut					
1	Air Laut	Arsen (As)	0,012 mg/l	Grab Sampling dan Manual	AAS
		Cadmium (Cd)	0,001 mg/l		
		Seng (Zn) Kobalt (Co)	0,05 mg/l -		

3.3. Pengumpulan Data

Data - data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

1. Data primer

Data yang diperoleh langsung dari hasil penelitian secara laboratorium yang berupa hasil preparasi, aktivasi dalam Reaktor Riset Kartini dan analisis data (pencacahan sampel dalam spektrometer γ). Pengumpulan data primer ini dilaksanakan melalui beberapa tahap, antara lain :

- a. Metode pengambilan cuplikan dilakukan secara sesaat (*grab sampling*)
- b. Cara pengambilan cuplikan dilakukan secara manual.
- c. Proses pengawetan cuplikan :
 - Cuplikan Air diawetkan dengan penambahan HNO_3 , agar kandungan logam yang ada pada cuplikan tidak teradsorpsi pada wadah cuplikan.
 - Cuplikan biota diawetkan dengan peletakan pada wadah ice box, hal ini dilakukan untuk mencegah proses pembusukan pada biota.
- d. Preparasi cuplikan
Metode preparasi untuk tiap cuplikan berbeda-beda. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada (*Lampiran B3 – I*)
- e. Analisis Cuplikan
Analisis cuplikan dilaksanakan secara kualitatif dan kuantitatif.

2. Data sekunder

Berupa kumpulan data dan informasi baik dari survey atau investigasi daerah penelitian, serta dari studi pustaka maupun laporan penelitian yang terkait dengan permasalahan. Data-data tersebut digunakan untuk memahami karakter dan permasalahan yang terjadi di daerah penelitian serta untuk merencanakan lokasi pengambilan cuplikan.

Data pendukung (sekunder) :

- a. Peta Administrasi skala 1 : 100000.
- b. Peta Aliran Sungai skala 1 : 100000.
- c. Peta Penggunaan Lahan skala 1 : 100000.
- d. Data penggunaan tanah untuk kawasan Morokrembangan.
- e. Data Industri yang berpotensi menghasilkan limbah B3.
- f. Data kumulatif jumlah industri di Surabaya tahun 2001.
- g. Data Kegiatan Pemantauan Kualitas Air di DPS Kali Brantas.
- h. Data Geografis dan Topografi kota Surabaya.

3.4. Alat dan Bahan Penelitian

3.4.1. Alat Penelitian

1. Alat Pengambilan Cuplikan

- Jerigen 5 / sebanyak 24 buah : sebagai wadah cuplikan air sungai dan air laut.
- Centong : sebagai alat bantu masuk sedimen ke dalam plastik.

- Ember : sebagai alat bantu pengumpulan biota sebelum dimasukkan dalam wadah.
- Gayung : Alat bantu penyiraman biota dengan air setempat.
- Plastik klip ukuran 2 kg : wadah cuplikan sedimen.
- Plastik hitam ukuran 5 kg : wadah cuplikan eceng gondok dan tanaman bakau.
- Sarung tangan 2 pasang : alat pelindung tangan pada saat pengambilan cuplikan.
- Perahu motor : alat transportasi pengambilan cuplikan di laut.
- Pisau cutter : untuk membersihkan/memotong eceng gondok dan tanaman bakau dari akar-akar.
- Nampan : wadah sedimen sebelum dimasukkan dalam plastik klip.
- Sepatu bot 3 pasang : alat pelindung dalam pengambilan cuplikan.
- 2 buah *Ice box* : wadah Cuplikan biota agar tidak busuk.
- GPS : untuk pemetaan titik koordinat (LS & BT)
- pH meter : alat pengukur pH larutan.
- Kamera : dokumentasi

2. Alat Preparasi Cuplikan

- Kertas saring : untuk menyaring air dari kotoran-kotoran sebelum dipekatkan.
- Cawan tahan panas (1000 ml) : wadah air untuk proses pemekatan diatas kompor listrik.
- Gelas ukur (1000 ml) : untuk mengukur air sebelum dipekatkan.

- Mikropipet (Eppendorf, Mettler) : mengukur volume standar (μL)
- Kompor listrik 300 watt : alat pemanas pada proses pemekatan air.
- Alat tumbuk : untuk menumbuk cuplikan biota dengan penambahan N_2 cair.
- Ayakan Karl Kalb 100 mesh : untuk mengayak cuplikan biota lolos 100 mesh.
- Cawan porselin : sebagai alat penghalus biota agar lolos 100 mesh.
- Timbangan digital Ohaus GT-410 Germany : untuk mengetahui berat kering cuplikan biota setelah lolos 100 mesh.
- Pisau bedah *stainless steel* : untuk menyayat daging ikan.
- Plastik klip : wadah cuplikan biota dan sedimen yang siap dianalisis.
- Botol plastik : wadah cuplikan air sungai dan laut yang siap dianalisis.
- Vial : sebagai wadah cuplikan yang siap dianalisis.
- *Freeze Drying* : alat pengering cuplikan pada suhu rendah (0°C)
- Alat pemanas spirtus : untuk melelehkan pinggiran vial agar tertutup rapat.

3. Alat Radiasi

- Reaktor Riset Kartini fasilitas (Lazy Susan) daya 100 kw, flux neutron $1,05 \times 10^{11} \text{ n.cm}^{-2}.\text{det}^{-1}$
- Klongsong sebanyak 34 buah
- Sarung tangan

- Alat penjepit

4. Alat Pencacahan

Perangkat Spektrometer γ :

- Stabilizer Philips 400 V_A
- Detektor HPGe, Ortec Canberra
- Software Genie 2000, Ortec Canberra
- Power Supply Ortec model 4001 - A
- Operation manual Spectroscopy System Canberra
- HV Power Supply Canberra model 3105

3.4.2. Bahan Penelitian

1. Bahan pengambilan cuplikan
 - HNO₃ (asam nitrat), untuk mengubah pH air.
 - Aquades, untuk pemurnian kristal air dan pencucian.
 - Es, untuk mengawetkan biota agar tidak busuk.
2. Bahan preparasi cuplikan
 - N₂ cair, sebagai bahan bantu pada saat penumbukan biota agar mudah halus & senyawa kimia dalam biota tidak terurai.
 - Aquades, sebagai bahan pencuci alat-alat laboratorium yang telah digunakan.
3. Bahan Kalibrasi
 - Sumber standar multi gamma (Eu-152), untuk kalibrasi tenaga.
4. Bahan Iradiasi
 - Standar primer

- SRM 2704 (*Buffallo Rivers Sediment*) dari National Institute of Standards & Technology.

- Standar sekunder

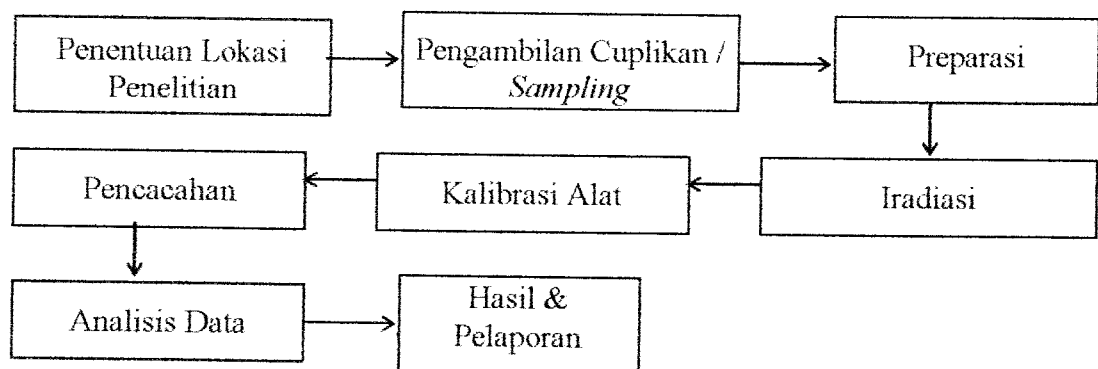
- *Cellulosa powder* CC41 (standar tambahan untuk padatan) dari Whatman, England.
- Larutan standar As : 5 ppm ; Cd : 20 ppm ; Zn : 20 ppm ; Co : 10 ppm dari Fisher Scientific, USA

5. Bahan Pencacah

- N₂ cair, untuk mendinginkan detektor.

3.5. Tahapan Penelitian

Tahapan dalam penelitian digambarkan sebagai berikut :



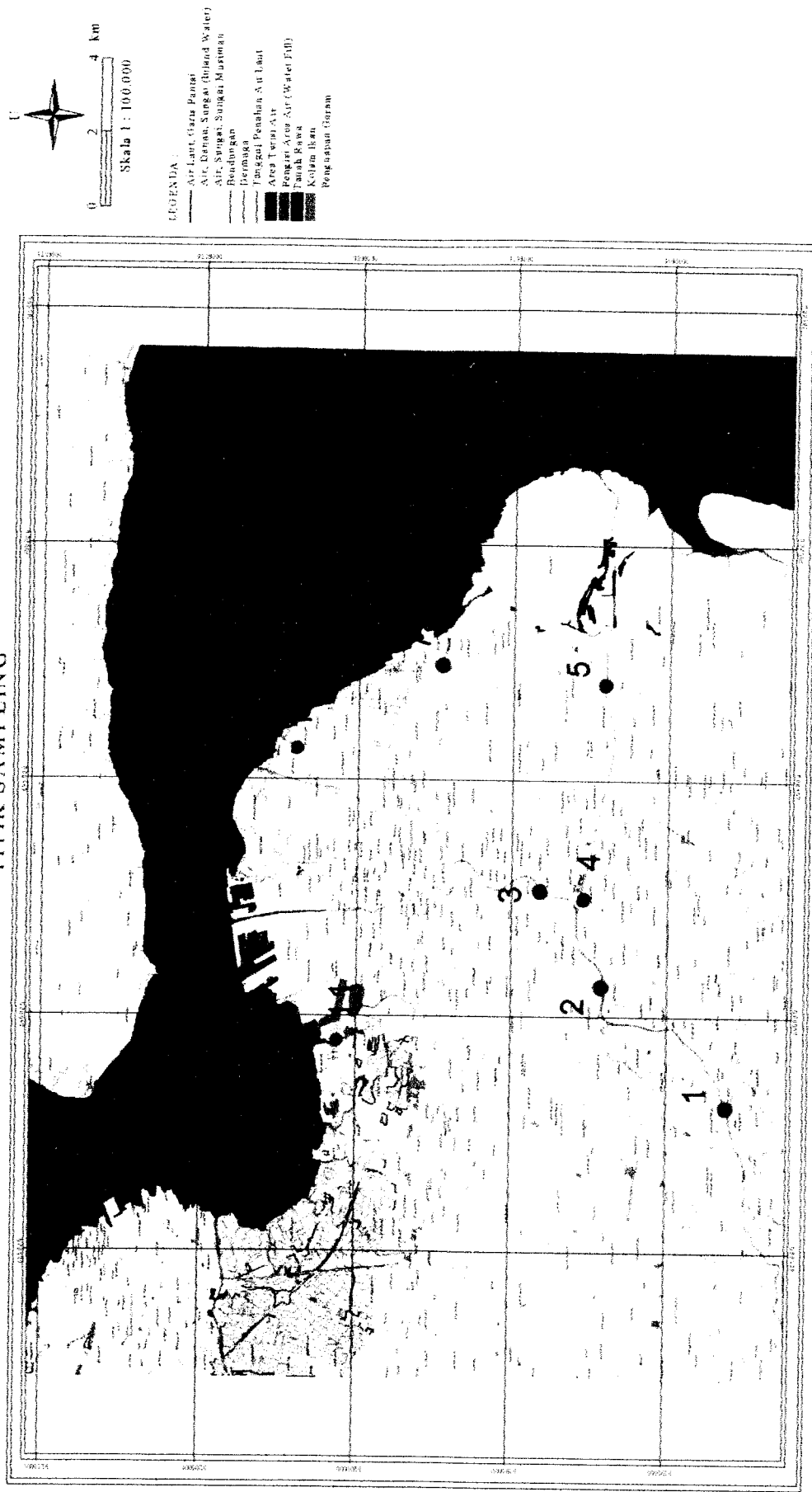
Gambar 3.1. Skema penelitian

3.5.1. Pengambilan Cuplikan

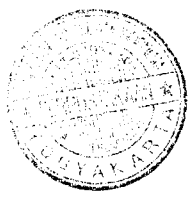
Metode pengambilan cuplikan yaitu pengambilan sesaat (*grab sample*) yang dilakukan pada 12 lokasi sampling yaitu ; Hulu, Tengah, Hilir, Muara sampai Pesisir Pantai di perairan Surabaya sebagaimana pada peta titik sampling

(Gambar 3.2) dan gambar lokasi sampling (Gambar 3.3 s.d 3.17). Cuplikan yang diambil adalah air sungai, air laut, sedimen, eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms), tanaman bakau (*Rhizophora.sp.*), ikan Belanak (*Moolgarda delicatus*) dan ikan Gelama (*Johnius (Johnieops) Borneen*).

TITIK SAMPLING



Gambar 3.2. Peta Lokasi Sampling



Berikut ini merupakan alasan dalam pengambilan lokasi *sampling* :

- Lokasi 1 : Tengah Kali Surabaya (Karang Pilang)

Alasan pemilihan lokasi *sampling* di Tengah Kali Surabaya (Karang Pilang) dikarenakan air sungai masih digunakan oleh PDAM Karang Pilang yang diperuntukkan sebagai sumber air minum (Kelas I) bagi masyarakat setempat dan sungai dianggap sebagai daerah aliran pertama yang memasuki kota Surabaya. Selain limbah buangan domestik, dari data industri (Bapedal) disekitar lokasi terdapat industri yang berpotensi mengaliri limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) di sungai ini, serta banyak terdapat *home* industri lainnya. Pengambilan *sampling* di lokasi ini juga dimaksudkan untuk mengetahui konsentrasi logam berat (As, Cd, Zn dan Co) sebelum menuju lokasi Hilir Kali Surabaya.



Gambar 3.3. Lokasi 1, Tengah Kali Surabaya (Karang Pilang)



Gambar 3.4. Air sungai dimanfaatkan oleh PDAM Karang Pilang

- Lokasi 2 : Hilir Kali Surabaya (Gunungsari)

Alasan pemilihan lokasi *sampling* pada Hilir Kali Surabaya (Gunungsari) adalah untuk mengetahui apakah terjadi perubahan konsentrasi logam berat as, Cd, zn dan Co setelah melalui lokasi 2 (Tengah Kali Surabaya). Disekitar lokasi ini terdapat industri yang berpotensi mengeluarkan limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3), antara lain industri (seng gelombang, penyamakan kulit, serbet, perajutan, kaos, kulit reptil, korek api).



Gambar 3.5. Lokasi 2, Hilir Kali Surabaya (Gunungsari)

- Lokasi 3 : Hulu Kali Mas (Darmokali)

Alasan pemilihan lokasi sampling pada lokasi 3 karena sungai ini merupakan titik percabangan dari aliran Kali Surabaya dan disekitar lokasi juga terdapat Rumah Sakit, industri yang berpotensi mengeluarkan limbah Berbahaya dan Beracun (B3) seperti : industri perajutan, lampu pijar, bahan-bahan karet, cat dan *home indutri* (industri kertas bekas) yang tidak memiliki izin usaha.



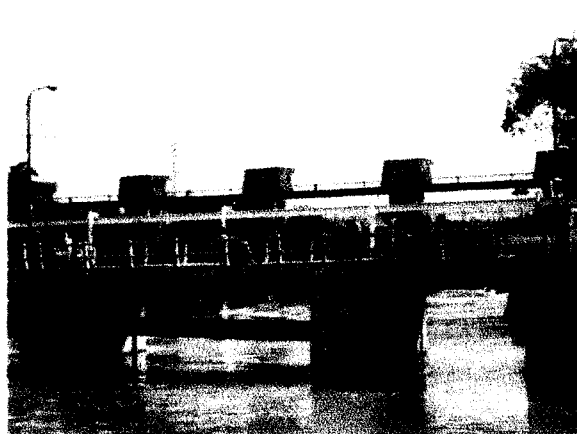
Gambar 3.6. lokasi 3, Hulu Kali Mas (Darmokali)

- Lokasi 4 : Hulu Kali Wonokromo (Jagir Wonokromo)

Alasan pemilihan lokasi sampling pada lokasi 4 karena lokasi ini juga merupakan titik percabangan dari aliran Kali Surabaya, air sungai pada lokasi ini juga dimanfaatkan oleh PDAM sebagai sumber air baku bagi masyarakat Surabaya. Serta untuk mengetahui apakah terjadi perubahan konsentrasi logam berat setelah melewati lokasi 1 s.d 2.



Gambar 3.7. Lokasi 4, Hulu Kali Wonokromo



Gambar 3.8. Jagir Wonokromo

- Lokasi 5 : Muara Kali Wonokromo (Wonorejo)

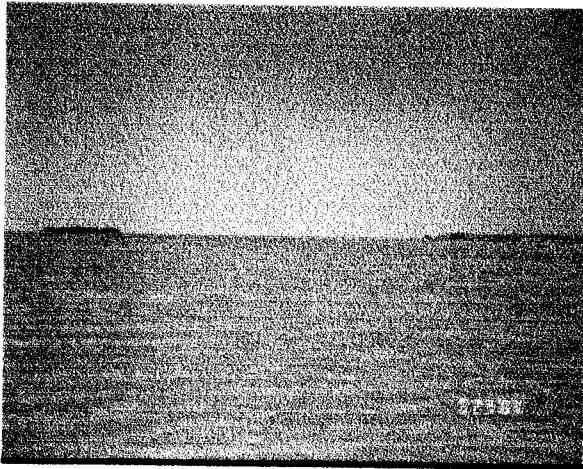
Alasan pemilihan lokasi sampling pada lokasi 5 untuk mengetahui konsentrasi logam berat yang ada di Muara Kali Wonokromo, apakah konsentrasi logam berat mengalami perubahan setelah melalui aliran dari Hulu Kali Wonokromo, karena lokasi ini merupakan tempat berkumpulnya aliran air sungai sebelum menuju ke pesisir pantai. Menurut informasi penduduk setempat banyak masyarakat yang mengambil ikan dengan menggunakan potassium dan di sekitar lokasi ini juga terdapat industri yang berpotensi mengeluarkan limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3), antara lain : industri tekstil dan lampu, yang aliran limbahnya ke Muara kali Wonokromo.



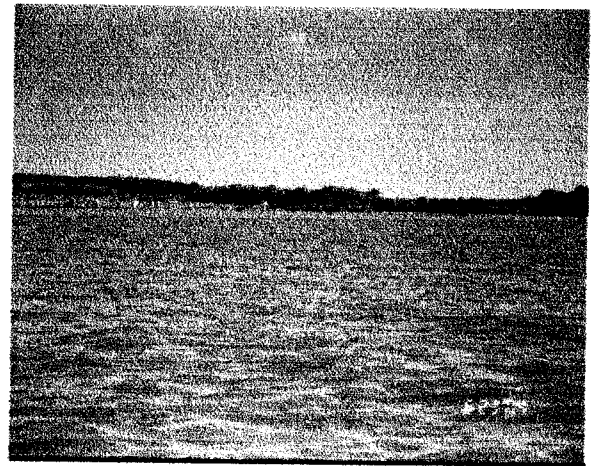
Gambar 3.9. Lokasi 5, Muara Kali Wonokromo

- Lokasi 6 : Pesisir Pantai Wonokromo

Alasan pemilihan lokasi sampling pada lokasi 6 karena pada lokasi ini merupakan tempat berkumpulnya aliran sungai dari lokasi 1,2,4 dan 5 serta pada lokasi ini nelayan memanfaatkan biota (ikan) sebagai mata pencahariannya, diketahui bahwa dengan banyaknya industri yang ada di Surabaya bukanlah tidak mungkin pencemaran logam akan terakumulasi pada biota (ikan). Selain itu juga apakah terjadi perubahan konsentrasi logam berat pada saat proses pengenceran oleh air melalui pasang surut air laut setelah melewati Muara Kali Wonokromo.



Gambar 3.10. Lokasi 6, Pesisir pantai Wonokromo



Gambar 3.11. Disekitar lokasi terdapat tambak ikan

- Lokasi 7 : Muara Kali Sari (Mulyosari)

Alasan pemilihan lokasi sampling pada lokasi 7 karena Muara Kali Sari merupakan cabang dari Tambaksedi dan Kali Mas dan lokasi ini merupakan tempat berkumpulnya aliran air sungai sebelum menuju ke pesisir pantai, disekitar lokasi juga terdapat perumahan seperti: Perumahan Mulyo sari, Laguna View dan perumahan BPD yang dekat jaraknya dengan lokasi pengambilan cuplikan, memungkinkan limbah domestik yang dihasilkan menjadi penyebab pencemaran yang ada.



Gambar 3.12. Lokasi 7, Muara Kali Sari

- Lokasi 8 : Pesisir Pantai Kenjeran (Sukolilo)

Alasan pemilihan lokasi 8 karena pada lokasi ini merupakan sarana rekreasi masyarakat dan nelayan memanfaatkan biota ikan sebagai mata pencaharian, dari hasil survey diketahui bahwa aliran air laut pada lokasi 8 juga dimanfaatkan masyarakat untuk membudidayakan ikan (pemancingan). Sedangkan dari peta industri diketahui bahwa aliran air sungai yang menuju lokasi 8 digunakan oleh industri untuk membuang limbahnya, antara lain : industri penyamakan kulit, perajutan, kawat baja. Serta untuk mengetahui apakah terjadi proses pengenceran yang disebabkan oleh arus air laut.



Gambar 3.13. Lokasi 8, Pesisir Pantai Kenjeran



Gambar 3.14. Area Pemancingan disekitar Pesisir pantai Kenjeran

- Lokasi 9 : Pesisir Kedung Cowek (Kedinding)

Alasan pemilihan lokasi sampling pada lokasi 9 karena Pesisir Kedung Cowek merupakan tempat berkumpulnya aliran dari Muara Kali Kedinding, apakah terjadi perubahan kadar logam pada saat proses pengenceran oleh air melalui pasang surut air laut setelah melewati Muara Kali Kedinding. Pada lokasi ini biota (ikan) juga dimanfaatkan oleh nelayan sebagai mata pencahariannya, dan bukanlah tidak mungkin pencemaran logam berat (As, Cd, Zn dan Co) dapat terakumulasi pada biota (ikan).



Gambar 3.15. lokasi 9, Pesisir Kedung Cowek

- Lokasi 10 : Muara Kali Kedinding (Tambaksedi)

Alasan pemilihan lokasi sampling pada lokasi 10 karena Muara kali Kedinding merupakan aliran air sungai dari Kali Mas (lokasi 3) dan tempat berkumpulnya aliran sungai sebelum masuk ke Pesisir Kedung Cowek dan untuk mengetahui apakah terjadi perubahan kadar logam berat setelah melewati aliran tersebut.



Gambar 3.16. Lokasi 10, Muara Kali Kedinding

- Lokasi 11 : Muara Kali Anak (Morokrembangan)

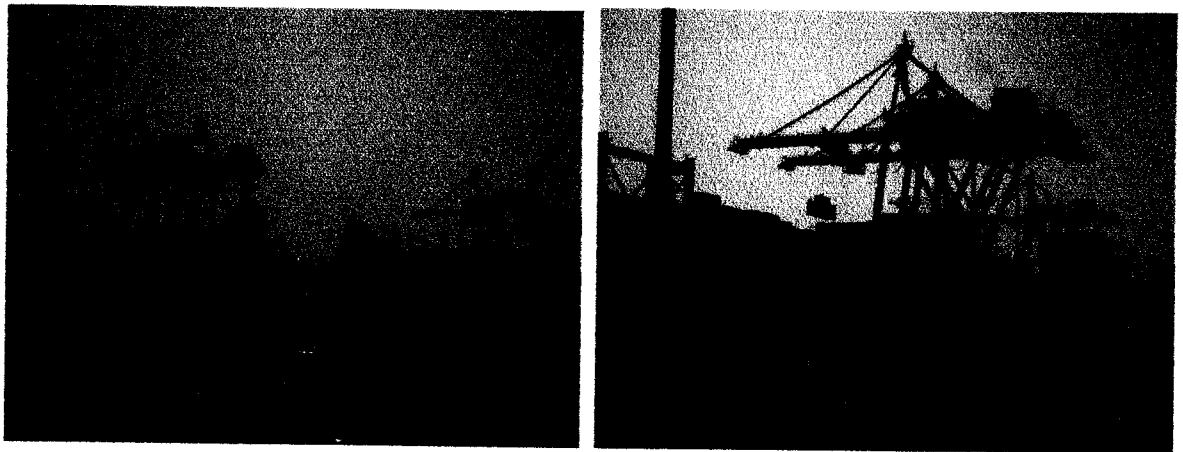
Alasan pemilihan lokasi 11 karena lokasi ini merupakan daerah Muara Kali Anak sebelum terlepas ke laut. Padatnya pertumbuhan pemukiman pada lokasi ini yang mana masyarakatnya memiliki kesadaran yang sangat rendah untuk menjaga lingkungan, selain limbah domestik yang menjadi permasalahan pada lokasi ini, banyak industri yang berpotensi menghasilkan limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) dengan mengalirkan air buangnya ke Kali Anak, antara lain: industri cat, pelapisan seng, lampu.



Gambar 3.17. Lokasi 11, Muara Kali Anak (Morokrembangan)

- Lokasi 12 : Pesisir Pantai Morokrembangan

Alasan pemilihan lokasi sampling pada lokasi 12 untuk mengetahui kadar logam, apakah terjadi proses pengenceran oleh air laut dari Muara Kali Anak menuju Pesisir Pantai Morokrembangan, pada lokasi ini juga dekat dengan Terminal peti kemas. Pada lokasi 12 biota (ikan) juga dimanfaatkan oleh nelayan sebagai mata pencahariannya.



Gambar 3.18. Lokasi 12, Pesisir Pantai Morokrembangan (dekat terminal peti kemas)

3.5.1.1. Air sungai dan air laut

Air sungai diambil di Tengah Kali Surabaya, Hilir Kali Surabaya, Hulu Kali Mas, Hulu Kali Wonokromo, Muara Kali Kedinding, Muara Kali Wonokromo, Muara Kali Sari, Muara Kali Anak. Air Laut diambil di Pesisir Pantai Wonokromo, Pesisir Pantai Kenjeran, Pesisir Kedung Cowek dan Pesisir Pantai Morokrengan, cuplikan air dimasukkan ke dalam jerigen 2 × 5 liter yang telah dicuci dengan air setempat dan sudah diberi label sesuai dengan lokasi pengambilan, kemudian ditambahkan HNO₃ agar unsur yang terkandung dalam cuplikan tidak teradsorpsi pada dinding jerigen.

3.5.1.2. Sedimen sungai dan laut

Cuplikan sedimen sungai diambil dari Tengah Kali Surabaya, Hilir Kali Surabaya, Hulu Kali Mas, Hulu Kali Wonokromo, Muara Kali Wonokromo, Muara Kali Sari, Muara Kali Kedinding dan Muara Kali Anak, sedimen diambil pada dasar sungai. Sedangkan sedimen laut diambil di Pesisir Pantai Wonokromo, Pesisir Pantai Kenjeran, Pesisir Kedung Cowek dan Pesisir Pantai Morokrengan, sedimen diambil pada dasar pantai. Cuplikan yang telah diambil kemudian dimasukkan ke dalam plastik klip 2 × 2 kg yang sudah diberi label lokasi pengambilan cuplikan. Cuplikan sedimen yang diambil sama dengan lokasi pengambilan cuplikan air.

3.5.1.3. Eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms)

Pengambilan eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms) pada lokasi Tengah Kali Surabaya, Hilir Kali Surabaya, Hulu Kali Wonokromo, Muara Kali Wonokromo dan Muara Kali Kedinding. Eceng gondok (*Eichhornia*

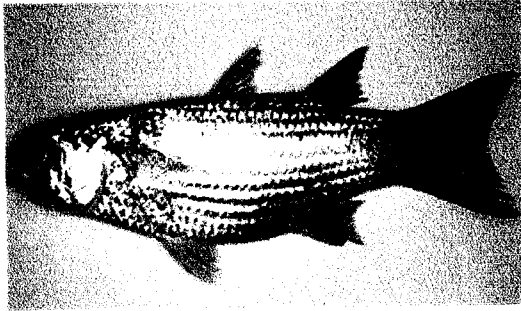
crassipes (Mart) Solms) di potong akarnya dengan pisau cutter dan dibersihkan lumpurnya dengan air setempat, kemudian dimasukkan dalam plastik 2 × 2 kg yang telah diberi label lokasi pengambilan cuplikan, setelah itu cuplikan dimasukkan dalam *ice box* agar tidak cepat membusuk.

3.5.1.4. Tanaman bakau (*Rhizophora.sp.*)

Pengambilan tanaman bakau (*Rhizophora.sp.*) di Muara Kali Sari. Di potong dengan pisau cutter, kemudian dicuci dengan air setempat dan dimasukkan dalam plastik yang telah diberi label lokasi pengambilan cuplikan, dan dimasukkan dalam *ice box*.

3.5.1.5. Ikan Belanak (*Moolgarda delicatus*) dan ikan Gelama (*Johnius (Johnieops) Borneen*)

Cuplikan ikan Belanak (*Moolgarda delicatus*) diambil di Pesisir Pantai Wonokromo, Pesisir Pantai Kenjeran, Pesisir Pantai Morokrembangan, sedangkan ikan Gelama (*Johnius (Johnieops) Borneen*) diambil di Pesisir Kedung Cowek. Ikan Belanak dan ikan Gelama yang didapat sebanyak ± 3 kg untuk tiap lokasi pengambilan, kemudian dicuci dengan air setempat dan dimasukkan dalam plastik yang telah diberi label lokasi pengambilan cuplikan dan dimasukkan dalam *ice box* untuk menjaga agar cuplikan tidak cepat membusuk. Biota (ikan) dijadikan sebagai salah satu spesies didalam penelitian ini dikarenakan hidupnya tidak berpindah-pindah dan dapat mengakumulasi logam-logam berat.



Gambar 3.19. Ikan Belanak
(*Moolgarda delicatus*)



Gambar 3.20. Ikan Gelama (*Johnius*
(*Johnieops*) Borneen)

3.5.2. Preparasi Cuplikan

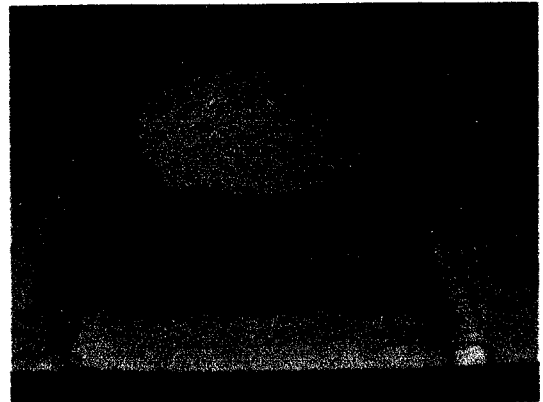
Preparasi dilakukan untuk mencegah agar cuplikan tidak terkontaminasi dengan bahan atau unsur-unsur lain sebelum dilanjutkan pada proses radiasi dan pencacahan cuplikan yang akan dianalisa atau dipakai. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada *Lampiran B4-11 s.d B4-4*.

3.5.2.1. Prosedur Penyiapan Air Sungai dan Air Laut

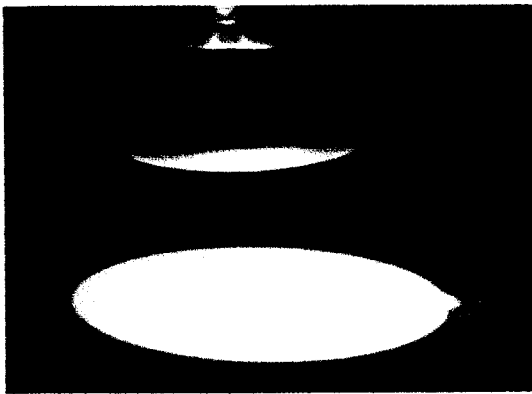
Air sungai diambil dari 8 lokasi, yaitu dari Tengah Kali Surabaya, Hilir Kali Surabaya, Hulu Kali Mas, Hulu Kali Wonokromo, Muara Kali Kedinding, Muara Kali Wonokromo, Muara Kali Sari, Muara Kali Anak. Diambil air sungai 1 liter yang sudah disaring dengan kertas saring kemudian dipekatkan dengan proses dipanaskan dalam wadah porselin tahan panas sehingga volumenya menjadi 25 ml. Sedangkan untuk air laut diambil dari 4 lokasi, yaitu Pesisir Pantai Wonokromo, Pesisir Pantai Kenjeran, Pesisir Kedung Cowek dan Pesisir Pantai Morokrembangan dipekatkan sampai volumenya menjadi 200 ml. Hasil dari pemekatan tersebut diambil 2 ml dan dimasukkan dalam vial ukuran 3 ml untuk diiradiasi bersama-sama dengan standar sekunder .



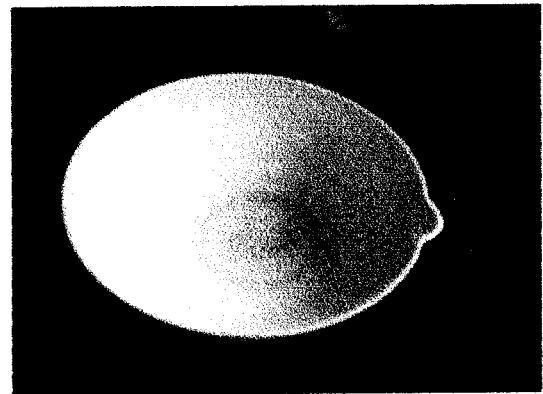
Gambar 3.21. Air setelah disaring



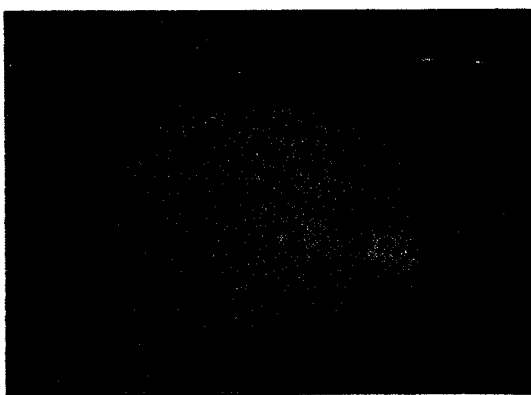
Gambar 3.22. Proses pemekatan air



Gambar 3.23. Proses pengeringan air



Gambar 3.24 . Air sungai yang dipekatkan



Gambar 3.25. Air laut yang dipekatkan



Gambar 3.26. Air siap dianalisis

3.5.2.2. Prosedur Penyiapan sedimen

Cuplikan sedimen pada setiap lokasi diletakkan dalam nampan dan diangin-anginkan sambil dibersihkan dari plastik dan kerikil. Setelah kering sedimen ditumbuk sampai lolos 100 mesh dan dihomogenkan, kemudian cuplikan ditimbang sebesar 0,1 gr dan dimasukkan dalam vial kemudian diiradiasi bersama-sama dengan SRM *River Sediment* dan standar sekunder dalam vial yang berbeda-beda tetapi dalam kelongsong yang sama, cuplikan siap diiradiasi.



Gambar 3.27. Serbuk kering sedimen lolos 100 mesh

3.5.2.3. Prosedur Penyiapan Eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) *Solms*) dan Tanaman Bakau (*Rhizophora.sp.*)

Enceng Gondok sebanyak 2 kg dicuci dengan air setempat kemudian bagian batang dan daun dicampur menjadi satu kemudian diberi nitrogen cair yang suhunya -196°C , Enceng Gondok yang telah diberi nitrogen cair ditumbuk sampai halus. Selanjutnya dikeringkan dalam suhu rendah *freeze drying* selama 2 x 24 jam. Setelah kering kemudian dihomogenkan dan diayak sampai lolos 100

mesh, dan ditimbang guna mengetahui berat akhirnya. Cuplikan diambil 0,1gr dimasukkan ke dalam vial yang bersih, cuplikan siap diiradiasi.

Tanaman bakau sebanyak 2 kg dicuci dengan air setempat kemudian diambil daunnya saja dan dipanaskan pada alat pemanas yang suhunya 80°C, tanaman bakau yang telah mengering ditumbuk sampai halus dan diayak sampai lolos 100 mesh, setelah itu ditimbang guna mengetahui berat akhirnya. Cuplikan diambil 0,1g dimasukkan ke dalam vial yang bersih, agar siap diiradiasi.



Gambar 3.28. Serbuk kering eceng gondok dan tanaman bakau lolos 100 mesh

3.5.2.4. Prosedur Penyiapan Ikan Belanak (*Moolgarda delicatus*) dan ikan Gelama (*Johnius (Johnieops) Borneen*)

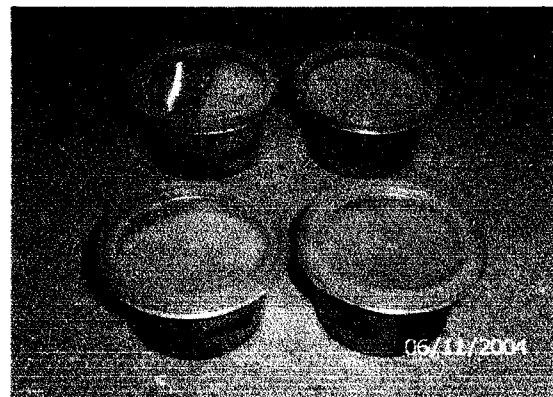
Proses awal pada preparasi cuplikan ikan adalah pengambilan daging ikan dengan menggunakan pisau bedah dipisahkan dari kepala, kulit, tulang dan isi perut. Kemudian dimasukkan dalam wadah yang berisi nitrogen cair yang suhunya -196°C, setelah itu ikan tersebut ditumbuk sampai halus. Selanjutnya dikeringkan dalam suhu rendah *freeze drying* selama 2 x 24 jam dan diayak

sampai lolos 100 mesh kemudian ditimbang guna mengetahui berat akhirnya dan dihomogenkan.

Cuplikan ikan diambil 0,1 g dimasukkan ke dalam 3 vial polietilen (triple) yang bersih, diiradiasi bersama-sama dengan larutan standar sekunder As, Cd, Zn dan Co sebanyak 0,5 µl ditambahkan *cellulose powder* ± 0,1 g yang dimasukkan dalam vial, cuplikan dan standar siap diiradiasi.



Gambar 3.29. Serbuk kering ikan setelah di *freeze drying*



Gambar 3.30. Serbuk kering ikan lolos 100 mesh

3.5.3. Preparasi standar

3.5.3.1. Standar Primer

Standar primer yang digunakan adalah SRM 2704 (*Buffalo Rivers Sediment*) dalam bentuk padatan (serbuk). Standar primer tersebut ditimbang 0,1 g dan dimasukkan ke dalam vial polietilen (diulangi 2 kali).

3.5.3.2. Standar Sekunder

Untuk cuplikan air, larutan standar sekunder dibuat dengan melakukan pengenceran dengan penambahan aquades yang dicampur larutan induk As, Cd,

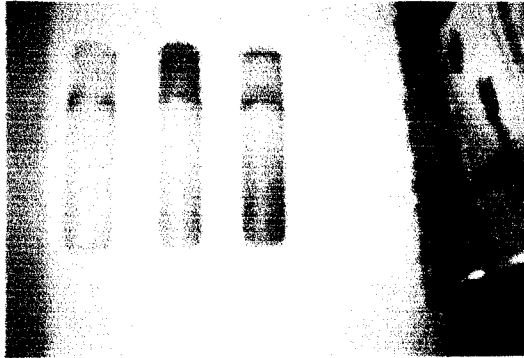
Zn dan Co sehingga larutan standar sekunder yang diperoleh masing-masing unsur mempunyai kadar yang berbeda-beda, untuk As 5 ppm, Cd 20 ppm, Zn 20 ppm, dan Co 10 ppm. Kemudian larutan standar diambil 2 ml dan dimasukkan ke dalam vial polietilen.

Untuk cuplikan padatan (sedimen dan biota) larutan standar sekunder juga mengalami pengenceran dengan penambahan aquades yang dicampur dengan larutan induk As, Cd, Zn dan Co, hanya saja pada proses dimasukkan ke dalam vial ditambahkan 0,1 g *Cellulosa powder* dan larutan standar yang diambil 0,5 ml.

3.5.4. Prosedur Iradasi dan Pencacahan

3.5.4.1. Prosedur Iradiasi

Cuplikan, larutan standar primer dan larutan standar sekunder masing-masing dalam vial polietilen setelah dimasukkan dalam kantung plastik berlabel dimasukkan bersama-sama dalam satu kelongsong polietilen, kemudian dimasukkan ke Reaktor Riset Kartini selama 12 jam dengan flux neutron $1,05 \times 10^{11} \text{ n.cm}^{-2}.\text{det}^{-1}$ pada lokasi Lazy Susan. Cuplikan, larutan standar primer dan larutan standar sekunder dikeluarkan dari Reaktor dan didiamkan hingga radionuklida dengan umur paro pendek meluruh habis kemudian dilakukan pencacahan cuplikan. Pencacahan cuplikan dilakukan dengan Spektrometer Gamma, data yang diperoleh dari hasil pencacahan dianalisis secara kualitatif pada penentuan tenaga sinar - γ dan kuantitatif pada besar intensitasnya.



Gambar 3.31. Kelongsong polietilen

3.5.4.2. Prosedur Pencacahan

3.5.4.2.1. Detektor HPGe

1. Cuplikan maupun standar yang akan dicacah diletakkan di atas detektor.
2. Tekan tombol OPEN DATA SOURCE dan tekan DETEKTOR.
3. Masukkan angka 600 pada fungsi tombol MCA dan tekan ENTER.
4. Untuk memulai pencacahan tekan tombol START.
5. Untuk menyimpan data cuplikan yang telah dicacah, tekan FILE kemudian tekan SAVE dan beri label nama cuplikan.
6. Untuk menyudahi pencacahan tekan CLEAR.
7. Untuk mengukur harga NET (luas peak) puncak spektrum, letakkan kursor pada EXPAND OFF, kemudian gerakkan kursor untuk mencari tenaga setiap unsur yang diinginkan harga NETTO akan terlihat pada monitor.

3.5.5. Kalibrasi Spektrometer Gamma (γ)

3.5.5.1. Kalibrasi Tenaga

Spektrometer Gamma (γ) sebelum digunakan untuk analisis, perlu dilakukan kalibrasi alat. Untuk suatu perangkat spektrometer γ dan satu "Setting"

kondisi kerja (tegangan tinggi, penguat dan lain-lain) perlu dicari hubungan antara nomor salur dan tenaga. Hal ini dilakukan dengan jalan mencacah beberapa sumber standar (dalam penelitian ini digunakan satu sumber multigama (Eu 152) yaitu sumber yang sudah diketahui tingkat tenaga karakteristik gamma. Apabila dibuat plot tenaga sinar γ standar versus nomor saluran puncak serapan total masing-masing, maka akan didapat suatu garis lurus (lihat gambar 3.5). Plot semacam ini disebut kurva kalibrasi tenaga. Hubungan linear ini dapat dinyatakan secara matematis dalam suatu persamaan garis yang mempunyai bentuk umum:

$$Y = aX + b \quad (3-1)$$

Y = tingkat tenaga

X = nomor salur

Dengan demikian, hubungan linier tersebut dinyatakan secara pasti dan tidak bergantung kepada subyektivitas pembuata kurva atau yang menggunakannya. Untuk mengolah data kalibrasi menjadi persamaan garis linier digunakan metode kuadrat terkecil.

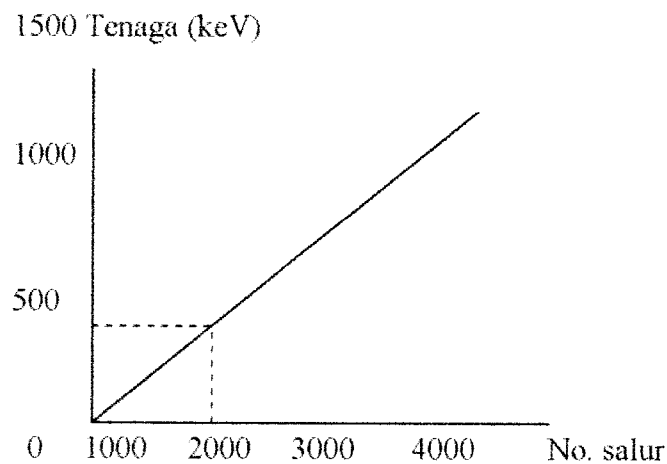
Jika ordinat Y adalah tenaga dan absis X adalah nomor salur, maka untuk setiap pengukuran puncak serapan total γ dari sumber standar akan didapat sepasang harga (X_i , Y_i). Untuk pengukuran n puncak γ , maka bisa ditentukan harga "slop" a dan titik potong (intercept) b secara garis linier sebagai berikut: (Susetyo, 1988).

$$a = \frac{\sum X_i Y_i - \frac{\sum X_i \sum Y_i}{n}}{\sum X_i - \frac{(\sum X_i)^2}{n}} \quad (3-2)$$

$$b = \frac{\sum Y_i}{n} - a \frac{\sum X_i}{n} \quad (3-3)$$

Keterangan: semua penjumlahan (Σ) dimulai $i = 1$ sampai $i = n$

$$r = \frac{\sum (X_i - \bar{X}) \cdot (Y_i - \bar{Y})}{\left[\sum (X_i - \bar{X})^2 \cdot \sum (Y_i - \bar{Y})^2 \right]^{1/2}} \quad (3-4)$$



Gambar 3.32. Kurva kalibrasi Tenaga
Sumber : Susetyo, 1988

3.5.5.2. Kalibrasi Efisiensi

Yang didapatkan dari hasil kalibrasi tenaga adalah luas puncak serapan total yang menunjukkan jumlah cacah radio nuklida yang terkandung dalam suatu puncak γ . Apabila dari luas puncak serapan tersebut digunakan untuk menentukan efisiensi, maka harga intensitas mutlak tenaga E adalah $(Y) E$, dan efisiensi deteksi juga merupakan fungsi $\varepsilon (E)$.

$$\% \varepsilon (E) = \frac{cps}{dps \cdot Y(E)} \cdot 100 \% \quad (3-5)$$

Keterangan :

Cps = laju cacah pada saat t detik

Dps = aktivitas sumber standar Eu-152

Y (E) = Yield atau intensitas mutlak (dari tabel tenaga radionuklida).

Sedangkan untuk mencari harga cps digunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Cps} = \frac{\text{Luas Puncak Serapan Total (cacah)}}{\text{Waktu Pencacahan (detik)}} \quad (3-6)$$

Untuk mencari aktivitas sumber Eu-152 didapat dari persamaan

$$A_t = A_o \cdot e^{-0,693 \cdot t / T_{1/2}} \quad (3-7)$$

3.5.6. Metode Analisis Data

3.5.6.1. Analisa Kualitatif

Kalibrasi tenaga diperlukan untuk tujuan analisis kualitatif spektrometer γ . Setelah kalibrasi dilakukan secara berulang-ulang dan didapat hasil yang mantap dan mempunyai puncak maka dapat dilakukan pengukuran cuplikan. Cuplikan dilakukan pada kondisi alat yang tepat sama dengan kondisi kalibrasi. Puncak-puncak dalam spektrum γ cuplikan dapat dicatat nomor salurnya (=X). Dengan menggunakan persamaan garis kalibrasi : $Y = aX + b$, maka didapat harga tenaga puncak γ (=Y) yang bersesuaian. Setelah mendapat harga tenaga (E), kemudian di cocokkan dengan tabel isotop (Erdtmann dan Soyka, 1979). Pencacahan dilakukan selama 500 - 1000 detik.

3.5.6.2. Analisis Kuantitatif

Setelah diketahui berapa jenis unsur logam yang terdapat dalam cuplikan secara kualitatif, maka selanjutnya dilakukan penentuan secara kuantitatif. Analisis kuantitatif ini dilakukan dengan cara relatif, yaitu membandingkan unsur-unsur dalam cuplikan dengan unsur-unsur yang ada dalam standar sertifikat. Cuplikan standar dan cuplikan diiradiasi dalam waktu yang sama. Untuk menentukan kadar suatu unsur dalam cuplikan cukup menggunakan perbandingan antara cacah yang dihasilkan cuplikan yang ditujukan dengan suatu persamaan:

$$Cps_t = \frac{\text{netto}}{t \text{ cacah}} \quad (3-8)$$

Keterangan :

Cps_t = laju cacah pada saat t detik

netto = hasil pencacahan selama waktu pencacahan

t cacah = lama waktu pencacahan (detik)

$$Cps_o = Cps_t e^{0.693 t/T} \quad (3-9)$$

Keterangan :

Cps_o = laju cacah pada saat $t=0$ (cps), yaitu saat penembakan neutron dihentikan

Cps_t = laju cacah pada saat t detik (cps)

t = waktu tunda cuplikan (jam)

T = waktu paruh unsur (jam)

Selanjutnya kadar dari unsur-unsur yang dapat dihitung menggunakan metode Komparatif dengan persamaan-persamaan sebagai berikut:

Perhitungan cuplikan air

$$\text{Kadar cuplikan} = \frac{\text{Cps}_0 \text{ cuplikan}}{\text{Cps}_0 \text{ standar}} \times K_s \quad (3-10)$$

Keterangan :

Kadar = kadar unsur yang dianalisa ($\mu\text{g/ml}$ atau $\mu\text{g/g}$ atau ppm)

Cps_0 = laju cacah pada saat $t=0$ (cps), yaitu saat penembakan neutron dihentikan

K_s = kadar standar (As : 5 ppm, Cd dan Zn : 20 ppm, Co : 10 ppm).

Pada saat preparasi cuplikan air mengalami pemekatan, maka kadar cuplikan yang didapat juga harus disesuaikan dengan proses yang terjadi. Untuk air tawar pemekatan 40 kali dan air laut 5 kali. Persamaan yang digunakan sebagai berikut :

$$\text{Kadar} = \frac{\text{Kadarcuplikan}}{\text{Faktorpemekatan}} \quad (3-11)$$

Perhitungan Cuplikan padatan (sedimen, biota)

$$\text{Kadar cuplikan} = \frac{\text{Cps}_0 \text{ cuplikan}}{\text{Cps}_0 \text{ standar}} \times \text{Kadar standar} \quad (3-12)$$

$$\text{Kadar standar} = \frac{\text{kadar unsur tiap vial}}{\text{volume cuplikan}} \quad (3-13)$$

Keterangan :

Kadar = kadar unsur yang dianalisa ($\mu\text{g/ml}$ atau $\mu\text{g/g}$ atau ppm)

Cps_0 = laju cacah pada saat $t=0$ (cps)

Kadar standar = kadar cuplikan standar (As: 5, Cd dan Zn: 20, Co: 10 ppm)

Volume cuplikan = berat cuplikan yang akan dianalisis (gram)

Mencari kadar rata-rata cuplikan dapat didefinisikan sebagai ukuran harga tengah yang didapat dari jumlah harga pengukuran dibagi

cacah (banyaknya) pengukuran, rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$\bar{x} = \frac{\sum xi}{n} \quad (3-14)$$

Keterangan :

\bar{x} = kadar rata-rata

$\sum xi$ = jumlah kadar tiap pencacahan (pengukuran)

n = jumlah cacah (pengukuran)

Langkah selanjutnya mencari standar deviasi (DS), rumus yang digunakan adalah :

$$\text{Standar deviasi} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (xi - \bar{x})^2}{(n-1)}} \quad (3-15)$$

Pengaruh semua parameter tersebut terhadap keberhasilan suatu pengukuran / analisis dapat dievaluasi dengan melihat besar keseksamaan (presisi) hasil analisis dengan melihat dari variasi hasil yang diperoleh apabila pekerjaan tersebut dilakukan berulang-ulang, dapat dilihat pada persamaan dibawah ini :

$$cv = \frac{DS}{KR} \times 100\% \quad (3-16)$$

$$\text{Keseksamaan (presisi)} = 100\% - cv \quad (3-17)$$

Keterangan :

cv = coefisien variation

DS = standar deviasi

KR = kadar rata-rata

Mencari faktor bioakumulasi (F_B) pada faktor distribusi (F_D), rumus yang digunakan sebagai berikut:

$$F_B = \frac{C_b}{C_a}, F_D = \frac{C_s}{C_a} \quad (3-18)$$

Keterangan:

F_B = faktor bioakumulasi (ml/g)

F_D = faktor distribusi (ml/g)

C_b = Konsentrasi biota ($\mu\text{g.g}^{-1}$)

C_s = Konsentrasi sedimen ($\mu\text{g.g}^{-1}$)

C_a = Konsentrasi air ($\mu\text{g.ml}^{-1}$)

3.6. Uji Akurasi Metode Penelitian

Pada metode penelitian ini dilakukan uji akurasi dengan cara menganalisis kadar suatu unsur SRM (*Standard Reference Material*) yang diperlakukan untuk cuplikan yang tidak diketahui kadar unsurnya. Akurasi menunjukkan kedekatan pengukuran terhadap nilai sebenarnya, dan mengukur kesesuaian antara hasil dan nilai sebenarnya (Sumardi, 2001).

Hasil dari analisis kadar unsur yang dilakukan dibandingkan dengan harga kadar unsur sejenis yang tercantum dalam sertifikat. Ketelitian (Akurasi) hasil pengukuran diukur dari seberapa dekat hasil analisis dengan harga yang tercantum dalam sertifikat, atau dengan kata lain seberapa besar bias antara kadar unsur dari pengukuran dibandingkan dengan data kadar unsur dalam sertifikat. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$\text{Bias} = \frac{[KR_{(\text{Sertifikat})} - KR_{(\text{Ukur})}]}{KR_{(\text{Sertifikat})}} \quad (3.19)$$

$$\text{Akurasi} = 100\% - \text{bias} \quad (3.20)$$

Semakin kecil biasanya, maka semakin baik pula prosedur kerja dan alatnya, atau metode serta alat mempunyai akurasi tinggi. Nilai keakurasian dikatakan baik apabila $\geq 90\%$.

BAB IV

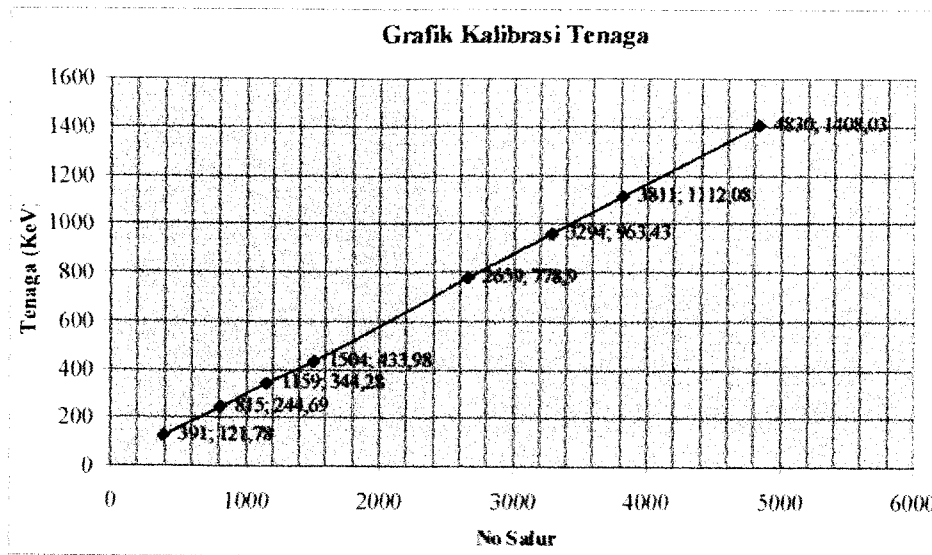
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Kalibrasi Alat (Spektrometer Gamma "detektor HPGe")

Spektrometer gamma sebelum digunakan untuk menentukan aktivitas unsur-unsur logam berat suatu cuplikan perlu dilakukan kalibrasi tenaga dan kalibrasi efisiensi lebih dahulu. Kalibrasi spektrometer gamma menggunakan sumber standar multigamma (^{152}Eu) yang telah diketahui tingkat tenaganya dengan tepat. Sumber standar tersebut dicacah selama 300 detik.

4.1.1. Kalibrasi Tenaga

Sebelum pencacahan dilakukan, semua fungsi peralatan yang perlu diatur dan harus disetel pada kondisi kerja optimum (kondisi kalibrasi). Untuk suatu perangkat spektrometer gamma dan satu setting kondisi kerja perlu dicari hubungan antara nomor salur dan tenaga. Hal ini dilakukan dengan jalan mencacah sumber standard multigamma ^{152}Eu yaitu sumber yang sudah diketahui tenaganya dengan tepat dan mempunyai banyak puncak gamma yang tersebar secara merata dari tenaga rendah sampai tenaga tinggi. Apabila dibuat grafik tenaga sinar gamma-standard versus nomor salur puncak serapan total masing-masing maka akan didapatkan garis lurus *lihat Gambar 4.1*.



Gambar 4.1. Grafik kalibrasi tenaga Spektrometer gamma (detektor HPGe dan software Genie 2000) $Y = 0,2901X + 6,157$ dan $r = 0,9999$

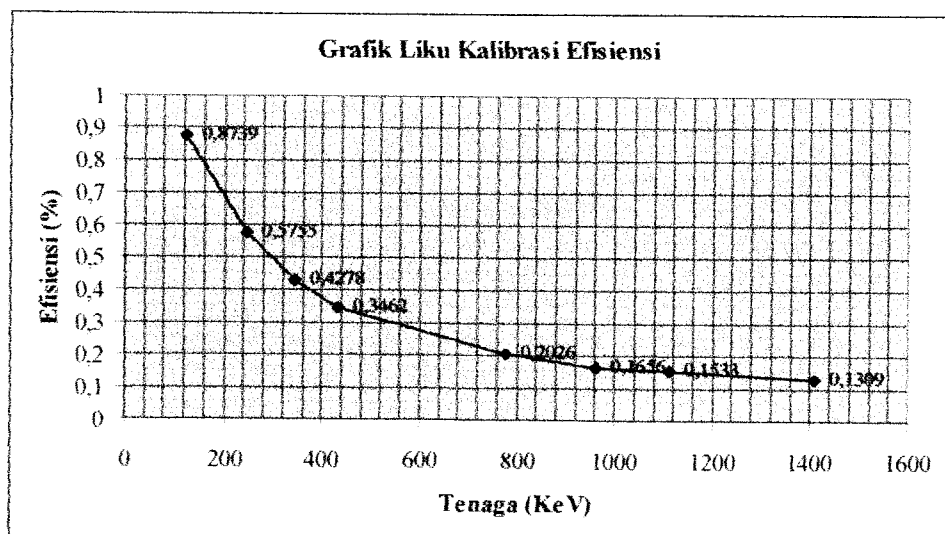
Dari hasil kalibrasi tenaga diketahui kelinieran hasil cacah standar multi gamma ^{152}Eu , didapatkan tenaga (Y_i) versus nomor salur (X_i) dalam persamaan regresi linear dengan bentuk $Y = aX + b$. Dari hasil perhitungan pada lampiran C1, diperoleh slope $a = 0,2901$ dan titik potong (intercept) $b = 6,157$, Sehingga persamaan menjadi : $Y = 0,2901X + 6,157$ dengan kelinearan (r) sebesar 0,9999, yang menyatakan bahwa alat dalam kondisi baik dan detektor siap digunakan untuk analisis.

Dari grafik pada Gambar 4.1. didapat hasil yang mantap dan mempunyai ketelitian tinggi maka dapat dilakukan pada kondisi alat yang tepat sama dengan kondisi kalibrasi dan tenaga dari unsur-unsur yang ingin dianalisis dapat tercapai sampai pada tenaga 1408,03 KeV, sehingga unsur-unsur yang ingin dianalisis dapat terbaca pada saat pencacahan. (unsur As = 559 KeV; Cd = 527,7 KeV; Zn = 1115,4 KeV; Co = 1173,1 KeV).

4.1.2. Kalibrasi Efisiensi

Data kalibrasi efisiensi menunjukkan efisiensi hasil dari pencacahan yang dilakukan oleh detektor HPGe dan penganalisa saluran ganda dalam Analisis Aktivasi Neutron. Sehingga hasil pencacahan dari unsur dalam cuplikan didapati kondisi yang stabil seperti saat pencacahan standar multigamma ^{152}Eu . Dari data (*Lampiran CI*) kemudian diplotkan menjadi grafik tenaga (E) versus efisiensi ($\% \epsilon(E)$) yang menghasilkan grafik liku kalibrasi efisiensi seperti terlihat pada *gambar 4.2*.

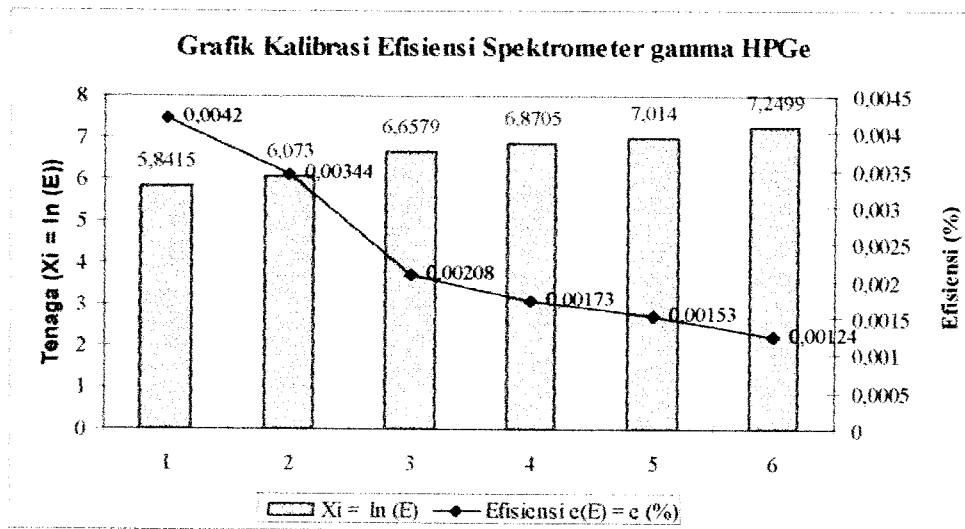
- Sumber standard ^{152}Eu
- Waktu paruh ($T_{1/2}$) $^{152}\text{Eu} = 13,1$ Tahun ; 4666,74 hari
- Aktivitas awal (A_0) : $1,975 \times 10^5$ dps (15 - 6 - 1979)
- Tanggal Kalibrasi : 19 - 10 - 2004
- Jarak sumber – detektor : 30 cm
- Waktu cacah (t_c) : 300 detik



Gambar 4.2. Grafik liku kalibrasi efisiensi Spektrometer gamma (detektor HPGe dan software Genie 2000)

Dari *Gambar 4.2*. untuk tenaga (E) > 300 Kev mendekati garis lurus yang menjelaskan bahwa kalibrasi dapat diolah dengan menggunakan teknik regresi

linier sehingga didapatkan persamaan $Y = aX + b$, untuk tenaga (E) < 300 KeV tidak dapat diolah dengan teknik regresi linier. Untuk tenaga (E) > 300 KeV yang diolah dengan teknik regresi linier menghasilkan nilai $X_i = \ln E$ (tenaga (E)) versus efisiensi ($\% \epsilon(E)$) yang diplotkan kedalam grafik dan menghasilkan grafik kalibrasi efisiensi seperti terlihat pada *Gambar 4.3* berikut ini :



Gambar 4.3. Grafik Kalibrasi efisiensi Spektrometer gamma (detektor HPGe dan software Genie 2000) $Y = -0,86090X - 0,4432$ dan $r = 0,9999$

Dari hasil pencacahan diperoleh harga efisiensi dengan persamaan regresi kalibrasi efisiensi : $Y = -0,86090X - 0,4432$; $r = 0,9999$ mendekati 1, yang berarti alat dalam kondisi baik dan detektor siap digunakan untuk analisis. Terlihat bahwa pada daerah tenaga rendah efisiensi akan naik dengan kenaikan sinar gamma yang dideteksi sedang pada daerah tenaga tinggi berlaku sebaliknya : efisiensi justru akan turun oleh kenaikan tenaga sinar gamma. Hal ini dikarenakan pada daerah tenaga tinggi, kemampuan sinar gamma untuk berinteraksi dengan detektor cukup lemah. Untuk tenaga yang sangat tinggi kemampuan sinar gamma di dalam menembus jendela detektor juga sangat kurang. Setelah itu tenaga sinar

gamma menjadi cukup besar sehingga boleh jadi foton gamma untuk meloloskan diri dari detektor tanpa berinteraksi menjadi cukup besar dan dengan sendirinya efisiensi deteksi akan turun.

Nilai efisiensi deteksi suatu pengukuran ditentukan oleh berbagai faktor, antara lain : jarak cuplikan - detektor, bentuk sumber radioaktif cuplikan, volume detektor, daya pisah peralatan elektronik, dsb. Semakin dekat jarak antara cuplikan dengan detektor semakin besar harga efisiensi deteksi. Akan tetapi semakin besar pula kesalahan pengukuran. Oleh sebab itu sebaiknya pengukuran dilakukan pada jarak yang cukup jauh dari detektor, pada penelitian ini jarak cuplikan dengan detektor 30 cm.

4.2. Analisis Kualitatif

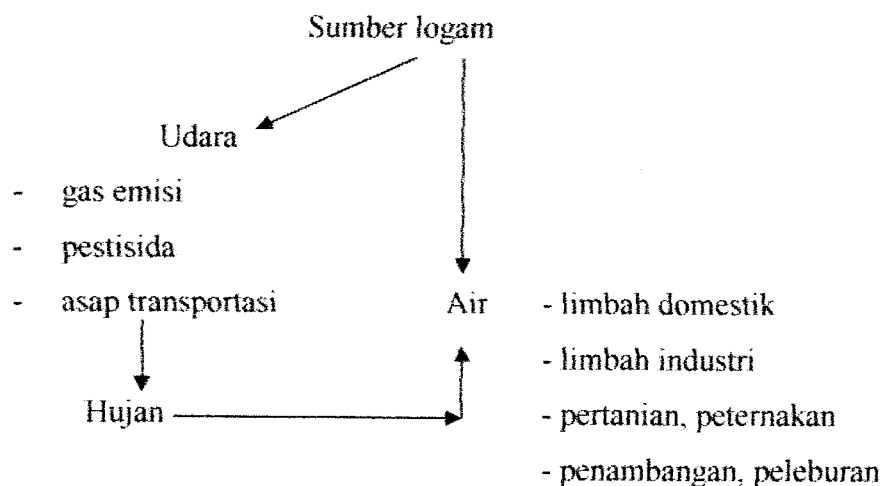
Analisis kualitatif pada air sungai, air laut, sedimen, eceng gondok (*Eichhornia crassipes (Mart) Solms*), tanaman bakau (*Rhizophora.sp.*), ikan Belanak (*Moolgarda delicatus*) dan ikan Gelama (*Johnius (Johnieops) Borneen*) di perairan Surabaya mengandung unsur-unsur sebagai berikut : Pada cuplikan air, sedimen dan biota (eceng gondok (*Eichhornia crassipes (Mart) Solms*), tanaman bakau (*Rhizophora.sp.*), ikan Belanak (*Moolgarda delicatus*) dan ikan Gelama (*Johnius (Johnieops) Borneen*)) unsur-unsur yang terdeteksi secara serentak, antara lain: Hg, As, Cr, Cd, Sc, Fe, Zn, Co, Ca dan Cu. Sedangkan unsur yang tidak dapat terdeteksi, antara lain: Ce, Au, Br dan Na, ini disebabkan karena umur paruh unsur tersebut pendek berkisar antara 15 jam sampai 2,7 hari. Dari hasil analisis menunjukkan banyaknya jenis unsur-unsur logam berat yang terkandung

dalam cuplikan dan menjelaskan bahwa lokasi tersebut perlu dijaga keseimbangan ekosistemnya, terutama peningkatan konsentrasi logam berat dan beracun. Untuk cuplikan biota pada lokasi 3 (Hulu Kali Mas) dan lokasi 11 (Muara Kali Anak) tidak terdapat cuplikan biotanya, sehingga tidak dapat dicari analisis kualitatifnya.

4.3. Analisis Kuantitatif

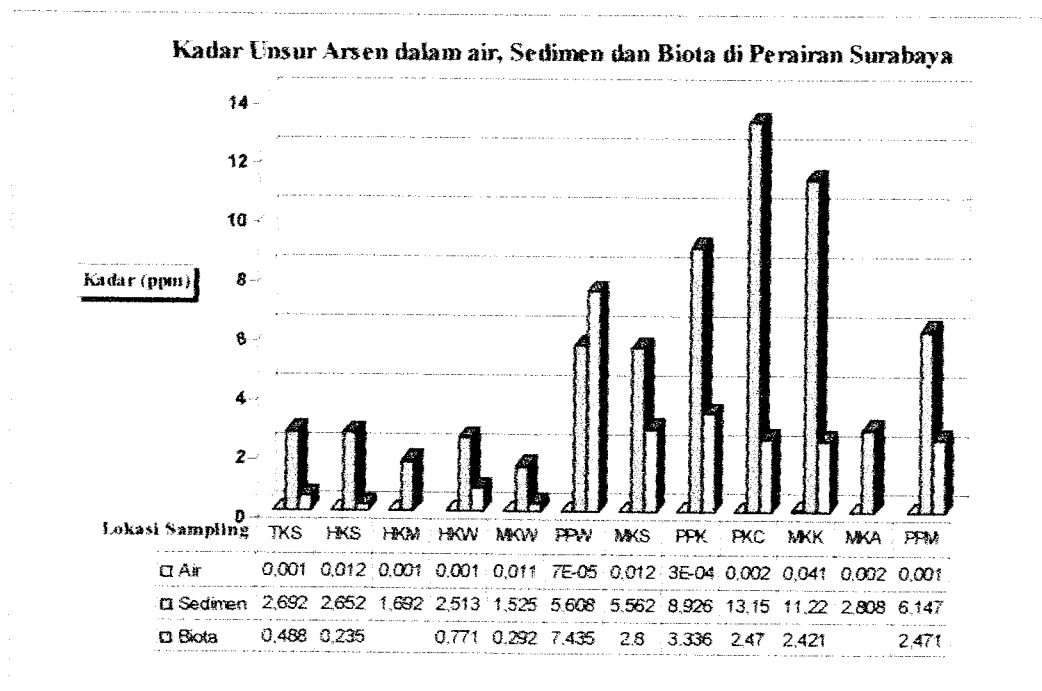
Analisis kuantitatif dilakukan untuk mengetahui konsentrasi logam berat yang akan diteliti dan dibatasi pada unsur-unsur logam berat As, Cd, Zn dan Co. Analisis kuantitatif dilakukan pada cuplikan air sungai, air laut, sedimen, eceng gondok (*Eichhornia crassipes (Mart) Solms*), tanaman bakau (*Rhizophora.sp.*), ikan Belanak (*Moolgarda delicatus*) dan ikan Gelama (*Johnius (Johnieops) Borneen*) dari beberapa unsur dilakukan secara relatif dengan menggunakan rumus secara lengkap yang disajikan pada *Lampiran C4-1 s.d C4-12*.

4.3.1. Konsentrasi Unsur Arsen (As)



Gambar 4.4. Daur pencemaran di perairan

Arsen dilepaskan ke lingkungan dari sumber alami seperti gunung berapi sedangkan yang dilepaskan dari sumber pencemar (aktivitas industri, emisi, *agricultur*) jauh melebihi sumber alami, sumber pencemaran arsen meliputi kegiatan penambangan dan peleburan, penggunaan pestisida, pembakaran batubara dan pembakaran kayu. Pelepasan arsen ke lingkungan akan menurunkan kualitas air serta udara. Arsen dapat mencemari sungai dan laut dengan dilepaskannya limbah yang mengandung arsen ke perairan ataupun melalui hujan yang membawa emisi (zat pencemar) dari udara. Pencemaran ini akan berdampak kritis di dalam ekosistem sungai dan laut dan melalui rantai makanan (*food chains*) akhirnya akan sampai juga ke manusia. Penelitian ini mencoba mengidentifikasi konsentrasi Arsen pada cuplikan air sungai, air laut, sedimen dan biota yang disajikan pada *Gambar 4.5.* berikut ini:



Gambar 4.5. Grafik konsentrasi Arsen dalam air, sedimen dan biota

Kode lokasi

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

Pada cuplikan air dan sedimen seluruh lokasi *sampling* untuk logam berat Arsen (As) terdeteksi semua, sedangkan cuplikan biota pada lokasi 3 (Hulu Kali Wonokromo) dan lokasi 11 (Muara Kali Mas) tidak terdapat biota sehingga tidak dapat dibandingkan.

4.3.1.1. Konsentrasi Arsen di perairan (sungai) Surabaya

Dari hasil pengukuran analisis kuantitatif pada *Gambar 4.5*, konsentrasi Arsen pada cuplikan air sungai dan laut berkisar 0,001114 – 0,041533 ppm dan konsentrasi tertinggi pada lokasi 10 (Muara Kali Kedinding) dengan konsentrasi sebesar 0,041533 ppm, apabila dibandingkan menurut Perda kota Surabaya No. 02 tahun 2004, maka konsentrasi As untuk seluruh lokasi sungai belum melebihi batas maksimum baku mutu air sungai sesuai dengan penetapan klasifikasi yang diperkenankan yaitu (Kelas I : 0,05 ppm ; IV : 1 ppm). Terlihat jelas pada *Gambar 4.5*, bahwa konsentrasi As lebih sedikit terlarut dalam air dan lebih banyak mengendap pada sedimen. Konsentrasi As yang terkandung dalam sedimen berkisar 1,525716 – 5,562381 ppm dan konsentrasi tertinggi pada lokasi 7 (Muara Kali Sari) tetapi belum adanya peraturan mengenai ambang batas kadar logam berat pada sedimen di perairan. Tingginya konsentrasi As dalam sedimen ini diperkuat oleh data dari Jasa Tirta tahun 2003, hasil kegiatan pemantauan kualitas air di DPS Kali Brantas kota Surabaya yang menjelaskan bahwa sungai di sekitar daerah Karangpilang, Kali Sepanjang, Gunungsari dan Kali Mas

kekurangan oksigen (DO rendah), kekurangan oksigen ini mengakibatkan daya larut logam berat menjadi lebih rendah dan lebih mudah mengendap. Penyebab kurangnya kadar oksigen dalam air ialah limbah organik (minyak, plastik, pestisida, deterjen dll) yang terkandung dalam air, limbah organik akan mengalami degradasi oleh bakteri (menggunakan oksigen dalam air) sehingga lama kelamaan oksigen yang terlarut dalam air akan berkurang.

Konsentrasi arsen yang terkandung dalam air sungai belumlah melebihi batas ambang, tetapi bukanlah tidak mungkin pencemaran arsen di perairan akan semakin meningkat dengan kemajuan industri dari tiap tahunnya dan meningkatnya jumlah penduduk yang bersamaan dengan meningkatnya limbah buangan domestik yang dihasilkan. Limbah buangan yang mengandung logam Arsen merupakan bahan buangan yang bersifat anorganik yang mana jenis limbah ini tidak dapat membusuk dan sulit didegradasi oleh mikroorganisme, umumnya logam-logam yang terdapat dalam perairan terbentuk dengan senyawa lain seperti: senyawa oksida, sulfida yang menyebabkan logam lebih mudah mengendap. Apabila konsentrasi Arsen yang terkandung dalam air sungai dan laut tinggi akan berbahaya bagi tubuh manusia, dan untuk air sungai tidak dapat digunakan sebagai air minum (Wardhana, 2001).

Konsentrasi As dalam cuplikan biota eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms) pada lokasi 1 (0,488753 ppm), lokasi 2 (0,235458 ppm), lokasi 4 (0,771989 ppm), lokasi 5 (0,292101 ppm), lokasi 10 (2,421677 ppm) ; tanaman bakau (*Rhizophora.sp.*) lokasi 7 (2,800855 ppm) dan konsentrasi tertinggi pada

tanaman bakau, tetapi belum adanya peraturan mengenai ambang batas pada bakau.

4.3.1.2. Konsentrasi Arsen di perairan (laut) Surabaya

Konsentrasi Arsen pada air laut berkisar 0,000079 – 0,002122 ppm, apabila dibandingkan menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004, belum melebihi kadar maksimum baku mutu air laut untuk biota laut (0,012 ppm). Konsentrasi As pada air laut lebih kecil daripada yang terkandung dalam air sungai, perairan yang relatif tenang dan arusnya kecil menyebabkan logam mempunyai kesempatan yang kecil untuk di distribusikan secara meluas. Konsentrasi As diperairan laut lebih banyak mengendap di sedimen yang berkisar antara 5,608636 – 13,152051 ppm dan yang tertinggi ditemukan pada lokasi 9 (Pesisir Kedung Cowek) dengan konsentrasi sebesar 13,152051 ppm. Tingginya konsentrasi As di sedimen diduga disebabkan karena lokasi 9 merupakan daerah tempat berkumpulnya aliran air sungai dari lokasi 1 (Tengah Kali Surabaya), lokasi 2 (Hilir Kali Surabaya), lokasi 3 (Hulu Kali Mas) dan lokasi 10 (Muara Kali Kedinding) yang dimana pada lokasi tersebut terdapat industri yang menggunakan Arsen pada proses produksinya, seperti industri metallurgi, produk *glassware*, keramik, serta industri yang menggunakan bahan warna (*dyeing*) dan pestisida, industri-nya antara lain : pada lokasi 1 (Tengah Kali Surabaya) industri tekstil (PT. Gawerejo) yang menggunakan bahan warna sintesis yang menghasilkan limbah cair yang mengandung bahan warna, asam dan alkali yang tergolong bahan B3, industri kertas (PT. Suparma) yang menggunakan bahan baku warna, lokasi 2 (Hilir kali Surabaya) terdapat industri serbet dan

selimut (cv. Gunungsari) yang menggunakan bahan baku warna, industri kaos (cv. Gawerejo dan cv. Bintang Apollo) yang menggunakan bahan pewarna dan lokasi 3 (Hulu Kali Mas) terdapat industri cat (nv. Mataram) yang menggunakan bahan pewarna. Yang dimana aliran air sungai dari lokasi-lokasi tersebut terkumpul menjadi satu di lokasi 9 (Pesisir Kedung Cowek).

Tingginya sedimen akan menyebabkan peningkatan kekeruhan air dan mengganggu organisme yang memerlukan cahaya untuk hidupnya. Hal ini menunjukkan bahwa akumulasi tertinggi dari logam berat terjadi pada sedimen dan memberikan petunjuk bahwa sebagian besar senyawa pada logam berat yang masuk ke perairan Surabaya berbentuk endapan dan hanya sebagian kecil yang terlarut dalam air. Dikemukakan dugaan, bahwa logam berat dalam perairan baik yang berasal dari sungai, laut maupun dari organisme yang hidup dan mati pada fase akhir akan mengendap ke sedimen dasar perairan, hal ini akan diperkuat dengan data besaran F_B dan F_D dalam *Gambar 4.12*.

Sedimen telah menjadi faktor utama penyebab penurunan daya dukung ekosistem di perairan. Peningkatan beban sedimen ini terutama disebabkan oleh meningkatnya laju erosi dari aktivitas-aktivitas yang ada di daratan. Tingginya tingkat beban sedimen akan menyebabkan perubahan integritas ekologis dan peranan daerah tersebut dalam ekosistem pesisir. Akibat dari tingginya konsentrasi As pada sedimen juga meningkatkan konsentrasi As pada biota ikan Belanak (*Moolgarda delicatus*) pada lokasi 6 (7,435021 ppm), lokasi 8 (3,336797 ppm), lokasi 12 (2,471655 ppm) dan ikan Gelama (*Johnius (Johnieops) Borneen*) lokasi 9 (2,470899 ppm). Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi

Arsen pada biota (ikan) telah melebihi ambang batas menurut Keputusan Direktur Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan Nomor 03725/B/SK/VII/89 tentang batas maksimum cemaran logam berat Arsen yang diperkenankan (1,0 ppm) dan yang tertinggi pada ikan Belanak pada lokasi 6 (Pesisir Pantai Wonokromo).

Perairan umumnya memiliki struktur komunitas dengan struktur trofik yang lengkap dengan ciri-ciri biota yang beragam serta produktivitas yang tinggi. Di samping itu peningkatan logam berat di lingkungan perairan telah menyebabkan efek toksik pada biota-biota perairan. Karena sifatnya yang akumulatif maka logam berat cenderung untuk mengendap pada biota air. Pada penelitian ini yang menjadi bioindikator laut adalah ikan, dimana pencemaran Arsen yang terjadi pada ikan ini disebabkan karena ikan Belanak dan ikan Gelama hasil tangkapan dari pantai mempunyai akumulasi yang tinggi dan hidupnya tidak berpindah-pindah. Unsur logam berat yang terabsorpsi oleh biota laut ini terjadi pada ikan. Pada saat bernafas, air masuk ke insang dengan membawa logam berat dan saat air dikeluarkan lagi logam pencemar tertinggal di dalam alat pernapasan hewan tersebut. Proses ini berlanjut terus sampai pada suatu saat terdapat endapan logam berat yang cukup besar di tubuh ikan. Meskipun prosesnya lambat namun apabila berlangsung terus menerus dalam jangka waktu yang lama, maka proses akumulasi yang terjadi akan menghasilkan kandungan logam berat yang cukup tinggi dalam tubuh ikan. Proses akumulasi logam berat akan jauh lebih cepat melalui rantai makanan yang telah tercemar dari pada di dalam air, melalui akumulasi tersebut konsentrasi logam berat akan tinggi di dalam ikan.

Akumulasi melalui rantai makanan dimana logam pencemar masuk ke dalam tubuh suatu organisme (misal: plankton/tanaman air) melalui endapan pada dasar laut. Kemudian organisme tersebut dimakan oleh organisme lain (ikan kecil) dan organisme ini dimakan oleh organisme lainnya lagi (ikan besar). Peristiwa ini terjadi secara beruntun sehingga konsentrasi tertinggi logam berat terdapat pada organisme konsumen terakhir, yaitu manusia. Ikan Belanak dan ikan Gelama merupakan jenis biota laut yang mengkonsumsi plankton sebagai makanannya.

Konsentrasi Arsen yang tinggi pada ikan sangat berbahaya bagi manusia apabila mengkonsumsinya, Arsen merupakan bahan beracun yang cepat atau lambat akan menimbulkan bercak-bercak pada kulit seperti eksem dan apabila keracunan berat akan menimbulkan muntah darah lambung (Bapedal, 1994), arsen sebanyak 100 mg dapat mengakibatkan keracunan yang hebat dan arsen juga diduga dapat menyebabkan kanker, untuk menjaga ekosistem akuatik kadar arsen sebaiknya tidak lebih dari 0,05 mg/l (ppm) selain itu kadar arsen yang tinggi juga dapat merusak klorofil. Kadar arsen yang melebihi 10 mg/l bersifat toksik pada ikan. Efek keracunan kecil dimulai dengan gejala hilangnya selera, mual dan diare.



Gambar 4.6. luka kulit akibat keracunan Arsen

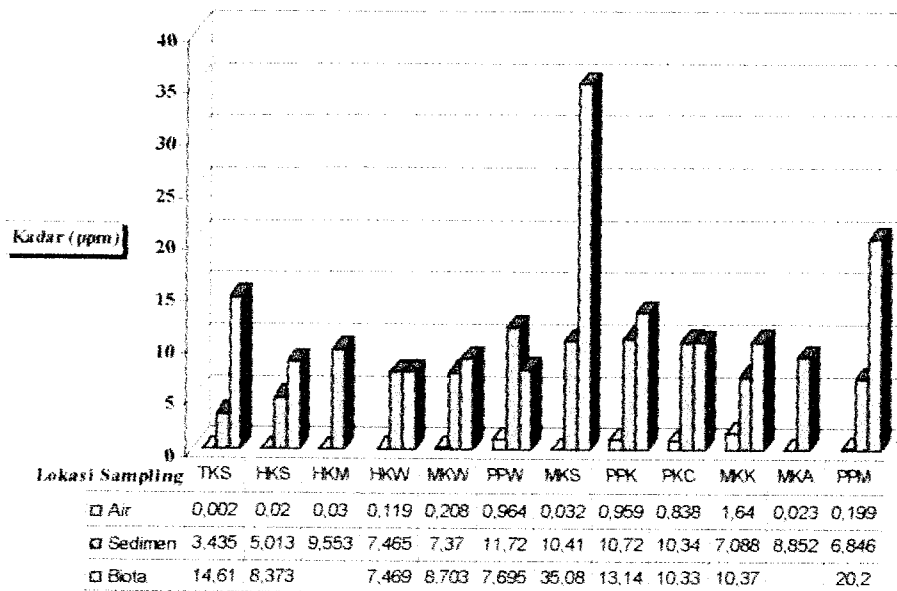
Sedangkan efek yang akut/kronis meliputi luka kulit (*lihat Gambar 4.6.*), sakit kepala kronis, kelesuan, bau nafas dan rasa metalik dalam mulut. Keracunan arsen pada *Gambar 4.6.* disebabkan terakumulasinya logam arsen pada tubuh. Untuk itu diperlukan upaya-upaya dari dinas terkait untuk mengatasi dan mengurangi tingkat pencemaran di perairan Surabaya, agar pencemaran yang terjadi dapat ditanggulangi sejak dini.

Pada analisis kuantitatif didapatkan nilai keseksamaan (presisi) hasil perhitungan konsentrasi logam berat Arsen dalam air, sedimen dan biota di perairan Surabaya, seperti yang tercantum pada *lampiran C2*. Nilai presisi yang didapat menunjukkan homogenisasi dari cuplikan yang dianalisis. Dalam penelitian ini presisi air berkisar 26,11 % - 60,21 % walaupun sebagian lokasi ada yang mendekati 92,20 %. Untuk presisi dalam sedimen cukup baik, berkisar antara 72,29 % - 89,35 %, sedangkan untuk presisi dalam biota yang didapat dalam pengukuran berkisar 61,78 % - 100 %. Rendahnya nilai presisi dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain: Kesalahan pada saat penghomogenan cuplikan; cara membaca data yaitu lama pencacahan sampai foton γ memenuhi statistik. Presisi akan menjadi baik apabila variasi hasil yang diperoleh dari hasil penelitian tersebut dilakukan secara berulang-ulang. Meskipun didalam pelaksanaan analisis sudah dilakukan perulangan sebanyak 3 kali (*triple*), tetapi ada sebagian yang tidak terdeteksi (nilai netto cuplikan lebih kecil dari standar sekunder) hal ini juga kemungkinan yang mempengaruhi nilai presisinya rendah.

4.3.2. Konsentrasi Unsur Kadmium (Cd)

Kadmium adalah unsur alami yang terjadi di dalam perut bumi. Kadmium biasanya ditemukan bersamaan dengan senyawa-senyawa lain seperti oksigen (*oksida kadmium*), khlor (*kadmium klorida*), atau belerang (*kadmium sulfida*, *sulfida kadmium*) inilah yang menjadikan unsur Kadmium lebih mudah mengendap pada perairan. Kebakaran hutan, dan letusan vulkanis merupakan proses alami yang mengakibatkan emisi kadmium ke udara. Kadmium ditemukan di dalam atmosfer sekitar 0,1 - 5 ng/m³, di perut bumi sekitar 0,1- 0,5 µ g/g, di sedimen laut kira-kira 1 µ g/g, dan air laut sekitar 0,1 µg/L. Pencemaran lingkungan oleh Kadmium berasal dari aktivitas industri, dimana Industri yang berhubungan dengan pembuatan, penggunaan, dan penjualan produk kadmium, seperti penyulingan yang memproses bahan baku kadmium yang melepaskan kadmium ke lingkungan dalam volume yang besar. Zat pencemar yang jatuh di perairan terbuka (misalnya sungai) dapat disebarkan ke tempat lain melalui alirannya. Bioakumulasi kadmium di dalam organisme merupakan suatu ancaman yang berpotensi bagi beberapa organisme ikan. Penelitian ini mencoba mengidentifikasi sejauh mana pencemaran kadmium pada air sungai, air laut, sedimen dan biota di perairan Surabaya, yang dijelaskan pada Gambar 4.7 berikut ini.

Kadar Unsur Kadmium dalam Air, Sedimen dan Biota di Perairan Surabaya



Gambar 4.7. Grafik konsentrasi Kadmium dalam air, sedimen dan biota

Kode lokasi

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

Dari hasil analisis kuantitatif, unsur Kadmium pada cuplikan air dan sedimen terdeteksi di seluruh lokasi penelitian tetapi untuk cuplikan biota di lokasi 3 (Hulu Kali mas) dan lokasi 11 (Muara Kali Anak) tidak terdapat biota sehingga tidak dapat dibandingkan.

4.3.2.1. Konsentrasi Kadmium di perairan (sungai) Surabaya

Konsentrasi Cd dalam air sungai berkisar antara 0,020405 - 1,640233 ppm, apabila dibandingkan menurut Perda Kota Surabaya No. 02 Tahun 2004, menjelaskan bahwa seluruh kondisi air sungai sudah melebihi konsentrasi maksimum baku mutu air sesuai dengan penetapan klasifikasinya (Kelas I dan IV

: 0,01 ppm), dan konsentrasi tertinggi pada lokasi 10 (Muara Kali Kedinding) sebesar 1,640233 ppm. Tingginya konsentrasi logam berat pada air akan menjadi sumber racun bagi organisme perairan dan mengakibatkan kematian organisme tersebut. Tingginya konsentrasi logam berat Cd pada wilayah sugai berasal dari kegiatan industri *inorganic pigment, electroplating, textile printing, plastics stabilizers, alloying dan battery, fungisida*. Beragamnya konsentrasi Cd dalam air sungai, diduga karena beragamnya jenis industri yang berpotensi mengaliri limbah B3 dari proses produksinya tersebut pada lokasi penelitian. Industri yang diduga mencemari lokasi penelitian antara lain : lokasi 1 (Tengah Kali Surabaya): industri kertas (PT. Suparma) yang menggunakan bahan warna sebagai bahan baku; lokasi 2 (Hilir kali Surabaya): industri serbet dan selimut (cv. Gunungsari) yang menggunakan bahan baku pewarna, industri kaos yang menggunakan bahan baku warna (cv. Pangestu, cv. Gawerejo dan cv. Bintang Apollo), industri kulit reptil yang menggunakan bahan pewarna (PT. Kaltim Leather); lokasi 3 (Hulu Kali Mas): industri cat (nv. Mataram) yang menggunakan pigment dan warna dalam proses produksinya, selain itu yang mempengaruhi konsentrasi logam Cd pada lokasi ini juga industri-industri dari lokasi Tengah Kali Surabaya dan Hilir Kali Surabaya yang aliran airnya mengalir ke lokasi ini; lokasi 4 (Hulu Kali Wonokromo): pada lokasi ini tidak terdapat industri besar yang menghasilkan limbah B3, namun tidak menutup kemungkinan bahwa limbah dari lokasi Tengah Kali Surabaya dan Hilir Kali Surabaya mempengaruhi peningkatan konsentrasi Cd pada lokasi ini ; lokasi 5 (Muara Kali Wonokromo): industri tekstil (PT. Horizonsyntex) yang menggunakan bahan warna pada proses printing/linishing,

industri lampu tekan (PT. Star Angkasa dan PT. Solihin Jaya), industri lampu pijar (PT. Sinar Angkasa), industri batu baterai (PT. Hari Terang), industri pestisida (PT. Agrocarb) dan industri-industri dari lokasi Tengah Kali Surabaya, Hilir Kali Surabaya serta Hulu Kali Wonokromo yang dimana aliran air dari lokasi tersebut yang diduga juga menyebabkan penambahan konsentrasi Cd pada lokasi ini; lokasi 7 (Muara Kali Sari): pada lokasi ini mengalami penurunan konsentrasi karena tidak terdapat industri yang menggunakan cd pada produksinya, tetapi aliran air dari lokasi 1, 2 dan 3 yang disekitar lokasi tersebut terdapat industri yang berpotensi mengeluarkan limbah B3 yang mengandung unsur Cd dan aliran airnya mengalir sampai ke lokasi ini; lokasi 10 (Muara Kali Kedinding): disekitar lokasi ini tidak terdapat industri yang menghasilkan logam Kadmium, namun tidak menutup kemungkinan aliran sungai dari lokasi 1,2 dan 3 yang menjadikan konsentrasi kadmium tinggi ; lokasi 11 (Muara Kali Anak): industri cat (cv. Java) yang menggunakan warna, pigment pada produknya, industri lampu tekan (PT. Agustin Jaya).

Sedangkan konsentrasi Cd pada sedimen berkisar 3,435201 – 10,410098 ppm dan konsentrasi tertinggi pada lokasi 7 (Muara Kali Sari) dengan konsentrasi sebesar 10,410098 ppm. Konsentrasi logam berat Cd dalam sedimen lebih tinggi dibandingkan konsentrasi Cd dalam air, tetapi belum adanya peraturan yang mengatur pencemaran logam berat dalam sedimen tersebut. Daya larut logam berat mungkin bisa menjadi lebih tinggi atau lebih rendah, hal ini tergantung pada kondisi lingkungan perairan. Pada daerah-daerah yang kekurangan oksigen, daya larut logam berat menjadi lebih rendah dan lebih mudah mengendap

(Supriharyono, 1984). Dari data Jasa Tirta tahun 2003, hasil kegiatan pemantauan kualitas air di DPS Kali Brantas kota Surabaya menjelaskan bahwa sungai di sekitar daerah Karangpilang, Kali Sepanjang, Gunungsari dan Kali Mas kekurangan oksigen (DO rendah). Apabila bahan buangan padat larut di dalam air, maka kepekatan air atau berat jenis cairan juga akan naik. Tingginya konsentrasi Cd dalam sedimen memungkinkan tingginya konsentrasi Cd dalam biota sungai pada penelitian ini. Pada *Gambar 4.7*, konsentrasi Cd dalam biota sungai tertinggi terdapat pada tanaman bakau (*Rhizophora.sp.*) di lokasi 7 (Muara Kali Sari) dengan konsentrasi sebesar 35,079102 ppm bersamaan dengan tingginya konsentrasi Cd pada sedimen. Konsentrasi Cd pada cuplikan biota lebih tinggi dari pada yang terdapat di cuplikan air dan sedimen, hal ini akan diperkuat dengan data besaran F_B dan F_D dalam *Gambar 4.12*. Dari penelitian ini yang tertinggi ditemukan pada tanaman bakau, dimana akumulasi terjadi melalui penguapan air. Dapat dilihat pada *Gambar 4.8*, berikut ini.



Gambar 4.8. Akumulasi melalui penguapan pada air

logam berat yang larut dalam air ini akan diserap oleh akar tanaman. Air yang mengandung logam akan bergerak ke daun. Namun sesampainya di daun logam ini akan tetap tinggal, sementara itu air diuapkan oleh daun. Ada dua faktor

penting yang berhubungan erat dengan penyerapan Cd ke dalam jaringan tanaman, yaitu pH air, konsentrasi Cd dalam air dan kandungan mineral dalam air. Pada penelitian ini tanaman bakau yang digunakan sebagai penelitian adalah daunnya (www.google.com). Apabila logam Cd bertemu dengan logam Zn dalam tubuh/tumbuhan maka daya racun Cd akan menurun draktis dan baru dinetralkan oleh tubuh apabila kadar Cd-nya berada dibawah 25 ppm. Cd diatas 25 ppm tidak mampu dihalangi oleh Zn. Kekurangan logam Cd dapat meningkatkan daya racun yang dimiliki Cd dalam tubuh.

4.3.2.2. Konsentrasi Kadmium di perairan (laut) Surabaya

Sedangkan konsentrasi Cd pada air laut berkisar antara 0,199860 – 0,964100 ppm, apabila dibandingkan menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004, sudah melebihi batas maksimum baku mutu air laut untuk biota laut (0,001 ppm) dan konsentrasi Cd tertinggi didapat pada lokasi 6 (Pesisir pantai Wonokromo) sebesar 0,964100. Perairan pantai merupakan tempat berkumpulnya aliran air dari seluruh lokasi sungai yang ada di Surabaya, ini menjelaskan bahwa konsentrasi Cd yang terkandung pada air laut lebih tinggi dari pada air sungai. Pada lokasi 6 (Pesisir Pantai Wonokromo): lokasi ini konsentrasi Cd mengalami peningkatan dikarenakan lokasi ini tempat terkumpulnya aliran air sungai dari lokasi 1, 2, 3, 4 dan 5 yang dimana pada setiap lokasi tersebut banyak terdapat industri-industri yang berpotensi mengeluarkan limbah B3; lokasi 8 (Pesisir pantai Kenjeran): pada lokasi ini merupakan tempat berkumpulnya aliran air dari industri yang ada disekitar Kali Surabaya ; lokasi 9 (Pesisir Kedung Cowek): aliran air sungai dari lokasi 1,2 dan 3 berkumpul

menjadi satu pada lokasi ini meskipun tidak terdapat industri yang menggunakan Cd pada proses produksinya; lokasi 12 (Pesisir pantai Morokrembangan) : lokasi ini tempat berkumpulnya aliran air dari Kali Anak. Konsentrasi logam berat pada suatu perairan dari waktu ke waktu selalu berubah-ubah, konsentrasinya bisa semakin meningkat maupun sebaliknya menurun. Hal ini karena kondisi air laut sangat labil. Adanya pergerakan arus, gelombang, curah hujan dan perubahan kondisi lingkungan yang berlangsung terus menerus akibat masuknya air limbah akan mempengaruhi konsentrasi logam berat dalam air. Limbah buangan yang mengandung logam Cd merupakan bahan buangan yang bersifat anorganik yang mana jenis limbah ini tidak dapat membusuk dan sulit didegradasi oleh mikroorganisme, apabila konsentrasi Kadmium yang terkandung dalam air sungai dan laut tinggi akan berbahaya bagi tubuh manusia, dan air tersebut tidak dapat digunakan sebagai air minum (Wardhana, 2001). Tingginya konsentrasi Cd dalam air ($1 \mu\text{g} - 10 \mu\text{g}$) akan mengakibatkan kerusakan pada ginjal yang mana ginjal merupakan organ yang kritis apabila kelebihan Cd. Kerusakan ginjal yang terjadi akibat dari proses terakumulasinya Cd dalam tubuh. Pada dasarnya konsentrasi Cd dalam air dapat diserap dan dicerna oleh tubuh manusia dalam proporsi sekitar 5 – 10 %.

Konsentrasi Cd dalam sedimen lebih tinggi daripada yang terkandung dalam air laut. Konsentrasi Cd dalam sedimen berkisar 6,846202 – 11,721059 ppm dan yang tertinggi ditemukan pada lokasi 6 (Pesisir Pantai wonokromo). Tingginya konsentrasi logam berat pada sedimen akan menyebabkan : kekeruhan dalam air, mengurangi kemampuan ikan dan organisme lain memperoleh

makanan, insang ikan akan tertutup sedimen, bagian bawah sedimen akan (merusak plankton) yang menjadi pakan ikan, merusak telur ikan, membendung aliran sungai. Hal ini sudah tentu akan berakibat terhadap kehidupan organisme yang ada di dalam air. Konsentrasi logam berat yang tinggi pada sedimen memungkinkan konsentrasi dalam biota juga tinggi. Pada penelitian ini menunjukkan hal yang demikian, lokasi dengan konsentrasi sedimen yang tinggi maka konsentrasi logam dalam biota (eceng gondok, t. Bakau, ikan Belanak dan ikan Gelama) juga tinggi, hal ini akan diperkuat dengan data besaran F_B dan F_D dalam **Gambar 4.12**. Tingginya konsentrasi logam Cd dalam biota juga dibuktikan dengan teori yang menyatakan bahwa bioakumulasi logam berat yang dilakukan oleh biota air akan menyebabkan kadarnya dalam tubuh lebih besar dibandingkan dengan air maupun sedimen (Hutagalung,1984). Demikian juga halnya dengan unsur logam berat yang terabsorpsi oleh biota laut (ikan), meskipun prosesnya lambat namun apabila berlangsung terus menerus dalam jangka waktu yang lama, maka proses akumulasi yang terjadi akan menghasilkan konsentrasi logam Cd yang cukup tinggi dalam tubuh organisme. Proses akumulasi logam berat akan jauh lebih cepat melalui rantai makanan yang telah tercemar dari pada di dalam air. Cd berbahaya apabila diserap oleh hewan air (ikan) melalui insang dan saluran pencernaan, jika hewan air tersebut tahan terhadap konsentrasi logam yang tinggi maka logam itu dapat tertimbun di dalam jaringannya terutama hati dan ginjal pada konsentrasi 1 $\mu\text{g/g}$ (0,1 – 1 $\mu\text{g/g}$). Logam ini juga berkaitan dengan protein sehingga disebut *metalotionein* yang bersifat agak permanen dan mempunyai waktu paruh cukup lama (*biological half*

life). Keracunan kronis Cd lebih sering dijumpai di lapangan pada manusia, ini erat hubungannya dengan kualitas lingkungan yang menurun. Pada manusia Keracunan akan mengakibatkan gangguan pada organ dalam hati, ginjal, kerusakan pada tulang apabila termakan/terminum dari bahan yang tereemar Cd dengan gejala : mual, muntah, diare, kejang perut, dan pusing, yang mana Cd akan menghambat kerja dari *selfhydril enzym*, dan diduga sebagai karsinogen. Kadmium bersifat kumulatif dan sangat toksik bagi manusia dapat mengakibatkan gangguan fungsi ginjal dan paru-paru, meningkatkan tekanan darah dan mengakibatkan kemandulan pada pria dewasa (Effendi, 1999).

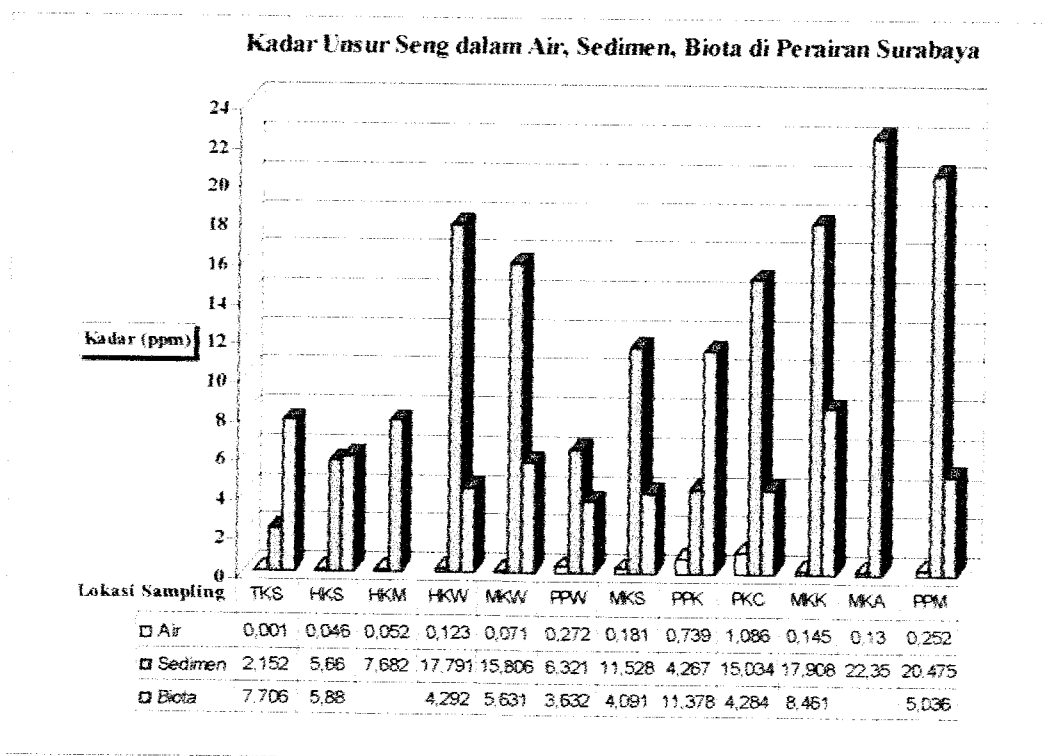
Tetapi sampai sekarang belum ada bukti secara ilmiah yang menyatakan bahwa manusia akan terkontaminasi kadmium melalui rantai makanan, kebanyakan yang terjadi adalah keracunan kadmium melalui debu serta uap yang sebagian besar dari kondisi pekerjaan (bekerja di industri yang menggunakan/menghasilkan kadmium) dan berakibat keracunan akut (gangguan pernafasan), sedangkan efek kronis yang ditimbulkan apabila konsentrasi kadmium yang terdapat dalam tubuh mencapai 20 µg/l namun itupun akan terlihat setelah sekitar 20 tahun. Apabila logam Cd bertemu dengan logam Zn dalam tubuh maka daya racun Cd akan menurun drastis dan baru dinetralkan oleh tubuh apabila kadar Cd-nya berada dibawah 25 ppm. Cd diatas 25 ppm tidak mampu dihalangi oleh Zn. Kekurangan logam Zn dapat meningkatkan daya racun yang dimiliki dalam tubuh.

Nilai presisi pada penelitian ini menerangkan homogenisasi pada cuplikan yang diteliti pada saat preparasi. Didapatkan nilai keseksamaan (presisi) hasil

perhitungan konsentrasi logam berat Cd dalam air, sedimen dan biota di perairan Surabaya, seperti yang ditunjukkan oleh *Lampiran C2*, dalam penelitian ini presisi air cukup baik berkisar 50,99 % - 100 % walaupun ada sebagian lokasi yang masih dibawah 50 %. Untuk presisi dalam sedimen cukup baik, berkisar antara 64,03 % - 90,93 %, sedangkan untuk biota presisi dikatakan belum cukup baik karena nilai yang didapat dalam pengukuran berkisar 24,44 % - 66,88 %. Rendahnya nilai presisi dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain: Kesalahan pada saat penghomogenan cuplikan; cara membaca data yaitu lama pencacahan sampai foton γ memenuhi statistik. Presisi akan menjadi baik apabila variasi hasil yang diperoleh dari hasil penelitian tersebut dilakukan secara berulang-ulang. Meskipun didalam pelaksanaan analisis sudah dilakukan perulangan sebanyak 3 kali (*triple*), tetapi ada sebagian yang tidak terdeteksi (nilai *netto* cuplikan lebih kecil dari standar sekunder) hal ini juga kemungkinan yang mempengaruhi nilai presisinya rendah.

4.3.3. Konsentrasi Unsur Seng (Zn)

Seng merupakan suatu unsur penting untuk semua makhluk hidup, dari manusia sampai mikroorganisme yang paling kecil, tetapi apabila kelebihan akan bersifat toksik pada manusia. Seng telah digunakan secara alami untuk suatu peranan tertentu dalam berbagai reaksi biologi. Apabila seng hadir di perairan permukaan akhirnya tersimpan di dalam sedimen sungai, kawasan pantai dan muara dengan konsentrasi yang tinggi akan mengakibatkan penurunan kualitas dari perairan itu sendiri. Bagaimanapun, banyak faktor yang menyebabkan akumulasi seng dalam air seperti temperatur dan kekuatan badan air penerima untuk mendegradasi unsur. Berikut ini merupakan hasil penelitian logam seng yang terkandung dalam air, sedimen dan biota.



Gambar 4.9. Grafik konsentrasi Seng dalam air, sedimen dan biota

Kode lokasi

1. TKS : Tengah Kali Surabaya

7. MKS : Muara Kali Sari

- | | |
|-----------------------------------|---|
| 2. IKS : Hilir Kali Surabaya | 8. PPK : Pesisir Pantai Kenjeran |
| 3. IKM : Hulu Kali Mas | 9. PKC : Pesisir Kedung Cowek |
| 4. HKW : Hulu Kali Wonokromo | 10. MKK : Muara Kali Kedinding |
| 5. MKW : Muara Kali Wonokromo | 11. MKA : Muara Kali Anak |
| 6. PPW : Pesisir Pantai Wonokromo | 12. PPM : Pesisir Pantai Morokrembangan |

Dari *Gambar 4.9*, konsentrasi Seng (Zn) terdeteksi pada cuplikan air dan sedimen di seluruh lokasi penelitian, hanya saja untuk cuplikan biota di lokasi 3 dan 11 tidak terdapat biota sehingga tidak dapat dibandingkan.

4.3.3.1. Konsentrasi Seng di perairan (sungai) Surabaya

Berdasarkan data kuantitatif dari *Gambar 4.9*, terlihat bahwa konsentrasi Zn dalam air sungai berkisar antara 0,00154 – 0,181933 ppm, apabila dibandingkan menurut Perda Kota Surabaya No. 02 Tahun 2004 sesuai dengan penetapan klasifikasinya (Kelas I : 0,05 ppm dan kelas IV : 2 ppm) adalah lokasi 4 (Hulu Kali Wonokromo), maka lokasi yang sudah melebihi batas ambang adalah lokasi 4 (Hulu Kali Wonokromo). Tingginya konsentrasi Zn pada lokasi 4 diduga disebabkan aliran sungai dari lokasi 1 dan 2 mengalir sampai ke lokasi ini, pada lokasi 1 dan 2 terdapat industri yang menggunakan Zn pada proses produksinya. Semua komponen pencemar tersebut (secara umum berupa komponen fisik, kimia, mikrobiologi) yang saling mendukung terjadinya proses pencemaran sungai dan pantai. Demikian pula adanya keterkaitan antara pencemaran yang dipengaruhi oleh faktor alam maupun dari aktifitas/kegiatan manusia (limbah domestik) dapat menambah beban pencemaran pada perairan. Kadar seng pada air minum sebaiknya tidak lebih dari 5 mg/l. Toksisitas seng menurun dengan meningkatnya suhu dan menurunnya oksigen terlarut. Konsentrasi Zn pada air sungai lebih kecil bila dibandingkan yang terkandung dalam sedimen. Konsentrasi

Zn pada sedimen berkisar antara 2,152059 – 22,350659 ppm, konsentrasi tertinggi ditemukan pada lokasi 11 (Muara Kali Anak). Peningkatan sedimen pada perairan akibat dari kurangnya oksigen yang terkandung dalam perairan dan mengakibatkan daya larut logam berat menjadi lebih rendah dan lebih mudah mengendap. Tingginya konsentrasi Zn pada sedimen akan menyebabkan peningkatan kekeruhan air dan dapat mengganggu organisme yang memerlukan cahaya untuk hidupnya. Pada daerah-daerah yang kekurangan oksigen, daya larut logam berat menjadi lebih rendah dan lebih mudah mengendap (Supriharyono, 1984). Dari data Jasa Tirta tahun 2003, hasil kegiatan pemantauan kualitas air di DPS Kali Brantas kota Surabaya menjelaskan bahwa sungai di sekitar daerah Karangpilang, Kali Sepanjang, Gunungsari dan Kali Mas kekurangan oksigen (DO rendah). Tingginya sedimen akan menyebabkan peningkatan kekeruhan air dan mengganggu organisme yang memerlukan cahaya untuk hidupnya. Hal ini menunjukkan bahwa akumulasi tertinggi dari logam berat terjadi pada sedimen dan memberikan petunjuk bahwa sebagian besar senyawa pada logam berat yang masuk ke perairan sungai Surabaya berbentuk endapan dan hanya sebagian kecil yang terlarut dalam air. Dikemukakan dugaan, bahwa logam berat dalam perairan, baik yang berasal dari sungai, laut maupun dari organisme yang hidup dan mati pada fase akhir akan mengendap ke sedimen dasar perairan, sehingga pencemaran sungai akan mirip dengan pencemaran di pantai hal ini akan diperkuat dengan data besaran F_B dan F_D dalam *Gambar 4.12*. Tingginya konsentrasi Zn pada sedimen memungkinkan tingginya konsentrasi pada biota, pada penelitian ini konsentrasi Zn pada eceng gondok: lokasi 1 (7,706584 ppm), lokasi 2 (5,880655

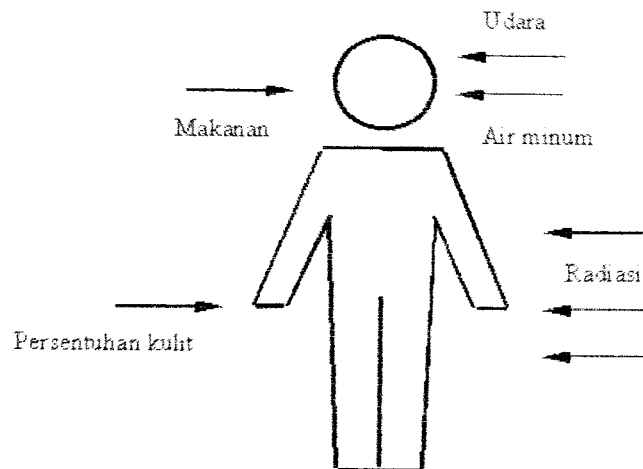
ppm), lokasi 4 (4,4217 ppm), lokasi 5 (5,631794 ppm) dan lokasi 10 (8,461782 ppm) ; sedangkan pada tanaman bakau: lokasi 7 (4,091149 ppm), pada cuplikan biota konsentrasi tertinggi ditemukan pada eceng gondok lokasi 10.

4.3.3.2. Konsentrasi Seng di perairan (laut) Surabaya

Sedangkan untuk air laut konsentrasi Zn di seluruh lokasi pantai sudah melebihi standar baku mutu menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Thn. 2004 bagi air laut untuk biota laut (0,05 ppm). Konsentrasi Zn pada air laut lebih besar bila dibandingkan pada air sungai, dengan beragamnya industri yang menggunakan bahan baku Zn pada proses produksinya yang membuang limbah di perairan sungai serta limbah kegiatan domestik yang dapat mencemari sungai secara alami dan akhirnya akan mengumpul menjadi satu di pesisir pantai juga menjadikan faktor tingginya konsentrasi Zn di perairan laut. Kegiatan industri juga diduga menjadi salah satu penyebab tingginya konsentrasi Zn di beberapa lokasi 6, 8, 9 dan 12 tempat berkumpulnya aliran sungai dari lokasi 1,2,3,4,5,7, dan lokasi 11. Konsentrasi Zn lebih banyak mengendap pada sedimen, dari hasil penelitian didapatkan lokasi 6 (6,321511 ppm), lokasi 8 (4,267273 ppm), lokasi 9 (15,034943 ppm), dan lokasi 12 (20,475004 ppm). Konsentrasi tertinggi ditemukan pada lokasi 12 (Pesisir Pantai Morokrembangan), namun belum adanya peraturan mengenai ambang batas sedimen pada perairan. Untuk cuplikan biota , ikan Belanak: lokasi 6 (3,632428 ppm), lokasi 8 (11,378225 ppm) dan lokasi 12 (5,036346 ppm) ; ikan Gelama: lokasi 9 (4,284197 ppm), konsentrasi Zn tertinggi pada ikan Belanak (*Moolgarda delicatus*) di lokasi 8 (Pesisir Pantai Kenjeran). Konsentrasi Zn pada biota (ikan) dari keterangan diatas

belum melebihi batas maksimum menurut Keputusan Direktur Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan Nomor 03725/B/SK/VII/89 tentang batas maksimum cemaran logam berat Zn yang diperkenankan (100 ppm).

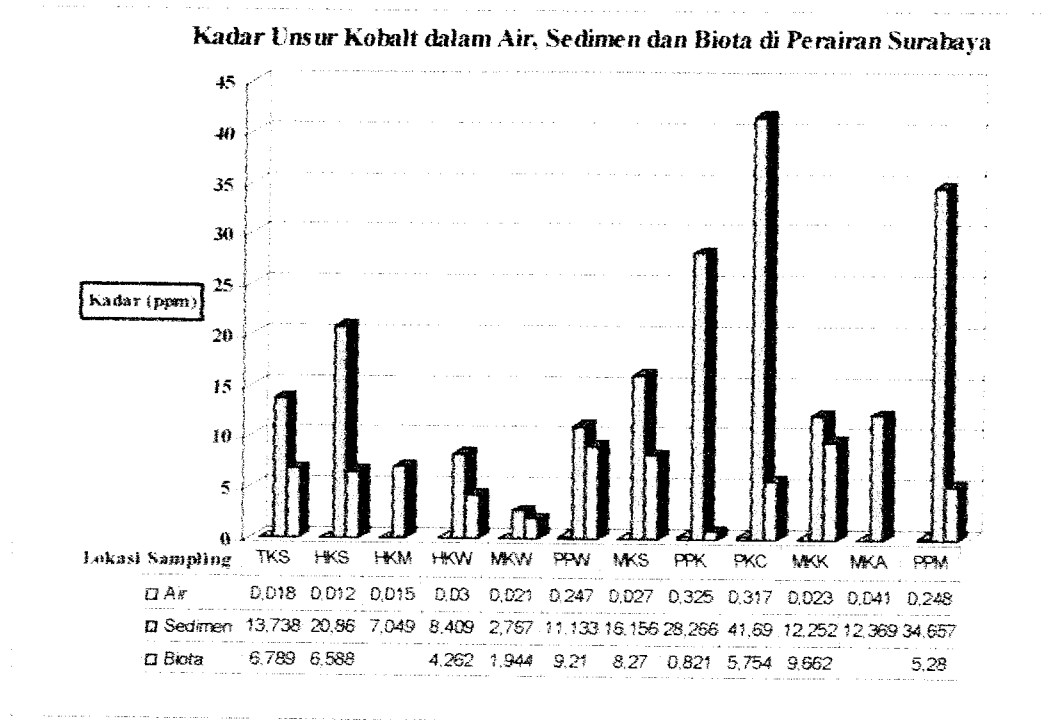
Penyebaran tingginya konsentrasi logam pada ikan melalui rantai makanan, dimana ikan dapat mengakumulasi logam ke dalam tubuhnya melalui insang dengan membawa logam berat dan pada saat air dikeluarkan lagi logam pencemar tertinggal di dalam alat pernapasan hewan tersebut. Proses ini berlanjut terus sampai pada suatu saat terdapat endapan logam berat yang cukup besar di tubuh ikan. Meskipun prosesnya lambat namun apabila berlangsung terus menerus dalam jangka waktu yang lama, maka proses akumulasi yang terjadi akan menghasilkan kandungan logam berat yang cukup tinggi dalam tubuh ikan. Proses akumulasi logam berat akan jauh lebih cepat melalui rantai makanan yang telah tercemar dari pada di dalam air, melalui akumulasi tersebut konsentrasi logam berat akan tinggi di dalam ikan. Toksisitas seng bagi organisme akuatik (algae, avertebrata dan ikan) sangat bervariasi, < 1 mg/l hingga > 100 mg/l (Effendi, 2003). Keracunan Zn sering dijumpai pada hewan yang hidup di daerah yang tercemar unsur ini, dan keracunan Zn ini juga terjadi bersamaan dengan keracunan Cd secara kronis. Defisiensi seng akan terlihat pada hewan dengan gejala peradangan pada hidung dan mulut dan pembengkakan persendian. Zn merupakan racun protoplasma, dimana seng merupakan penyebab pneumonitis dan menyebabkan dermatitis jika kontak dengan kulit (Bapedal, 1994). keracunan Zn ini juga terjadi bersamaan dengan keracunan Cd secara kronis.



Gambar 4.10. Cara logam berat memasuki tubuh

Nilai keseksamaan (presisi) hasil perhitungan konsentrasi logam berat Zn dalam air, sedimen dan biota di perairan Surabaya seperti yang ditunjukkan pada *Lampiran C2*, dalam penelitian ini presisi air berkisar 66,47 % - 100 % sudah dapat dikatakan cukup baik. Sedangkan presisi dalam sedimen kurang baik, berkisar antara 58,42 % - 74,10 %, sedangkan untuk biota presisi yang didapat dalam pengukuran berkisar 45,41 % - 72,84 %. Rendahnya nilai presisi dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain: Kesalahan pada saat penghomogenan cuplikan; cara membaca data yaitu lama pencacahan sampai foton γ memenuhi statistik. Presisi akan menjadi baik apabila variasi hasil yang diperoleh dari hasil penelitian tersebut dilakukan secara berulang-ulang. Meskipun didalam pelaksanaan analisis sudah dilakukan perulangan sebanyak 3 kali (triple), tetapi ada sebagian yang tidak terdeteksi (nilai netto cuplikan lebih kecil dari standar sekunder) hal ini juga kemungkinan yang mempengaruhi nilai presisinya rendah.

4.3.4. Konsentrasi Unsur Kobalt (Co)



Gambar 4.11. Grafik konsentrasi Kobalt dalam air, sedimen dan biota

Kode lokasi

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

Dari *Gambar 4.11.* diatas konsentrasi unsur Kobalt pada cuplikan air dan sedimen terdeteksi di semua lokasi, hanya saja pada cuplikan biota pada lokasi 3 dan 11 tidak terdapat biota yang dapat dijadikan cuplikan penelitian, sehingga tidak dapat dibandingkan.

4.3.4.1. Konsentrasi Kobalt di perairan (sungai) Surabaya

Dari analisis kuantitatif pada *Gambar 4.11.* konsentrasi Co pada air sungai berkisar 0,018033 – 0,041833 ppm, apabila dibandingkan menurut Perda

Kota Surabaya No. 02 Tahun 2004 belum melebihi batas maksimum baku mutu air sesuai dengan penetapan klasifikasinya (Kelas I dan IV : 0,2 ppm). Keracunan kobalt dapat terjadi apabila air yang terminum mengandung Co 150 ppm atau lebih. Dengan tingginya konsentrasi Co pada perairan sungai memungkinkan konsentrasi Co dalam biota juga tinggi, terlihat jelas dari *Gambar 4.11*. konsentrasi Co dalam cuplikan sedimen lebih tinggi apabila dibandingkan dengan konsentrasi Co pada air dan biota. Konsentrasi Co pada sedimen berkisar antara 2,767944 – 13,738199 ppm, dan konsentrasi tertinggi pada lokasi 1 (Tengah Kali Surabaya). Konsentrasi Co lebih banyak mengendap pada sedimen, namun belum adanya peraturan yang mengatur mengenai ambang batas sedimen di perairan. Peningkatan sedimen pada perairan akibat dari kekurangan oksigen pada masing-masing lokasi penelitian yang mengakibatkan daya larut logam berat menjadi lebih rendah dan lebih mudah mengendap. Ini dijelaskan dari data Jasa Tirta tahun 2003, hasil kegiatan pemantauan kualitas air di DPS Kali Brantas kota Surabaya menjelaskan bahwa sungai di sekitar daerah Karangpilang, Kali Sepanjang, Gunungsari dan Kali Mas kekurangan oksigen (DO rendah). Tingginya sedimen akan menyebabkan peningkatan kekeruhan pada air dan mengganggu organisme yang memerlukan cahaya untuk hidupnya. Tingginya konsentrasi sedimen ini telah menjadi faktor utama penyebab penurunan daya dukung ekosistem di perairan. Peningkatan beban sedimen ini terutama disebabkan oleh meningkatnya laju erosi dari aktivitas-aktivitas yang ada di daratan.

Dari *Gambar 4.11*. dapat terlihat konsentrasi logam berat Co pada cuplikan eceng gondok : lokasi 1 (6,789487 ppm), lokasi 2 (6,588399 ppm),

lokasi 4 (4,262903 ppm), lokasi 5 (1,944979 ppm), lokasi 10 (9,662924 ppm); T. Bakau : lokasi 7 (8,270313 ppm). Dari analisis kuantitatif tersebut, konsentrasi tertinggi pada eceng gondok (*Eichhornia crassipes (Mart) Solms*) di lokasi 10 (Muara Kali Kedinding) dengan konsentrasi sebesar 9,662924 ppm. Konsentrasi Kobalt pada cuplikan biota lebih tinggi daripada yang terkandung dalam air. Ini disebabkan terjadinya proses akumulasi antara air, sedimen, biota yang akhirnya sampai juga ke manusia.

4.3.4.2. Konsentrasi Kobalt di perairan (laut) Surabaya

Sedangkan pada air laut konsentrasi tertinggi pada lokasi 9 (Pesisir Pantai Kenjeran) dengan konsentrasi sebesar 0,325267 ppm tetapi batas ambang unsur Co dalam air laut tidak terdapat dalam Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004. Apabila dilihat dari konsentrasi Co pada seluruh lokasi, konsentrasi terbesar ada pada wilayah pesisir pantai, hal ini disebabkan seluruh aliran air dari sungai akan berkumpul ke wilayah pesisir dan akhirnya akan menyatu di selat Madura. Dari data industri yang berpotensi mengeluarkan limbah B3, di sekitar lokasi penelitian tidak terdapat industri yang menggunakan logam Kobalt pada proses produksinya. Keracunan kobalt dapat terjadi apabila air yang terminum mengandung Co 150 ppm atau lebih. Konsentrasi Co pada cuplikan sedimen lebih tinggi daripada yang terkandung dalam air dan biota, konsentrasi sedimen berkisar antara 11,133185 – 41,6905745 ppm yang tertinggi pada lokasi 9 (pesisir kedung Cowek). Tingginya tingkat beban sedimen akan menyebabkan perubahan integritas ekologis dan peranan daerah tersebut dalam ekosistem pesisir.

Pada cuplikan biota laut ikan Belanak : lokasi 6 (9,210919 ppm), lokasi 8 (0,821843 ppm) dan lokasi 12 (5,280903 ppm); sedangkan konsentrasi Co pada ikan Gelama : lokasi 9 (5,754141 ppm). Untuk ambang batas konsentrasi Co dalam biota (ikan) tidak terdapat dalam Keputusan Direktur Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan Nomor 03725/B/SK/VII/89. Dari analisis kuantitatif tersebut, konsentrasi tertinggi pada eceng gondok (*Eichhornia crassipes (Mart) Solms*) di lokasi 10 (Muara Kali Kedinding) dengan konsentrasi sebesar 9,662924 ppm.

Konsentrasi Co pada cuplikan biota lebih tinggi daripada yang terkandung dalam air. Ini disebabkan terjadinya proses akumulasi antara air, sedimen, biota yang akhirnya sampai juga ke manusia. Tingginya konsentrasi Co pada ikan karena ikan secara tetap mengkonsumsi bahan buangan (mengandung logam), kemudian terakumulasi ke dalam tubuh yang semakin lama konsentrasi logam dalam tubuhnya semakin besar. Walaupun konsentrasi yang ada di air kecil namun bisa jadi menjadi besar konsentrasinya setelah dikonsumsi oleh ikan melalui proses akumulasi. Proses akumulasi logam berat akan jauh lebih cepat melalui rantai makanan yang telah tercemar dari pada di dalam air. Akumulasi melalui rantai makanan dimana logam pencemar masuk ke dalam tubuh suatu organisme (mis. plankton/tanaman air) melalui endapan pada dasar laut. Kemudian organisme tersebut dimakan oleh organisme lain (ikan kecil) dan organisme ini dimakan oleh organisme lainnya lagi (ikan besar). Peristiwa ini terjadi secara beruntun sehingga konsentrasi tertinggi logam berat terdapat pada organisme konsumen terakhir, yaitu manusia.

Sebenarnya tubuh manusia memerlukan Co dalam jumlah yang sangat sedikit untuk proses pembentukan butir darah merah. Co dalam jumlah tertentu dibutuhkan tubuh melalui vitamin B-12 yang dimakan manusia. Dari analisis data Co dalam tubuh manusia terdapat 0,07 - 0,36 $\mu\text{g/l}$ darah. Keracunan Co dapat terjadi apabila makanan dan minuman mengandung Co 150 ppm atau lebih. Co yang masuk ke dalam tubuh dalam jumlah yang banyak akan merusak kelenjar gondok, tekanan darah menjadi tinggi, pergelangan kaki membengkak (*oedema*). Penyakit jantung juga dapat terjadi pada anak-anak yang sedang mengalami masa pertumbuhan (Darmono, 1995). Wabah keracunan Co pernah terjadi di Amerika pada tahun 1964 - 1966. Warga kota Nesbraka dan Ohama banyak menderita kelainan pada otot jantung primer. Penyebabnya diketahui bahwa warga memiliki kegemaran minum bir dengan merk yang sama (Slamet, 1995). Co yang masuk ke dalam tubuh dalam jumlah yang banyak akan merusak kelenjar gondok sehingga penderita akan kekurangan hormon kelenjar gondok.

Nilai keseksamaan (presisi) hasil perhitungan konsentrasi logam berat Co dalam air, sedimen dan biota di perairan Surabaya, seperti yang ditunjukkan oleh *Lampiran C2* dalam penelitian ini presisi air yang didapat cukup baik berkisar 67,39 % - 100 % walaupun ada sebagian lokasi yang masih dibawah 50 %. Untuk presisi dalam sedimen cukup baik, berkisar antara 63,34 % - 99,63 %, sedangkan untuk biota presisi dikatakan belum cukup baik karena nilai didapat dalam pengukuran berkisar 37,54 % - 68,67 %. Rendahnya nilai presisi dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain: Kesalahan pada saat penghomogenan cuplikan; cara membaca data yaitu lama pencacahan sampai foton γ memenuhi statistik. Presisi

akan menjadi baik apabila variasi hasil yang diperoleh dari hasil penelitian tersebut dilakukan secara berulang-ulang. Meskipun didalam pelaksanaan analisis sudah dilakukan perulangan sebanyak 3 kali (*triple*), tetapi ada sebagian yang tidak terdeteksi (nilai *netto* cuplikan lebih kecil dari standar sekunder) hal ini juga kemungkinan yang mempengaruhi nilai presisinya rendah.

Jika terdapat perbedaan konsentrasi logam berat As, Cd, Zn atau Co yang terdapat di dalam cuplikan pada masing-masing lokasi, diduga hal ini disebabkan oleh beberapa faktor antara lain;

1. Perbedaan kecepatan arus air.

Tingginya kecepatan arus air pada daerah tertentu mempengaruhi terhadap distribusi beberapa logam pada sedimen dan eceng gondok, tanaman bakau dan ikan. Semakin tinggi kecepatan arus maka semakin sulit terjadinya pembentukan endapan sungai (sedimen) dan juga semakin sulit untuk diikat oleh tanaman.

2. Perbedaan tingkat keasaman (pH).

Tingkat keasaman mempengaruhi terhadap pengendapan suatu logam. Semakin tinggi pH suatu perairan menyebabkan semakin mudah terjadinya pengendapan suatu logam (Underwood, 1994), jika pada perairan tersebut terjadi kenaikan pH. Jika besar pH air sungai dan laut dari berbagai lokasi berbeda, maka dimungkinkan terjadi perbedaan kecepatan pengendapan logam, sehingga kadar logam dalam sedimen berbeda. Dari data sampling, pH di masing-masing lokasi melebihi konsentrasi normal (6,5 - 7,5) untuk memenuhi syarat suatu kehidupan organisme dalam air. Untuk data sampling dapat di lihat pada *Lampiran BI*.

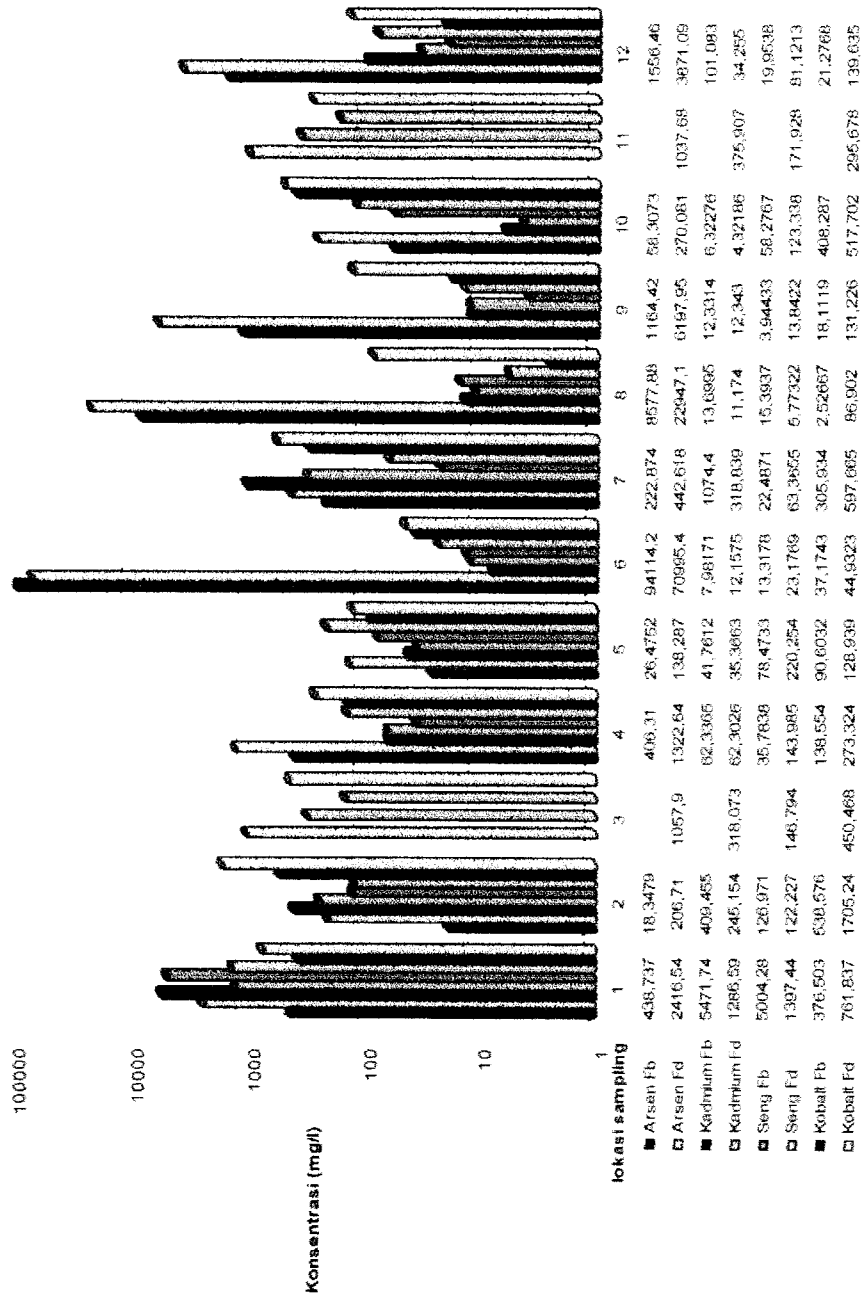
3. Umur atau besar tanaman :

Faktor umur maupun besar tanaman mempengaruhi jumlah logam yang terserap/terikat pada tanaman, semakin tua atau besar tanaman semakin besar pula kebolehan jadiannya menyerap/mengikat logam oleh tanaman.

4.4. Faktor Bioakumulasi dan Faktor Distribusi

Untuk menghitung faktor bioakumulasi unsur logam berat dalam biota serta faktor distribusi unsur logam berat tersebut dalam sedimen sungai dan laut, diperlukan data konsentrasi yang terkandung dalam kedua cuplikan tersebut. Hasil perhitungan faktor bioakumulasi logam berat dalam cuplikan biota dan faktor distribusi logam berat pada sedimen ditunjukkan dalam *Gambar 4.12*. berikut ini:

Hasil analisis Faktor Bioakumulasi & Distribusi di perairan Surabaya



Gambar 4.12. Grafik faktor bioakumulasi dan distribusi

Pada penelitian ini (*Gambar 4.12.*) unsur Arsen (As) harga $F_D > F_B$; unsur Kadmium (Cd) harga $F_B > F_D$; unsur Seng (Zn) harga $F_D > F_B$ dan unsur Kobalt (Co) harga $F_D > F_B$; ini menunjukkan bahwa distribusi tertinggi dari logam berat terjadi pada sedimen sebagian besar senyawa logam berat yang masuk ke perairan Surabaya berbentuk endapan dan hanya sebagian kecil yang terlarut dalam air. Hal ini sesuai dengan teori, bahwa logam berat dalam perairan, baik yang berasal dari sungai maupun laut dari organisme yang hidup dan mati pada fase akhir akan mengendap ke sedimen dasar perairan, sehingga pencemaran sungai mirip dengan pencemaran di pantai. Selain itu dari *Gambar 4.12.* menunjukkan konsentrasi As, Zn dan Co pada sedimen lebih besar dari pada yang terkandung dalam biota. Ini menunjukkan konsentrasi logam berat di perairan Surabaya lebih banyak terakumulasi dalam sedimen dibanding dalam biota.

Faktor bioakumulasi pada unsur Cd lebih besar dari faktor distribusi, menjelaskan bahwa logam Cd lebih mudah terakumulasi oleh cuplikan biota air dan menerangkan bahwa kemampuan eceng gondok, tanaman bakau serta ikan dalam mengakumulasi unsur-unsur logam berat dari lingkungan lebih besar dibandingkan air dan sedimen. Dengan melihat ketidaksesuaian naik / turunnya konsentrasi logam berat As, Cd, Zn dan Co pada tiap-tiap lokasi yang sama, baik di sedimen maupun biota. Hal ini juga bisa dilihat dari besarnya faktor biakumulasi F_B (biota terhadap air) maupun faktor distribusi F_D (sedimen terhadap air), maka F_B dan F_D harus dilakukan untuk penelitian selanjutnya.

4.5. Uji Akurasi

Uji akurasi menerangkan sejauh mana keakurasian dari alat-alat yang digunakan pada saat analisis, baik alat pada saat preparasi, radiasi sampai pencacahan. Nilai keakurasian dikatakan baik apabila $\geq 90\%$. Keakuratan hasil pengukuran unsur logam berat dalam cuplikan dapat dilihat pada perbandingan hasil pengukuran unsur logam berat dalam standar primer SRM-2704 “*Buffalo Rivers Sediment*” sebagai berikut :

Tabel 4.1. Data perbandingan analisis unsur As, Cd, Zn dan Co dalam SRM-2704 “*Buffalo Rivers Sediment*”

Unsur	Konsentrasi ($\mu\text{g/g}$)		Bias (%)	Akurasi (%)
	Hasil Pengukuran ($\mu\text{g/g}$)	Sertifikat ($\mu\text{g/g}$)		
As	$16,150063 \pm 3,955$	$23,4 \pm 0,8$	30,98	69,02
Cd	$2,139377 \pm 0,839$	$3,45 \pm 0,22$	37,99	62,01
Zn	$23,863585 \pm 0,401729$	438 ± 12	94,55	5,45
Co	$5,487102 \pm 0,003$	$14,0 \pm 0,6$	60,81	39,19

Sumber : Data primer, Januari 2005

Untuk menguji ketepatan metode analisis yang dipergunakan, diperlukan uji akurasi (*accuration*). Hasil uji konsentrasi material acuan SRM-2704 untuk unsur As, Cd, Zn dan Co yang dilakukan dibandingkan dengan konsentrasi yang tertera dalam sertifikat material acuan dan diperoleh akurasi pengukuran konsentrasi As sebesar 69,02 %, Cd sebesar 62,01 %, Zn 5,45 % dan konsentrasi Co 39,19 %. Akurasi pengukuran As, Cd, Zn dan Co belum cukup memadai untuk keperluan analisis kuantitatif, karena berkisar dibawah 90 %, hal ini mungkin disebabkan oleh standar sekunder yang digunakan terlalu kecil (As: 2,25 ppm; Cd: 5 ppm; Zn: 7,5 ppm dan Co: 1,1 ppm) dan dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain penyimpanan cuplikan yang telah diradiasi, ketepatan menimbang atau memipet, dan ada tidaknya kontaminasi pada saat penyiapan. Untuk konsentrasi

unsur Zn standar sertifikat sangat tinggi 438 ppm sedangkan hasil pengukuran yang diperoleh sebesar 23,863585 (untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran C8-4). Hal ini juga yang mempengaruhi keakurasian unsur Zn dalam SRM-2704 terlalu kecil.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil analisis kualitatif cuplikan air sungai, air laut, sedimen, eceng gondok, tanaman bakau, ikan Belanak dan ikan Gelama terdapat unsur As, Cd, Zn dan Co.
2. Pada analisis kuantitatif konsentrasi arsen (As) pada cuplikan air sungai apabila dibandingkan dengan Perda Kota Surabaya No. 02 Tahun 2004, belum melebihi ambang batas yang diijinkan. Sedangkan konsentrasi As pada air laut menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 juga belum melebihi batas maksimum baku mutu air laut untuk biota laut (0,012 ppm). Konsentrasi Arsen dalam sedimen lebih tinggi apabila dibandingkan di dalam air dan biota, ini dibuktikan dengan harga $F_D > F_B$. Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa konsentrasi logam berat pada biota (ikan) telah melebihi batas ambang, apabila dibandingkan menurut Keputusan Direktur Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan No. 03725/B/SK/VII/89 tentang batas maksimum cemaran logam berat As yang diperkenankan (1,0 ppm), cemaran arsen pada ikan terdapat di lokasi 6,8,9 dan 12.

3. Konsentrasi Cd pada air sungai apabila dibandingkan menurut Perda Kota Surabaya No. 02 Tahun 2004, maka konsentrasi Cd sudah melebihi batas maksimum baku mutu air sungai. Tetapi pada lokasi 1 konsentrasi Cd masih dibawah batas ambang. Untuk air laut apabila dibandingkan menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004, sudah melebihi batas maksimum baku mutu air laut untuk biota laut (0,001 ppm). Konsentrasi dalam sedimen lebih tinggi apabila dibandingkan dengan konsentrasi dalam air. Sedangkan konsentrasi Cd pada biota lebih tinggi apabila dibandingkan dengan konsentrasi air dan sedimen. Tetapi batas konsentrasi logam berat Cd pada biota (ikan) tidak terdapat pada Keputusan Direktur Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan No. 03725/B/SK/VII/89.
4. Konsentrasi Zn apabila dibandingkan menurut Perda Kota Surabaya No. 02 Tahun 2004 yang sudah melebihi ambang batas adalah lokasi Hulu Kali Wonokromo. Untuk konsentrasi Zn pada air laut sudah melebihi standar baku mutu menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Thn. 2004 air laut untuk biota laut (0,05 ppm). Konsentrasi Zn lebih banyak mengendap pada sedimen, daripada yang terkandung dalam air dan biota. Konsentrasi Zn pada biota (ikan) belum melebihi batas maksimum menurut Keputusan Direktur Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan Nomor 03725/B/SK/VII/89 tentang batas maksimum cemaran logam berat Zn yang diperkenankan (100 ppm).
5. Konsentrasi Co pada air sungai apabila dibandingkan dengan menurut Perda Kota Surabaya No. 02 Tahun 2004 belum melebihi konsentrasi maksimum

baku mutu air sungai, sedangkan pada air laut konsentrasi Co tidak dapat dibandingkan dengan standar baku mutu menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Thn. 2004 bagi air laut untuk biota laut karena tidak ada dalam peraturan tersebut. Konsentrasi Co lebih banyak mengendap pada sedimen. Konsentrasi Co pada biota (ikan) tidak terdapat dalam Keputusan Direktur Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan Nomor 03725/B/SK/VII/89.

6. Pada penelitian ini unsur As, Zn dan Co didapat harga $F_D > F_B$; menunjukkan bahwa distribusi tertinggi dari logam berat terjadi pada sedimen yang memberikan petunjuk bahwa sebagian besar senyawa logam berat yang masuk ke perairan Surabaya berbentuk endapan dan hanya sebagian kecil yang terlarut dalam air. Sedangkan pada unsur Cd harga $F_B > F_D$ yang menjelaskan bahwa cuplikan biota (eceng gondok, tanaman bakau dan ikan) dalam mengakumulasi unsur-unsur logam berat dari lingkungan lebih besar dibandingkan air dan sedimen.
7. Hasil uji kadar material acuan SRM-2704 untuk unsur As, Cd, Zn dan Co yang dilakukan dibandingkan dengan kadar yang tertera dalam sertifikat material acuan dan diperoleh akurasi pengukuran kadar As sebesar 69,02 %, kadar Cd sebesar 62,01 %, kadar Zn 5,45 % dan kadar Co 39,19 %. Akurasi pengukuran As, Cd, Zn dan Co belum cukup memadai untuk keperluan analisis kuantitatif, karena berkisar dibawah 90 %.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat diajukan saran-saran sebagai berikut :

1. Semakin banyak dikomsumsinya ikan sebagai makanan maka perlu dibuat suatu baku mutu tentang batas maksimum pencemaran logam berat As, Cd, Zn dan Co dalam ikan.
2. Perlu dibuat draft baku mutu batas ambang logam berat dalam sedimen, karena pada penelitian kandungan sedimen cukup tinggi.
3. Logam berat dari hasil industri yang masuk ke dalam lingkungan akan berpengaruh terhadap masyarakat sehingga perlu dilakukan suatu pengolahan limbah industri sebelum limbah tersebut masuk ke dalam lingkungan.
4. Perlu adanya bank data penelitian lebih lanjut tentang kadar logam berat yang lain pada cuplikan air, sedimen dan ikan atau sampel yang lain di perairan Surabaya dengan metode aktivasi neutron.
5. Pengambilan cuplikan dilakukan tidak pada satu daerah tetapi disarankan di beberapa daerah terdekat sebagai pembanding.
6. Penelitian perlu dilengkapi data beberapa faktor, antara lain : kecepatan arus air, perkiraan besar/umur tanaman, jarak pengambilan cuplikan dari poros sungai.
7. Hendaknya pemerintah setempat lebih tegas dalam menyikapi permasalahan pencemaran air sungai dan laut yang mengakibatkan menurunnya kualitas air didaerahnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1997. *Rencana Teknik Ruang Kota Unit Lingkungan Krembangan Selatan, Kemayoran, Krembangan Utara dan Perak Timur Unit Pengembangan Kembang Jepun*. Pemerintah Kota Madya Daerah Tingkat II, Surabaya.
- Anonim, 2003. *Data Industri Kecil Menengah Propinsi Jawa Timur Tahun 2002*. Dinas perindustrian dan Perdagangan Propinsi Jawa Timur, Subdin Penyusunan Program, Nopember 2003, Surabaya.
- Anonim, 1994. *Laporan Akhir Studi Tata Guna Tanah Sepanjang Kiri Kanan K. Surabaya, K. Wonokromo dan K. Kedurus*. Perusahaan Umum Jasa Tirta.
- Anonim. *Pemetaan Industri yang Berpotensi Tercemar se Jatim*. Pemerintah Propinsi Jawa Timur Dinas Perindustrian dan Perdagangan, Surabaya.
- Anonim, 1994. Studi Inventarisasi "Industri berpotensi mengeluarkan limbah Bahan berbahaya dan Beracun (B3) di Jawa Timur.
- Connell, DW, 1995. *Bioakumulasi Senyawa Xenobiotik*, Penerjemah Yanti R.H. Koestoer, UI Press, Jakarta.
- Dahuri, M.S., Rais. Msc., Ginting . Msc., Sitepu. Dr., 2001. *Pengelolaan Sumber Daya Wilayah Pesisir dan Kelautan Secara Terpadu*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Darmono, 2001. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran "Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam"*, Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- Darmono, 1995. *Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*, Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- Effendi, 2003. *Telaah kualitas Air "Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan"*, Kanisius Yogyakarta.

- Erdtman, G and Soyka. W. (1979). *The Gamma Ray Of The Radionuclides : Tables For Applied Gamma Ray Spectrometry*. Wienheim, New York: Verlag Chemie.
- Palar.H., 1994. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*, Rineka Cipta, Jakarta.
- Shreeve, S.M, 1975. *Chemical Process Industries*, Fourth Ed, Inter-Student Ed, Mc. Grow Hill Inc.
- Ruslan.H., 1983. *Ekologi Lingkungan Pencemaran* Cetakan III, Satya Wacana, Semarang.
- Rosbach, M, 1995. *Bioindicator From Terrestrial Ecosystem For Env. Monitoring*, Germany
- Slamet, J.S. 1995. *Kesehatan Lingkungan*. UGM Press, Yogyakarta.
- Sumardi, 2001. *Validitas Metode Analisis*. Pelatihan Asesor Laboraturium, Badan Standarisasi Nasional, Yogyakarta.
- Susetyo, W, 1998. *Spektrometri Gamma & Penerapannya dalam Analisis pengaktifan Neutron*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Taftazani, dkk, 2001. *Unjuk Kerja AANI Pada Analisis Logam Berat Dalam Cuplikan Lingkungan*, Prosiding Seminar Sains dan Teknologi Nuklir P3TkN – BATAN Bandung, 26 – 27 Juni 2001
- Taftazani, dkk, 2003. *Evaluasi Sebaran Logam Berat Hg, Cd, Cr dan Co dalam Cuplikan Air, Sedimen dan Eceng Gondok di Lokasi Perairan Surabaya III*, Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir, P3TM – BATAN 08 Juli 2003, Yogyakarta.
- Wardhana, 1999. *Dampak Pencemaran Lingkungan “dengan kata sambutan Menteri Negara Lingkungan Hidup/Kepala BAPEDAL”*, Andi Offset, Yogyakarta.
- Wardhana, 2001. *Dampak Pencemaran Lingkungan “Edisi Revisi”*, Andi Offset, Yogyakarta.

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

PENETAPAN KELAS AIR SUNGAI/SALURAN/WADUK

NO.	NAMA SUNGAI/SALURAN/WADUK	PENETAPAN KLASIFIKASI
1.	Kali Lamong	Kelas IV
2.	Kali Sememi	Kelas III
3.	Kali Kandangan	Kelas III
4.	Kali Balong	Kelas IV
5.	Kali Krembangan	Kelas IV
6.	Kali Anak	Kelas IV
7.	Kali Greges	Kelas IV
8.	Kali Darmo	Kelas IV
9.	Kali Dinoyo	Kelas III
10.	Kali Bendul Merisi	Kelas III
11.	Kali Soma	Kelas III
12.	Kali Medokan	Kelas III
13.	Kali Wonorejo	Kelas IV
14.	Kali Rungkut	Kelas III
15.	Kali Kebonagung	Kelas III
16.	Saluran Kalibokor	Kelas III
17.	Saluran Kalidami	Kelas III
18.	Kali Kepiting	Kelas III
19.	Kali Pegirikan	Kelas IV
20.	Saluran Tambak Wedi	Kelas III
21.	Kali Jeblokan	Kelas III
22.	Kali Lebak Indah	Kelas III
23.	Kali Kenjeran	Kelas III
24.	Waduk Wonorejo	Kelas III
25.	Waduk Kedurus	Kelas III
26.	Waduk /Busem Morokrembangan	Kelas III

WALIKOTA SURABAYA

ttd

BAMBANG DWI HARTONO

Salinan sesuai dengan aslinya
 an. Sekretaris Daerah Kota Surabaya

Kepala Bagian Hukum,

HADISISWANTO ANWAR

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 keadaan 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	5-9	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 NH ₃
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	

2.

Kadmium	mg/liter	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01		
Krom (VI)	mg/liter	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	1		
Tembaga	mg/liter	0.02	0.02	0.02	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	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	0.002	0.002	0.002	0.005		
Seng	mg/liter	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	2		Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Zn < 5 mg/liter
Klorida	mg/liter	600	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)		
Sianida	mg/liter	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	(-)		
Fluorida	mg/liter	0.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	(-)		
Nitrit sbg. N	mg/liter	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	(-)		Bagi pengolahan air minum secara konvensional, NO ₂ -N < 1 mg/liter
Sulfat	mg/liter	400	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)		
Klorin bebas	mg/liter	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	(-)		Bagi ABAM tidak dipersyaratkan
Belerang sbg. H ₂ S	mg/liter	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	(-)		Bagi pengolahan air minum secara konvensional, S sebagai H ₂ S < 0.1 mg/liter
MIKROBIOLOGI										
- Faecal Coliform	Jm/100 ml.	100	1000	1000	2000	2000	2000	2000		Bagi pengolahan air minum secara konvensional, fecal coliform < 2000 jm/100 ml dan Total coliform < 10000 jm/100 ml
- Total Coliform	Jm/100 ml	1000	5000	5000	10000	10000	10000	10000		
RADIOAKTIFITAS										
- Gross-A	Bq/liter	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1		
- Gross-B	Bq/liter	1	1	1	1	1	1	1		
KIMIA ORGANIK										

BAKU MUTU AIR LAUT
UNTUK BIOTA LAUT

Lampiran III.
Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup
Nomor: 51 Tahun 2004

No.	Parameter	Satuan	Baku mutu
FISIKA			
1.	Kecerahan ^a	m	coral: >5 mangrove: - lamun: >3
2.	Kebauan	-	alami ³
3.	Kekeruhan ^a	NTU	<5
4.	Padatan tersuspensi total ^b	mg/l	coral: 20 mangrove: 80 lamun: 20
5.	Sampah	-	nihil ¹⁽⁴⁾
6.	Suhu ^c	°C	alami ^{3(c)} coral: 28-30 ^(c) mangrove: 28-32 ^(c) lamun: 28-30 ^(c)
7.	Lapisan minyak ⁵	-	nihil ¹⁽⁵⁾
KIMIA			
1.	pH ^d	-	7 - 8,5 ^(d)
2.	Salinitas ^e	‰	alami ^{3(e)} coral: 33-34 ^(e) mangrove: s/d 34 ^(e) lamun: 33-34 ^(e)
.	Oksigen terlarut (DO)	mg/l	>5
.	BOD5	mg/l	20
.	Ammonia total (NH ₃ -N)	mg/l	0,3
.	Fosfat (PO ₄ -P)	mg/l	0,015
.	Nitrat (NO ₃ -N)	mg/l	0,008
.	Stanida (CN ⁻)	mg/l	0,5
.	Sulfida (H ₂ S)	mg/l	0,01
.	PAH (Poliaromatik hidrokarbon)	mg/l	0,003
.	Senyawa Fenol total	mg/l	0,002
.	PCB total (poliklor bifenil)	µg/l	0,01
.	Surfaktan (deterjen)	mg/l MBAS	1
.	Minyak & lemak	mg/l	1
.	Pestisida ^f	µg/l	0,01
.	TBT (tributil tin) ⁷	µg/l	0,01
Logam terlarut:			
.	Raksa (Hg)	mg/l	0,001
.	Kromlum heksavalen (Cr(VI))	mg/l	0,005
.	Arsen (As)	mg/l	0,012

No.	Parameter	Satuan	Baku mutu
20.	Kadmium (Cd)	mg/l	0,001
21.	Tembaga (Cu)	mg/l	0,008
22.	Timbal (Pb)	mg/l	0,008
23.	Seng (Zn)	mg/l	0,05
24.	Nikel (Ni)	mg/l	0,05
BIOLOGI			
1.	Coliform (total) ⁹	MPN/100 ml	1000 ⁽⁹⁾
2.	Patogen	sel/100 ml	nihil ¹
3.	Plankton	sel/100 ml	tidak bloom ⁶
RADIO NUKLIDA			
1.	Komposisi yang tidak diketahui	Bq/l	4

Catatan:

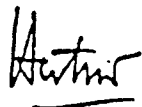
1. Nihil adalah tidak terdeteksi dengan batas deteksi alat yang digunakan (sesuai dengan metode yang digunakan)
2. Metode analisa mengacu pada metode analisa untuk air laut yang telah ada, baik internasional maupun nasional.
3. Alam adalah kondisi normal suatu lingkungan, bervariasi setiap saat (siang, malam dan musim).
4. Pengamatan oleh manusia (*visual*).
5. Pengamatan oleh manusia (*visual*). Lapisan minyak yang diacu adalah lapisan tipis (*thin layer*) dengan ketebalan 0,01mm
6. Tidak bloom adalah tidak terjadi pertumbuhan yang berlebihan yang dapat menyebabkan eutrofikasi. Pertumbuhan plankton yang berlebihan dipengaruhi oleh nutrisi, cahaya, suhu, kecepatan arus, dan kestabilan plankton itu sendiri.
7. TBT adalah zat *antifouling* yang biasanya terdapat pada cat kapal
 - a. Diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan <10% kedalaman *euphotic*
 - b. Diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan <10% konsentrasi rata-rata musiman
 - c. Diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan <2 °C dari suhu alami
 - d. Diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan <0,2 satuan pH
 - e. Diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan <5% salinitas rata-rata musiman
 - f. Berbagai jenis pestisida seperti: DDT, Endrin, Endosulfan dan Heptachlor
 - g. Diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan <10% konsentrasi rata-rata musiman

Menteri Negara
Lingkungan Hidup,

ttd

Nabiel Makarim, MPA., MSM.

Salinan sesuai dengan aslinya
Deputi MENLH Bidang Kebijakan dan
Kelembagaan Lingkungan Hidup,



Phetomo, MPA.

HONOR : 0373/83/VI/78
 TENJANG

BATAS MAKSIMUM CEHARAN LOGAM DALAM MAKANAN

DIREKTUR JENDERAL PENGAWASAN OBAT DAN MAKANAN

- a. bahwa dalam rangka melindungi kesehatan masyarakat, makanan yang diedarkan perlu memenuhi syarat kesehatan;
- b. bahwa salah satu upaya untuk melindungi kesehatan masyarakat adalah dengan menetapkan Batas Maksimum Cemaran Logam;
- c. bahwa hubungan dengan hal tersebut diatas, perlu ditetapkan Keputusan Direktur Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan tentang Batas Maksimum Cemaran Logam Dalam Makanan.

Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 329/Menkes/Per/XII/76 tentang Produksi dan Peredaran Makanan.

M E M U T U S K A N :

- Keputusan Direktur Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan tentang Batas Maksimum Cemaran Logam Dalam Makanan.
- Makanan yang diproduksi dan diedarkan harus memenuhi persyaratan tentang batas maksimum cemaran logam.
- Batas maksimum cemaran logam dalam makanan seperti tercantum pada Lampiran Keputusan ini.
- Batas cemaran logam pada makanan lain, cara pengujian dan hal lain yang belum cukup diatur dalam Keputusan ini akan ditetapkan lebih lanjut oleh Direktur Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan.
- Keputusan ini mulai berlaku sejak tanggal ditetapkan.

Ditetapkan di : J A K A R T A
 Pada tanggal : 10 Juli 1989
 DIREKTUR JENDERAL PENGAWASAN
 OBAT DAN MAKANAN

DRS. SLAMET SOESILO
 NIP. 140051341

HONOR : 0373/83/VI/78
 TENJANG

BATAS MAKSIMUM CEHARAN LOGAM DALAM MAKANAN

NO.	NO. M. D. I. T. I.	Area (Tinggi) : (Pb) : mg/kg	Tebete : (Cu) : mg/kg	Sere : (Zn) : mg/kg	Timah : (Sn) : mg/kg	Bakao : (Hg) : mg/kg	KETERANGAN
I.	BUMILAHNYA						
	1. Acar buah	1,0	10,0	30,0	40,0	40,0(250,0*)	
	2. Sari buah	0,2	0,3	5,0	5,0	40,0(250,0*)	0,03
	3. Sari buah konsentrat	0,2	0,3	5,0	5,0	40,0(250,0*)	0,03
	4. Sari dan sejenisnya	1,0	1,5	10,0	40,0	40,0(250,0*)	
	5. Teras dan hasil olahnya	1,0	1,0	30,0	40,0	40,0(250,0*)	0,03
	6. Buah dan hasil olahnya yang tidak terfermentasi	1,0	2,0	5,0	40,0	40,0(250,0*)	0,03
II.	COKLAT, KOP, TEN						
	1. Coklat bubuk	1,0	2,0	50,0	40,0	40,0(250,0*)	0,03
	2. Kopi bubuk	1,0	2,0	30,0	40,0	40,0(250,0*)	0,03
	3. Teh	1,0	2,0	150,0	40,0	40,0(250,0*)	0,03
III.	DESIGK DAN HASIL OLAHNYA	1,0	2,0	20,0	40,0	40,0(250,0*)	0,03

No	Nama Produk	1.0	0.5	2.0	2.0	40.0	40.0(250.0*)	0.03												
1.	Protom	1.0	0.5	2.0																
2.	Orla pastir. Olomna	1.0	7.0	2.0	40.0	40.0(250.0*)	0.03													
3.	S i p u p	0.5	1.0	10.0	25.0															
4.	M a d u	1.0	10.0	30.0																
	IGAM DAN HASIL OLAMNYA	1.0	2.0	70.0	100.0	40.0(250.0*)	0.5													
	MAKANAN BAYI DAN ANAK																			
1.	Penganti air susu ibu (susu bayi)	0.1	0.3	5.0	40.0	40.0(250.0*)	0.03													
2.	Makanan bayi dan anak	0.1	0.3	5.0	40.0	40.0(250.0*)	0.03													
	PUTIH DAN LEMAK																			
1.	Mararin	0.1	0.1	0.1	40.0	40.0(250.0*)	0.03													
2.	Minyak nabati yang digumikan	0.1	0.1	0.1	40.0	40.0(250.0*)	0.03													
	PERMAN BINGKIN																			
1.	E s l i n	0.5	1.0	20.0																
2.	Struman ringan	0.1	0.2	2.0	5.0	40.0(250.0*)														
	REMAN SPAS	0.1	0.2	2.0	2.0	40.0(250.0*)	0.03													

XI. REPAH-REPAH DAN BUNDU

1. Puncak-puncak, Bundu
2. K e s a p
3. R a s i

XIII. BAYIR DAN HASIL OLAMNYA

1. Acar sayuran
2. Bayir dan hasil olah-nya yang tidak tera di atas

XVIII. SUDU DAN HASIL OLAMNYA

1. Es kris
2. Mentega
3. Susu dan hasil olah-nya yang tidak tera di atas

XIV. TERUNG DAN HASIL OLAMNYA

- 1.0
- 1.0
- 10.0

XV. MAKANAN LAIH YANG TIDAK TERTEPA DI ATAS

- 1.0
- 2.0
- 30.0

* : Untuk produk yang dimasak dalam kaleng

National Institute of Standards & Technology

Certificate of Analysis
Standard Reference Material 2704

Buffalo River Sediment

This Standard Reference Material (SRM) is intended primarily for use in the analysis of sediments, soils, or materials of a similar matrix. SRM 2704 is a freeze-dried river sediment that was sieved and blended to achieve a high degree of homogeneity.

The certified elements for SRM 2704 are given in Table 1. The values are based on measurements using two or more independent and reliable analytical methods. Noncertified values for a number of elements are given in Table 2 as additional information on the composition. The noncertified values should not be used for calibration or quality control. Analytical methods used for the characterization of this SRM are given in Table 3 along with analysts and cooperating laboratories. All values (except for carbon) are based on measurements using a sample weight of at least 250 mg. Carbon measurements are based on 100 mg samples.

Notice and Warnings to Users: This certification is valid for 5 years from the shipping date. Should any of the certified values change before the expiration of the certification, purchasers will be notified by NIST.

Stability: This material was radiation sterilized (^{60}Co) at an estimated minimum dose of 2.8 megarads to reduce the rate of any biodegradation. However, its stability has not been rigorously assessed. NIST will monitor this material and will report any substantive changes in certification to the purchaser.

Use: A minimum sample weight of 250 mg (dry weight - see Instructions for Drying) should be used for analytical determinations relating to the certified values on this certificate.

Sample preparation procedures should be designed to effect complete dissolution. If volatile elements (i.e., Hg, As, Se) are to be determined, precautions should be taken in the dissolution of SRM 2704 to avoid volatilization losses.

Statistical consultation was provided by S.B. Schiller and K.R. Eberhardt of the Statistical Engineering Division.

The overall direction and coordination of the analyses were under the chairmanship of M.S. Epstein and B.I. Diamondstone of the Inorganic Analytical Research Division.

The technical and support aspects involved in the preparation, certification, and issuance of this Standard Reference Material were coordinated through the Standard Reference Materials Program by T.E. Gills.

Gaithersburg, MD 20899

July 9, 1990

Revision of certificate dated 6-1-88)

William P. Reed, Acting Chief
Standard Reference Materials Program

(over)

Instructions for Drying: When nonvolatile elements are to be determined, samples should be dried for 2 hours at 110 °C. Volatile elements (i.e., Hg, As, Se) should be determined on samples as received; separate samples should be dried as previously described to obtain a correction-factor for moisture. Correction for moisture is to be made to the data for volatile elements before comparing to the certified values. This procedure, which was used for the certification of volatile elements, ensures that these elements are not lost during drying. The approximate weight loss on drying has been found to be 0.8%.

Source and Preparation of Material: The river sediment for this SRM was collected from the Buffalo River in the area of the Ohio Street Bridge, Buffalo, N.Y. The U.S. Army Corps of Engineers, under contract to NIST, collected and screened approximately 908 kg of river sediment and placed it in six 55-gallon, Teflon-lined drums. The drums were loaded onto a refrigerated truck and transported to the Technimed Corporation, Fort Lauderdale, for freeze-drying of the contents. The freeze-dried sediment was shipped to an NIST contractor's laboratory where it was screened and passed through a 100 mesh sieve (nominal sieve opening of 150 μm) and retained on a 200 mesh sieve (nominal sieve opening of 38 μm). The sieved sediment was returned to NIST, radiation sterilized, sealed, and bottled into 50-g units.

Analysis: The homogeneity of the bottled units was assessed using x-ray fluorescence spectrometry. Duplicate 500-mg samples from 8 randomly selected bottles were analyzed for the following elements: Al, Si, K, Ca, Ti, Zn, Sr, P, Mn, Rb, and Zr. No statistically significant differences in the composition of samples within or between bottles were observed relative to the uncertainty of the XRF measurements, which is less than 0.4%. Sample inhomogeneity of about 4% for lead was observed in measurements on 250 mg samples by thermal-ionization isotope dilution mass spectrometry. Sample inhomogeneity for lead is reflected in the uncertainty limits placed on the certified value for lead.

Table 1. Certified Values

Element	Wt. %	Element	Wt. %
Aluminum	6.11 \pm 0.16	Phosphorus	0.0998 \pm 0.0028
Calcium	2.60 \pm 0.03	Potassium	2.00 \pm 0.04
Carbon	3.348 \pm 0.016	Silicon	29.08 \pm 0.13
Iron	4.11 \pm 0.10	Sodium	0.547 \pm 0.014
Magnesium	1.20 \pm 0.02	Sulfur	0.397 \pm 0.004
		Titanium	0.457 \pm 0.018

Element	$\mu\text{g/g}$	Element	$\mu\text{g/g}$
Antimony	3.79 \pm 0.15	Manganese	555 \pm 19
Arsenic	23.4 \pm 0.8	Mercury	1.47 \pm 0.07
Barium	414 \pm 12	Nickel	44.1 \pm 3.0
Cadmium	3.45 \pm 0.22	Selenium	1.12 \pm 0.05
Chromium	135 \pm 5	Thallium	1.06 \pm 0.07
Cobalt	14.0 \pm 0.6	Uranium	3.13 \pm 0.13
Copper	98.6 \pm 5.0	Vanadium	95 \pm 4
Lead	161 \pm 17	Zinc	438 \pm 12
Lithium	47.5 \pm 4.1		

Certified Values and Uncertainty: The certified values are weighted means of results from two or more analytical methods. The weights for the weighted means were computed according to the iterative procedure of Paule and Meade (NBS Journal of Research 87, 1982, pp. 377-385). Each uncertainty is obtained from a 95% prediction interval plus an allowance for systematic error among the methods used. The allowance for systematic error is equal to the greatest difference between the weighted mean (certified value) and the component means for the analytical methods used. In the absence of systematic error, the resulting uncertainty limits will cover the concentration of approximately 95% of all samples of this SRM having a minimum size of 250 mg.

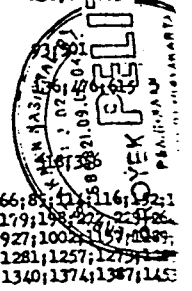
Table 2. Noncertified Values

<u>Element</u>	<u>Content, Wt. %</u>	<u>Element</u>	<u>Content $\mu\text{g/g}$</u>
Chlorine	(<0.01)	Bromine	(7)
		Cerium	(72)
		Cesium	(6)
		Dysprosium	(6)
		Europium	(13)
		Gallium	(15)
		Hafnium	(8)
		Iodine	(2)
		Lanthanum	(29)
		Lutetium	(0.6)
		Rubidium	(100)
		Scandium	(12)
		Samarium	(6.7)
		Strontium	(130)
		Tin	(9.5)
		Thorium	(9.2)
		Ytterbium	(2.8)
		Zirconium	(300)

Noncertified Values: Noncertified values are provided for information only. An element concentration value may not be certified, if a bias is suspected in one or more of the methods used for certification, or if two independent methods are not available. Certified values for some of these elements may eventually be provided in a revised certificate when more data is available.

Produksi	Tenaga (keV) (intensitas)	Tenaga lain (keV)	Isotop	Produksi	Tenaga (keV) (intensitas)	Tenaga lain (keV)
I-18 (n,γ)	197,4 (100)	1356	Sr-85m Sr-84 (n,γ)	151,1; 231,5	-	
I-19 (n,γ)	1633,1 (100)	-	Sr-85 Sr-84 (n,γ)	514,0 (100)	-	
I-23 (n,2n)	β^+ ; 1274,5	-	Sr-87m Sr-86 (n,γ)	388,5 (100)	-	
I-23 (n,γ)	1368,4 (47); 2753,6 (52)	-	Y-88 Y-89 (n,2n)	898,0 (100); 1836,1 (100)	2734	
I-26 (n,γ)	844,0 (70); 1014,1 (30)	170	Y-90m Y-89 (n,γ)	202,4 (50); 479,3 (50)	682	
I-27 (n,γ)	1778,9 (100)	-	Mb-93 Mb-93 (n,α)	588,6 (90)	1509,1 β^+	
I-29 (n,p)	1273,3 (100)	2426	Zr-89 Mo-92 (n,α)	β^+ ; 909,2 (100)	1712	
I-30 (n,γ)	1266,2 (100)	-	Zr-89 Mo-92 (n,α)	724,0 (50); 756,6 (40)	-	
I-36 (n,γ)	3102,4 (100)	-	Zr-95 Zr-94 (n,γ)	355,6; 507,9; 1147,9	254; 603; 704; 805; 1022; 1277; 1362; 1751; 1852	
I-37 (n,γ)	1642,0 (60); 2166,8 (40)	-	Zr-97 Zr-96 (n,γ)	-	913; 1846	
I-40 (n,γ)	1293,6 (100)	-	Mb-92 Mb-93 (n,2n)	934,6 (90)	41	
I-41 (n,γ)	1524,7 (100)	313; 1923	Mb-94 Mb-93 (n,γ)	871,1 (10)	-	
I-46 (n,γ)	160,0 (100); 1296,9 (90)	489; 808	Mb-94 Mb-93 (n,γ)	702,5 (50); 871,1 (50)	-	
I-48 (n,γ)	3083 (100); 4071 (10)	-	Mb-95 Zr-94 (n,γ, β^-)	765,8 (100)	-	
I-45 (n,γ)	142,5 (100)	-	Mb-95m Zr-94 (n,γ, β^-)	235,7 (100)	-	
I-45 (n,γ, β^-)	889,4 (50); 1120,3 (50)	-	Mb-97m Zr-96 (n,γ, β^-)	743,3 (100)	-	
I-46 (n,γ, β^-)	160,0 (100)	-	Mb-97 Zr-96 (n,γ, β^-)	658,1 (100)	1022 $^{\circ}$	
I-51 (n,γ)	983,5 (33); 1037,6 (33); 1311,8 (33)	-	Mo-97 Mo-98 (n,γ)	140,6 (90); 180,9 (10); 739,9 (2)	366; 778; 881; 921	
I-51 (n,p)	320,0 (100)	-	Mo-99m Mo-98 (n,γ, β^-)	140,6 (100)	81,196; 334; 378; 398; 408; 421; 499;	
I-50 (n,γ)	320,0 (90); 608,4 (1); 928,5 (4)	-	Mo-101 Mo-100 (n,γ)	192,0 (10); 590,8 (10); 1012,4 (10)	506; 512; 567; 608; 643; 695; 805; 871; 877; 934; 1161; 1187; 1199; 1251; 1303; 1357; 1533; 1600; 1674; 1759; 1839; 2033; 2041; 2089	
I-51 (n,γ)	1434,4 (100)	-	-	-	180; 184; 233; 237; 531; 627; 714; 719; 811; 843; 928; 938	
I-54 (n,p)	834,8 (100)	-	Te-99m Mo-98 (n,γ, β^-)	127,3 (2); 306,8 (80); 544,9 (7)	269	
I-55 (n,γ)	846,9 (70); 1810,7 (20); 2112,8 (10)	2522; 2657; 2962; 3371	Ru-97 Ru-96 (n,γ)	215,8 (90); 325,1 (10)	563	
I-58 (n,γ)	192,5 (2); 1098,6 (50); 1291,5 (40)	143; 335	Ru-103 Ru-102 (n,γ)	497,0 (90); 610,2 (10)	150; 263; 317; 326; 350; 394; 416-575; 676; 876; 908; 969	
I-58 (n,2n, β^+)	121,9 (80); 136,5 (6)	-	Ru-103 Ru-102 (n,γ)	469,6 (20); 676,0 (10); 724,3 (40)	345; 415; 439; 468; 557; 628; 631; 681; 697; 733; 739; 767; 1103; 1114; 1158; 1361; 1324; 1562; 1580; 2038; 2261	
I-59 (n,γ)	β^+ ; 810,3 (100)	863; 1675	Rb-102m Rb-103 (n,2-)	475,1 (70); 1047,0 (10); β^+	556; 768; 1239; others	
I-59 (n,γ)	58,5 (100); 1332,4 (1)	-	-	-	1239	
I-59 (n,γ)	1173,1 (100); 1332,4 (100)	-	Rb-104 (m) Rb-103 (n,γ)	51,4; 77,6; 97,2	280; 443	
I-58 (n,2n)	127,4 (12); 1378,4 (70); β^+	1759; 1921	Rb-104 Rb-103 (n,γ)	555,8 (100)	-	
I-64 (n,γ)	366,5 (10); 1115,4 (30); 1481,7 (50)	1623; 1725; 508	Rb-105 Ru-104 (n,γ, β^-)	306,2; 312,1	-	
I-63 (n,γ)	β^+ ; 1345,5 (100)	-	Rb-105m Ru-104 (n,γ, β^-)	130,0 (100)	-	
I-65 (n,γ)	1039,0 (100)	833	Pd-109m Pd-108 (n,γ)	188,9 (100)	-	
I-67 (n,p)	93,2 (40); 184,2 (60)	-	Pd-109 Pd-108 (n,γ)	311,5 (10); 88,0 (100)	-	
I-64 (n,γ)	β^+ ; 1115,4 (100)	-	Pd-111m Pd-110 (n,γ)	172,1 (90)	-	
I-68 (n,γ)	438,7 (100)	-	Pd-111 Pd-110 (n,γ)	376,5 (20); 580,0 (24); 1388,1 (15)	790; 509; 623; 836; 1129; 1459; others	
I-70 (n,γ)	121,8; 511,6; 910,1	1040	Ag-107m Cd-106 (n,γ, E.C)	93,2 (100)	619	
I-69 (n,γ)	175,3 (30); 1039,4 (30); 1050,5 (30)	-	Ag-108 Ag-107 (n,γ)	433,8 (20); 652,9 (60)	-	
I-71 (n,γ)	630,1 (10); 834,1 (40); 2201,4 (14)	382; 601; 756; 786; 810; 861; 894; 940; 971; 1000; 1051; 1215; 1231; 1260; 1276; 1462; 1577; 1596; 1681; 1860; 2108; 2491; 2507; 2843; 2922	6; 429; 469	Ag-109m Pd-108 (n,γ, β^-)	88,0 (100)	434; 447; 620; 678; 687; 706; 744; 764; 818; 1384; 1476; 1505; 1562
I-74 (n,γ)	198,6 (10); 264,6 (80)	-	Ag-110m Ag-109 (n,γ)	657,8 (30); 884,5 (20); 937,2 (10)	97	
I-74 (n,γ)	139,8 (100)	-	Ag-111 Pd-110 (n,γ, β^-)	245,4 (10); 341,9 (90)	392; 434; 1303	
I-76 (n,γ)	211,4 (50); 215,5 (50); 264,5 (50)	156; 194; 338; 367; 416; 460; 475; 558; 582; 613; 632; 672; 714; 745; 743; 765; 780; 783; 809; 822; 842; 874; 887; 906; 923; 927; 939; 1086; 1113; 1124; 1150; 1193; 1215; 1240; 1262; 1278; 1294; 1309; 1318; 1387; 1449; 1474; 1492; 1535; 1610; 1707; 1717; 1845; 2000; 2076; 2087; 2124; 2340	609; 1203	Cd-109 Cd-108 (n,γ)	88,0 (100)	-
I-76 (n,γ)	159,8 (50); 215,5 (50)	-	Cd-109m Cd-110 (n,γ)	150,8 (25); 245,4 (75)	-	
I-76 (n,p)	595,8 (80); 634,6 (17)	609; 1203	Cd-111m Cd-110 (n,γ)	484,9 (10); 934,1 (60); 1289,9 (20)	231; 261	
I-75 (n,2n)	β^+	67; 162; 271; 382	Cd-115 Cd-114 (n,γ)	492,5 (30); 527,7 (60)	392; 434; 1303	
I-76 (n,γ, β^-)	238,8 (60); 249,7 (10); 520,8 (20)	-	Cd-117m Cd-116 (n,γ)	273,3; 1576,1; 1997,4	-	
I-75 (n,γ)	559,2 (75); 657,0 (10); 1215,8 (7)	572; 665; 740; 767; 867; 1130; 1213; 1229; 1438; 1453; 1787; 2095; 2110; 2429; 2655	87; 162; 271; 382	In-111 Sn-112 (n,2n, E.C)	171,4 (50); 245,4 (50)	-
I-74 (n,γ)	136,0 (30); 264,6 (30); 279,6 (14)	66; 97; 121; 199; 304; 401	In-113m Sn-112 (n,γ, E.C)	391,4 (100)	-	
I-76 (n,γ)	161,9 (100)	-	In-114m In-113 (n,γ)	190,2 (100)	-	
I-78 (n,γ)	95,9 (100)	-	In-114 In-113 (n,γ, I.T)	558,2 (14); 725,1 (14); 1300,0 (1)	1283	
I-80 (n,γ)	103,0 (100)	-	In-115m Cd-114 (n,γ, β^-)	336,6 (100)	-	
I-80 (n,γ)	275,8 (60); 290,0 (40); 828,0 (30)	649; 566; others	In-116m In-115 (n,γ)	417,0 (20); 1097,2 (20); 1293,4 (40)	138; 356; 464; 819; 1508; 1753; 2112	
I-82 (n,γ)	224,9 (50); 356,6 (100); 717,8 (20)	260; 510; 799; 837; 867; 1063; 1299; 1324; 1338; 1349	In-117 (m) Cd-116 (n,γ, β^-)	158,4; 315,2; 552,9	-	
I-79 (n,γ)	β^+ ; 640,4 (30); 617,0 (100); 665,7 (100)	704; 813; 1257	Sn-113 Sn-112 (n,γ)	255,2 (100)	-	
I-79 (n,γ)	37,0	49	Sn-117m Sn-116 (n,γ)	158,4 (100)	-	
I-81 (n,γ)	554,3 (20); 619,0 (13); 776,6 (30)	92; 101; 138; 222; 274; 606; 698; 828; 1007; 1044; 1082; 1317; 1475; 1650; 1779; 1872	67; 162; 271; 382	Sn-123 Sn-122 (n,γ)	160,2 (100)	589; 643; 1404
I-82 (n,γ, β^-)	530,5 (100); 521,4 (4)	552; 648; 681	Sn-125 Sn-124 (n,γ)	332,0 (100)	-	
Ib-85 (n,γ)	1076,6 (100)	-	Sb-122m Sb-121 (n,γ)	61,6; 76,3	-	
Ib-85 (n,γ)	555,8 (100)	-	Sb-122 Sb-121 (n,γ)	564,0 (90); 692,5 (5); 1140,5 (1)	1257	
Ib-87 (n,γ)	898,0 (30); 1836,1 (50); 2677,6 (5)	β^+ ; 1382; 2119; 2577; 3007; 3214; 3713	Sb-124 Sb-123 (n,γ)	602,6 (50); 722,8 (6); 1690,7 (25)	646; 709; 714; 790; 968; 1045; 1325; 1368; 1376; 1437; 1488; 1527; 2091; 204; 320; 380; 443; 463; 605; 635; 671; others	
			Te-121 Te-120 (n,γ)	176,2 (7); 427,8 (30); 600,4 (20)	others	
			Te-121m Te-120 (n,γ)	507,5 (20); 572,9 (80)	others	
			Te-123m Te-122 (n,γ)	212,3 (90)	-	
			Te-123m Te-122 (n,γ)	158,8 (100)	-	
			Te-125m Sn-124 (n,γ, β^-)	109,3 (100)	663; ot xns	
			Te-127m Te-126 (n,γ)	361,0 (10); 417,4 (70)	208; 250; 279; 487; 729; 1382; 1108; othe	
			Te-129m Te-128 (n,γ)	459,5; 695,8	487; 343; 651; 9;	
			Te-129 Te-128 (n,γ)	278,5; 459,5	-	
			Te-131 Te-130 (n,γ)	149,7 (70); 452,4 (20); 602,1 (4)	-	

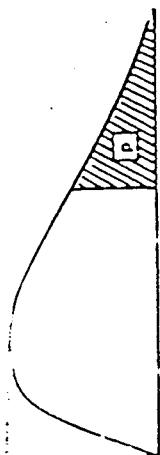
Isotop	Produksi	Tenaga (keV) (intensitas)	Tenaga lain (keV)	Isotop	Produksi	Tenaga (keV) (intensitas)	Tenaga lain (keV)
I-126	I-127 (n,2n)	388,2(40); 491,2(7); 666,3(40)	753;879;1420; β^+	Ta-168	Ta-169 (n,2n)	198,3(20); 447,1(10); 815,7(15)	80;99;184;347;422;546; 631;645;720;730;741; 821;830;915;1014;1277
I-128	I-127 (n, γ)	442,7(90); 526,3(9)	743;969	Ta-170	Ta-169 (n, γ)	84,4(100)	94;110;119;131; 262;308
I-131	Te-130 (n, γ , β^-)	364,5(80); 636,4(30) 722,1(30)	80;177;284;503	Ta-169	Ta-168 (n, γ)	63,3(30); 177,0(15); 197,8(20)	137;145;252
Te-131m	Te-130 (n, γ , β^-)	164,5 (100)	465;506; β^+ ;630;	Ta-175	Ta-174 (n, γ)	113,5(15); 282,6(30); 396,1(50)	122;138;899;94;102
Ce-132	Ba-132 (n,p)	667,7 (100)	773;1032;1137;	Ta-177	Ta-176 (n, γ)	150,3(50); 1079,8(15); 124,9(14)	1109;1119;1149;123; others
Ce-133	Ce-133 (n,2n)	127,4 (100)	1298;1318;1985	Lu-176m	Lu-175 (n, γ)	88,3 (100)	72;250;321
Ce-134	Ce-133 (n, γ)	604,7(40); 795,8(40); 569,3(14)	475;563;802;1039; 1168;1365	Lu-177	Lu-176 (n, γ)	113,0(30); 208,4(70)	105;121;129;137;146;14
Ce-137 background		661,6 (100)	79;93;134;157;240;	Lu-177m	Lu-176 (n, γ)	113,0;208,4;228,5	153;160;172;174;177;18
Ba-131	Ba-130 (n, γ)	124,2(30); 216,1(20); 373,1(20)	249;404;486;496; 573;585;620;675; 696;831;924;1047	Hf-175	Hf-174 (n, γ)	89,6(3); 343,6(90); 432;8(2)	204;214;233;250;269;28
Ba-131m	Ba-130 (n, γ)	108,2 (100)	-	Hf-179m	Hf-178 (n, γ)	160,6(10); 214,3(100)	297;305;312;319;328;3
Ba-133m	Ba-132 (n, γ)	275,9 (100)	53;161;223;276;	Hf-180m	Hf-179 (n, γ)	57,5(30); 215,3(30); 332,2(40); 443,1(30)	368;379;385;411;419;46
Ba-133	Ba-132 (n, γ)	80,8(20); 302,8(20); 356,0(50)	384	Hf-181	Hf-180 (n, γ)	133,1(30); 345,7(10); 482,2(60)	230;others
Ba-135m	Ba-134 (n, γ)	268,1 (100)	1420	Ta-180m	W-180 (n,p)	93,1; 103,4	66;85;111;116;122;1
Ba-137	Ba-136 (n, γ)	661,6 (100)	110;131;172;242;	Ta-181	Ta-181 (n,2n)	146,7(40); 171,7(40); 184,9(20)	179;198;222;231;23
Ba-139	Ba-138 (n, γ)	165,8 (100)	267;432;751;815;	Ta-182m	Ta-181 (n, γ)	67,7(14); 100,3(10); 1121,2(17);1221,6(14)	927;1002;1177;1189;
La-140	La-139 (n, γ)	328,6(10); 486,8(20); 1595,4(50)	867;919;925;950; 2348;2520;2547; 2898;3114	Ta-182	Ta-181 (n, γ)	136,0(0,1); 151,7(0,2) 125,5 (100)	1281;1257;1279;12
Ce-139	Ce-138 (n, γ)	165,8 (100)	80;1488	W-181	W-180 (n, γ)	134,3(10); 478,3(20); 685,7(40)	1340;1374;1387;1455
Ce-139m	Ce-138 (n, γ)	754,0 (100)	120;196;275;398;	W-185	W-184 (n, γ)	125,5 (100)	72;115;207;239;246
Ce-141	Ce-140 (n, γ)	145,4 (100)	410;440;488;595;	W-187	W-186 (n, γ)	134,3(10); 478,3(20); 685,7(40)	551;618;625;745;77
Ce-143	Ce-142 (n, γ)	293,1(60); 664,4(13); 721,6(13)	58;231;350;448; 490;880;1102	Re-184	Re-185 (n,2n)	791,7(30); 894,2(10);	864;879
Ce-144	(Pr-144) background	133,4; 696,4; 2185,8	80;1488	Re-186	Re-185 (n, γ)	122,6(6); 137,0(90)	632;769
Pr-142	Pr-141 (n, γ)	1575,5 (100)	120;196;275;398;	Re-188m	Re-187 (n, γ)	92,4; 105,8	107;181;219;2
Nd-147	Nd-146 (n, γ)	91,4(50); 319,4(6); 531,0(20)	410;440;488;595; 59;74;97;156;189; 199;229;240;270; 312;326;349;444; 540;556;655;others	Re-188	Re-187 (n, γ)	155,1(70); 478,0(6) 633,0(10)	280;289;298;3
Nd-149	Nd-148 (n, γ)	114,6 (100)	59;74;97;156;189; 199;229;240;270; 312;326;349;444; 540;556;655;others	Os-185	Os-184 (n, γ)	645,8(80); 874,8(7); 880,0(7)	126;163;234;5
Nd-151	Nd-150 (n, γ)	116,4 (100)	85;172;175;183;320; 333;403;460;525; 585;678;735;797; 1016;1123;1181; others	Os-190m	Os-189 (n, γ)	186,7(20); 361,2(25); 626,4(25)	717
Pr-149	Nd-148 (n, γ , β^-)	286,1 (90)	591;408;654;879; others	Os-191	Os-190 (n, γ)	129,1 (100)	503; 510
Pr-151	Nd-150 (n, γ , β^-)	168,1(20); 275,6(10); 340,3(30)	66;76;101;105;159; 147;162;177;202; 209;227;232;240;	Os-193	Os-192 (n, γ)	139,0(20); 460,4(20); 557,7(10)	107;181;219;2
Sm-145	Sm-144 (n, γ)	61,2 (100)	258;291;306;324;330;345;380;441;446; 565;637;665;674;705;719;736;753;773; 786;819;834;849;950	Ir-192m	Ir-191 (n, γ)	56,3 (100)	206;308;374;4
Sm-153	Sm-152 (n, γ)	69,6(20); 103,2(80)	173;463;532;539; 596;608	Ir-192	Ir-191 (n, γ)	295,8(10); 316,5(40); 467,9(20)	484;588;604;6
Sm-155	Sm-154 (n, γ)	104,2(90); 141,2(10); 245,6(6)	163;203;462;525; 665;1303	Ir-194	Ir-193 (n, γ)	328,0(50); 644,6(10); 938,4(6)	785;884
Eu-152m	Eu-151 (n, γ)	121,8(20); 841,6(30); 963,5(30)	271;344;563;700; 970;1315;1389	Pt-191	Pt-190 (n, γ)	350,7(20); 359,7(20); 539,0(30)	293;621;1149;
Eu-152	Eu-151 (n, γ)	121,8(10); 344,2(20); 1407,4(20)	245;296;367;411; 444;489;565;585;	Pt-195m	Pt-194 (n, γ)	99,0	1623
Eu-154	Eu-153 (n, γ)	123,1; 723 (10); 1005,5(20);	591;680;689;720;756;778;866; 964;1086;1090;1111;1212;1299; 1458;1493;1527	Pt-197m	Pt-196 (n, γ)	346,3 (100)	130; 172; 179
Eu-155	Sm-154 (n, γ , β^-)	86,6(60); 105,3(40)	873;997;1595	Pt-197	Pt-196 (n, γ)	77,7 (90); 191,4(10)	220;269;409;4
Gd-153	Gd-152 (n, γ)	69,6(4); 97,5(60); 103,2(40)	58;79;289;348;560;	Pt-199	Pt-198 (n, γ)	185,9; 316,9; 542,8	602;624
Gd-159	Gd-158 (n, γ)	225,8(3); 305,3(1); 363,5(100)	580;617	Au-196	Hg-196 (n, γ)	333,0(26); 355,7(100); 426,1(1)	130
Gd-161	Gd-160 (n, γ)	102,2(10); 314,6(20); 360,4(50)	571;77;165;181;192; 258;271;283;338; 394;480;529	Au-198	Au-197 (n, γ)	411,8 (100)	269
Tb-160	Tb-159 (n, γ)	298,6(19); 879,4(21); 955,8(16)	87;197;216;309;337; 393;765;962;1003; 1103;1115;1178; 1200;1272;1312	Au-199	Pt-199 (n, γ , β^-)	158,3(80); 208,2(20)	165
Tb-161	Gd-160 (n, γ , β^-)	49,1(30); 74,9(30)	58;88;103;106;120 292	Hg-197m	Hg-196 (n, γ)	133,9	269
Dy-159	Dy-158 (n, γ)	58,2 (100)	633;660;695;715;728;995; 1055;1080	Hg-197	Hg-196 (n, γ)	77,6 (100); 191,4(2)	-
Dy-165	Dy-164 (n, γ)	94,6(35); 279,5(15); 361,7(20)	259;456;479;515; 546;566;575;620;	Hg-199m	Hg-198 (n, γ)	158,3;373,6	-
Dy-165m	Dy-164 (n, γ)	108,2; 153,7; 515,5	673;705;785;1661;	Hg-203	Hg-202 (n, γ)	279,1 (100)	-
Ho-166	Ho-165 (n, γ)	80,6(90); 1378,1(10); 1580,5(3)	1749;1828	Hg-205	Hg-204 (n, γ)	203,8 (100)	960
Ho-166m	Ho-165 (n, γ)	80,6(20); 184,3(20); 810,3(20)	216;265;280;300;411; 451;465;530;670;692; 712;752;778;831;876; 896;951;995;1241;1401; 1522	Tl-202	Tl-203 (n,2n)	440,2(90); 509,8(3); 521,5(4)	681
		111,6(20); 295,8(20); 308,1(50)	86;117;124;210;237; 277;372;420;670; 676;732;796;870; 908;965	Pb-203	Pb-204 (n,2n)	279,2(90); 401,4(4)	57;131;143
				Th-233	Th-232 (n, γ , β^-)	86,6; 459,2; 670,0	169;179;190
							202;210;237
							377;433;441
							491;499;514
							553;563;574
							600;610;643
							717;725;744
							764;805;824
							890;935
							59;75;87;10
							375;398;414
							268;232;37
							62;181;210
							285;316;33



Tenaga keV	Isotop	Inten sites	Umur paro	Tenaga keV	Isotop	Inten sites	Umur paro	Tenaga keV	Isotop	Inten sites	Umur Paro
49,1	Tb-161	30	7,2 h	136,5	Co-57	6	270 h	238,8	As-77	60	38,7 j
51,4	Rb-104m	-	4,4 m	137,0	Re-186	90	2,2 h	242,0	Pb-214	-	Ra-226 series
57,5	Hf-180m	30	5,5 j	139,0	Nd-151	-	12,0 m	245,4	Ag-111	10	7,4 h
57,5	Co-60m	100	10,5 m	139,0	Os-193	20	31,5 j	245,4	Gd-111m	75	48 m
57,8	Ir-192m	100	1,5 m	139,8	Ge-75m	100	49 d	245,4	Ir-111	50	2,81 h
58,2	Dy-159	100	144,4 h	140,6	Mo-99	90	66 j	245,6	Sr-155	6	21,9 m
59,8	U-237	60	6,75 h	140,6	To-99m	100	6,04 j	249,7	As-77	10	38,7 j
61,2	Sm-145	100	340 h	141,2	Sm-155	10	21,9 m	255,2	Sr-113	100	115 h
61,6	Sb-122m	100	3,5 m	142,5	Se-76m	100	20,0 d	255,6	Nd-151	-	12 m
63,3	Yb-169	30	30,6 h	145,4	Ge-141	100	32,5 h	264,5	Ge-77	50	11,3 j
67,7	Ta-182	14	115,1 h	146,7	Ta-182m	35	16,2 m	264,6	Se-75	30	121 h
69,6	Gd-153	4	236 h	149,7	Ta-181	70	24,8 m	264,6	Ge-75	80	79 m
69,6	Sm-153	20	47,1 j	150,3	Yb-177	50	1,9 j	268,1	Be-135m	100	28,7 j
74,7	U-259	100	23,54 m	150,8	Cd-111m	25	48 m	273,3	Cd-117m	-	3,0 j
74,9	Tb-161	30	7,2 h	151,1	Sr-85m	-	70,0 m	275,6	Pm-151	10	27,5 j
76,3	Sb-122m	100	3,5 m	151,7	V-181	0,2	145 h	275,8	Se-81	60	18,8 m
77,6	Rh-104m	-	4,4 m	153,7	Dy-165m	-	1,25 m	275,9	Be-133m	100	38,9 m
77,6	Hg-197	100	65 j	155,1	Re-188	70	16,7 j	277,5	Np-239	20	2,35 h
77,6	Pt-197	90	20,0 j	158,3	Hg-199m	-	42,0 m	278,5	Ta-129	-	72 m
80,6	Mo-166	90	26,9 j	158,3	Au-199	80	3,15 h	279,1	Hg-203	100	46,9 h
80,6	Ho-166m	20	30 t	158,4	Sm-117m	100	14 h	279,2	Pb-203	90	52,1 j
80,8	Be-133	20	7,5 t	158,4	Ir-117(m)	-	44 m	279,6	Se-75	14	121 h
84,4	Ta-170	100	129 h	-	-	-	1,9 j	279,5	Dy-165	15	2,36 j
86,6	Zr-155	60	1,7 t	158,8	Ta-123m	100	104 h	282,6	Yb-175	30	101 j
86,6	Tb-233	-	22,4 m	159,8	Ge-77m	50	54 d	286,1	Pm-149	90	53,1 j
88,0	Pd-109	100	13,5 j	160,0	Se-47	100	3,43 h	290,0	Se-81	40	18 m
88,0	Ag-109m	100	40 a	160,2	Sm-123	100	39,4 m	293,1	Ce-143	60	33,0 j
88,0	Cd-109	100	470 h	160,6	Hf-179m	10	19,0 d	295,4	Pb-214	-	Ra-226 series
88,3	Lu-176m	100	3,71 j	161,9	Sr-77m	100	17,5 d	295,8	Er-171	2	7,8 j
89,6	Hf-175	3	70,0 h	164,5	Yb-131m	100	12,0 d	295,8	Ir-192	10	74,4 h
91,1	Nd-147	50	11,1 h	164,6	U-237	10	6,75 h	298,6	Tb-160	20	73 m
92,4	Re-188m	-	18,7 m	165,8	Ce-139	100	140,0 d	299,9	Pa-233	12	27,0 h
93,1	Ta-180m	-	8,15 j	165,8	Ba-139	70	83 m	302,8	Ba-133	2	7,5 t
93,2	Cu-67	40	61,6 j	168,1	Pm-151	20	27,5 j	305,3	Gd-159	1	18,0 j
93,2	Ag-107m	100	43 d	171,4	Ir-111	50	2,81 j	306,2	Rb-105	-	35,3 j
94,6	Ly-165	35	2,36 j	171,7	Ta-162m	40	16,2 m	306,8	Ta-101	80	14,0 m
95,9	Se-79m	100	5,91 m	172,1	Pd-111m	90	5,5 j	308,1	Er-171	50	7,8 j
97,2	Rb-104m	-	4,4 m	175,3	Ge-70	30	21,1 m	311,5	Pd-109	10	13,5 j
97,5	Gd-153	60	236 h	176,2	Sb-125	7	2,0 t	311,8	Pa-233	80	27,0 h
99,0	Pt-195m	-	4,1 h	177,0	Yb-169	15	30,6 h	314,6	Gd-161	20	3,73 m
100,3	Ta-182	10	115,1 h	180,9	Mo-99	10	66 j	315,2	Ir-117m	-	1,9 j
102,2	Gd-161	10	3,73 m	182,2	Cu-67	60	61,6 j	316,5	Ir-192	40	74,4 h
103,0	Se-81m	100	36,8 m	182,3	Ho-166m	20	30 y	316,9	Pt-199	-	30,0 m
103,2	Gd-153	40	236 h	184,9	Ta-182m	20	16,2 m	319,1	Rb-105	-	35,3 j
104,2	Sm-153	90	47,1 j	185,9	Pt-199	-	30,0 r	319,4	Nd-147	6	11,06 h
105,4	Ta-180m	-	9,15 j	186,2	Ra-226	-	Ra-226 series	320,0	Ce-51	100	27,8 h
105,4	Sm-155	-	21,9 m	186,7	Os-190m	20	10,0 m	320,0	Ti-51	90	5,79 m
105,7	Zr-155	40	7,7 t	188,5	Pd-109m	100	4,75 m	325,1	Ru-97	10	2,88 h
105,8	Re-188m	-	18,7 m	190,2	Ir-111m	100	50 h	328,0	Ir-194	50	19,7 j
106,1	Np-239	40	2,35 h	191,4	Kr-197	2	55 j	328,6	La-140	10	40,27 j
108,2	Ba-131m	100	14,6 m	191,4	Pt-197	10	20,0 j	332,0	Sm-125	100	9,5 m
108,2	Dy-165m	-	1,25 m	192,0	Mo-101	10	14,6 m	332,2	Hf-180m	40	5,5 j
109,3	Ta-182m	100	58,0 h	192,5	Te-59	2	45,1 h	333,0	Au-196	26	6,2 h
111,6	Fr-171	20	7,8 j	197,8	Yb-169	20	30,6 h	336,6	Ir-115m	100	4,5 j
113,0	Lu-177	15	6,75 h	198,3	Ta-168	20	85 d	340,3	Pm-151	30	27,5 j
113,0	Lu-177m	-	155 h	198,6	Ge-75	10	79 m	340,3	Pa-233	3	27,0 h
113,5	Yb-175	15	101 j	202,4	Y-90m	50	3,14 j	341,9	Ag-111	90	7,4 h
114,6	Nd-149	-	1,8 j	203,8	Hg-205	100	5,6 t	343,6	Hf-175	90	70,0 h
116,4	Nd-151	-	12,0 m	208,0	U-237	30	6,75 h	344,2	Eu-152	20	9,35 j
121,8	Eu-152m	70	9,35 j	208,2	Au-199	20	3,15 h	345,7	Hf-181	10	44,6 h
121,8	Eu-152	10	12,2 t	208,4	Lu-177m	-	155 h	346,3	Pt-197m	100	88,0 m
121,8	Zn-71	-	2,2 m	208,4	Lu-177	70	6,75 h	350,7	Pt-191	20	3,0 h
121,9	Co-57	80	270 h	211,4	Ge-77	50	11,3 j	352,0	Pb-214	-	Ra-226 series
122,6	Re-186	6	2,2 h	211,4	Nd-149	-	1,8 j	355,6	Zr-97	3	17,0 j
124,2	Be-131	30	11,5 h	212,3	Te-121m	90	154 h	355,7	Au-196	100	6,2 h
125,5	V-185	100	70,0 h	214,3	Hf-179m	10	19,0 d	356,0	Be-133	50	7,5 t
127,3	To-101	2	14,0 m	215,3	Hf-180m	30	5,5 j	356,6	Se-83	100	25 m
127,4	Ce-134m	100	3,15 j	215,5	Ge-77m	50	54 d	359,7	Pt-191	20	3,0 h
127,4	Ni-57	12	36,0 j	215,5	Ge-77	50	11,3 j	360,4	Gd-161	50	3,73 m
129,4	Os-191	100	14,6 h	215,8	Ru-97	90	2,88 h	361,0	Te-127m	10	105 h
130,0	Rb-105m	100	45 d	216,1	Be-131	20	11,5 h	361,2	Os-190m	25	10,0 m
133,1	Hf-181	30	44,6 h	224,9	Se-83	50	25 m	361,7	Dy-165	20	2,36 j
133,4	Ce-144 (Pr-144)	-	285 h (17,3 m)	225,8	Gd-159	3	18,0 j	363,5	Gd-159	100	18,0 j
133,9	Hg-197m	-	24,0 j	228,2	Np-239	20	2,35 h	364,5	I-131	80	8,08 h
134,3	V-187	10	24,0 j	228,5	Lu-177m	-	155 h	366,5	Ni-65	10	2,56 j
136,0	Se-75	30	121 h	231,5	Sr-85m	-	70 m	373,1	Ba-131	20	11,3 h
136,0	V-181	0,1	145 h	235,7	Nb-95m	100	90 j	373,6	Hg-199m	-	42,0 m
				238,6	Pb-212	-	Th-232 series	376,5	Pd-111	20	22,0 m

DAFTAR D

Nilai Persentil Distribusi F
 Bilangan dalam Daftar Menyatakan F_p
 untuk peluang p = 0,05



F_p

$\nu_1 \backslash \nu_2$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
1	161,4	199,5	215,7	224,6	230,2	234,0	236,8	238,9	240,5	241,9	243,9	245,9	248,0	249,1	250,1	251,1	252,2	253,3	254,3
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,35	19,37	19,38	19,40	19,41	19,43	19,45	19,45	19,46	19,47	19,48	19,49	19,50
3	10,13	9,55	9,23	9,12	9,01	8,94	8,89	8,85	8,81	8,79	8,74	8,70	8,66	8,64	8,62	8,59	8,57	8,55	8,53
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00	5,96	5,91	5,86	5,80	5,77	5,75	5,72	5,69	5,66	5,63
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,77	4,74	4,68	4,62	4,56	4,53	4,50	4,46	4,43	4,40	4,36
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10	4,06	4,00	3,94	3,87	3,84	3,81	3,77	3,74	3,70	3,67
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	3,64	3,57	3,51	3,44	3,41	3,38	3,34	3,30	3,27	3,23
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39	3,35	3,28	3,22	3,15	3,12	3,08	3,04	3,01	2,97	2,93
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,14	3,07	3,01	2,94	2,90	2,86	2,83	2,79	2,75	2,71
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	2,98	2,91	2,85	2,77	2,74	2,70	2,66	2,62	2,58	2,54
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90	2,85	2,79	2,72	2,65	2,61	2,57	2,53	2,49	2,45	2,40
12	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	3,00	2,91	2,85	2,80	2,75	2,69	2,62	2,54	2,51	2,47	2,43	2,38	2,34	2,30
13	4,67	3,81	3,41	3,18	3,03	2,92	2,83	2,77	2,71	2,67	2,60	2,53	2,46	2,42	2,38	2,34	2,30	2,25	2,21
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,76	2,70	2,65	2,60	2,53	2,46	2,39	2,35	2,31	2,27	2,22	2,18	2,13
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,71	2,64	2,59	2,54	2,48	2,40	2,33	2,29	2,25	2,20	2,16	2,11	2,07
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54	2,49	2,42	2,35	2,28	2,24	2,19	2,15	2,11	2,06	2,01
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,61	2,55	2,49	2,45	2,38	2,31	2,23	2,19	2,15	2,10	2,06	2,01	1,96
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,58	2,51	2,46	2,41	2,34	2,27	2,19	2,15	2,11	2,06	2,02	1,97	1,92
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,54	2,48	2,42	2,38	2,31	2,23	2,16	2,11	2,07	2,03	1,98	1,93	1,88
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,51	2,45	2,39	2,35	2,28	2,20	2,12	2,08	2,04	1,99	1,95	1,90	1,84
21	4,32	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,49	2,42	2,37	2,32	2,25	2,18	2,10	2,05	2,01	1,96	1,92	1,87	1,81
22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,46	2,40	2,34	2,30	2,23	2,15	2,07	2,03	1,98	1,94	1,89	1,84	1,78
23	4,28	3,42	3,03	2,80	2,64	2,53	2,44	2,37	2,32	2,27	2,20	2,13	2,05	2,01	1,96	1,91	1,86	1,81	1,76
24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,42	2,36	2,30	2,25	2,18	2,11	2,03	1,98	1,94	1,89	1,84	1,79	1,73
25	4,24	3,39	2,99	2,76	2,60	2,49	2,40	2,34	2,28	2,24	2,16	2,09	2,01	1,96	1,92	1,87	1,82	1,77	1,71
26	4,23	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,39	2,32	2,27	2,22	2,15	2,07	1,99	1,95	1,90	1,85	1,80	1,75	1,69
27	4,21	3,35	2,96	2,73	2,57	2,46	2,37	2,31	2,25	2,20	2,13	2,06	1,97	1,93	1,88	1,84	1,79	1,73	1,67
28	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56	2,45	2,36	2,29	2,24	2,19	2,12	2,04	1,96	1,91	1,87	1,82	1,77	1,71	1,65
29	4,18	3,33	2,93	2,70	2,55	2,43	2,35	2,28	2,22	2,18	2,10	2,03	1,94	1,90	1,85	1,81	1,75	1,70	1,64
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,33	2,27	2,21	2,16	2,09	2,01	1,93	1,89	1,84	1,79	1,74	1,68	1,62
40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,25	2,18	2,12	2,08	2,00	1,92	1,84	1,79	1,74	1,69	1,64	1,58	1,51
60	4,00	3,15	2,76	2,53	2,37	2,25	2,17	2,10	2,04	1,99	1,92	1,84	1,75	1,70	1,65	1,59	1,53	1,47	1,39
120	3,92	3,07	2,68	2,45	2,29	2,17	2,09	2,02	1,96	1,91	1,83	1,75	1,66	1,61	1,55	1,50	1,43	1,35	1,25
∞	3,84	3,00	2,60	2,37	2,21	2,10	2,01	1,94	1,88	1,83	1,75	1,67	1,57	1,52	1,46	1,39	1,32	1,22	1,00

Sumber : Handbook of Tables for Probability and Statistics [2]

Tabel. Sumber multigamma ^{152}Eu

Tenaga (KeV)	Yield
121,78	0,2820
244,75	0,0738
344,28	0,2640
367,76	0,0084
411,35	0,0221
444,05	0,308
778,90	0,1300

Tenaga (KeV)	Yield
867,38	0,0416
964,05	0,1448
1086,45	0,1014
1112,05	0,1355
1212,94	0,0139
1298,75	0,0163
1408,03	0,2070

Sumber : Spektrometri – Gamma (Wisnu Susetyo, 1983)

SAMPLING MARINE RADIOECOLOGY PERAIRAN SURABAYA

TANGGAL 22 S/D 24 JUNI 2004

No	LOKASI SAMPLING	GPS		POSISI	SUHU °C		pH	JENIS SAMPEL	KET WAKTU
		S	E		AIR	UDARA			
1	Tengah Kali Surabaya (Karang Pilang)	07° 20' 40,4"	112° 41' 30,9"		26°	29°	8,4	- Air sungai 2 × 5 l - Sedimen 2 × 2 kg - E. Gondok 2 × ¼ kg	Kamis, 24 Juni 2004 Pukul : 10.30 – 11.15 Cuaca : Cerah
2	Hilir Kali Surabaya (Gunung sari)	07° 18' 27"	112° 43' 12,2"		28°	30°	8,1	- Air sungai 2 × 5 l - Sedimen 2 × 2 kg - E. Gondok 2 × ¼ kg	Selasa, 22 Juni 2004 Pukul : 14.45 – 15.05 Cuaca : Cerah
3	Hulu Kali Mas (Darmokali)	07° 17' 23,0"	112° 44' 35,1"		27°	30°	8,0	- Air sungai 2 × 5 l - Sedimen 2 × 2 kg	Selasa, 22 Juni 2004 Pukul : 16.00 – 16.25 Cuaca : Cerah
4	Hulu Kali Wonokromo (Jagir Wonokromo)	07° 18' 01,5"	112° 44' 27,8"		27°	31°	8,1	- Air sungai 2 × 5 l - Sedimen 2 × 2 kg - E. Gondok 2 × ¼ kg	Selasa, 22 Juni 2004 Pukul : 13.45 – 14.07 Cuaca : Cerah
5	Muara Kali Wonokromo (Wonorejo)	07° 18' 28,9"	112° 47' 38,1"		29°	33°	8,0	- Air sungai 2 × 5 l - Sedimen 2 × 2 kg - E. Gondok 2 × ¼ kg	Selasa, 22 Juni 2004 Pukul : 12.00 – 12.30 Cuaca : Cerah
6	Pesisir Pantai Wonokromo	07° 16' 18,6"	112° 50' 37,2"		27°	28°	8,9	- Air laut 2 × 5 l - Sedimen 2 × 2 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
7	Muara Kali Sari	07° 15' 31,6"	112° 47' 57,1"		25°	33,5°	8,1	- Air sungai 2 × 5 l - Sedimen 2 × 2 kg	Selasa, 22 Juni 2004 Pukul : 10.25 – 10.45

B1-2

8	Pesisir Pantai Kenjeran (Sukolilo)	07° 14' 15,3"	112° 47' 54,4"	28°	37°	8,7	- T. Bakau 2 × ¼ kg - Air laut 2 × 5 l - Sedimen 2 × 2 kg - Ikan Belanak 2 kg	Cuaca : Cerah Rabu, 23 Juni 2004 Pukul : 10.50 – 12.30 Cuaca : Cerah Pengambilan ikan pukul 13.05 – 13.15 di Sukolilo
9	Pesisir Kedung Cowek (Kedinding)	07° 12' 19,5"	112° 47' 03,0"	28°	28°	8,6	- Air laut 2 × 5 l - Sedimen 2 × 2 kg - Ikan Glama 3 kg	Rabu, 23 Juni 2004 Pukul : 10.10 – 10.25 Cuaca : Cerah Pengambilan ikan pukul 14.40 – 14.45
10	Muara Kali Kedinding	07° 12' 59,1"	112° 46' 39,9"	26°	29°	8	- Air sungai 2 × 5 l - Sedimen 2 × 2 kg - E. Gondok 2 × ¼ kg	Selasa, 22 Juni 2004 Pukul : 08.20 – 08.40 Cuaca : Cerah
11	Muara Kali Anak (Morokrembangan)	07° 13' 40,8"	112° 42' 26,1"	26°	28°	8,1	- Air sungai 2 × 5 l - Sedimen 2 × 2 kg	Selasa, 22 Juni 2004 Pukul : 18.45 – 19.15 Cuaca : Cerah
12	Pesisir Pantai Morokrembangan	07° 13' 10,1"	112° 42' 20,9"	26°	26°	8,8	- Air laut 2 × 5 l - Sedimen 2 × 2 kg - Ikan Belanak 2 kg	Rabu, 23 Juni 2004 Pukul : 08.45 – 09.00 Cuaca : Cerah Pengambilan ikan pukul 14.55 – 15.00

KEGIATAN LABORATORIUM
(Preparasi Ikan)
di Laboratorium Dasar Inovasi Bahan Teknofisikokimia PPPTM BATAN
Jogjakarta

No	Keterangan Waktu	Kegiatan
1	1 Juli 2004	<ul style="list-style-type: none"> • Pencucian ikan <ul style="list-style-type: none"> - lokasi 6 (ikan Belanak) - lokasi 8 (ikan Belanak) - lokasi 9 (ikan Glama) - lokasi 12 (ikan Belanak) <p>Pencucian dilakukan dengan air lokasi setempat.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pembersihan sisip ikan • Pengambilan daging ikan dengan pisau bedah <i>stanless stell</i> • Penimbangan berat basah ikan, setelah diambil dagingnya. Lokasi 8 : berat basah ikan 650 gram Lokasi 6 : berat basah ikan 750 gram Lokasi 9 : berat basah ikan 600 gram • Penumbukan ikan untuk lokasi 8, dengan penambahan N₂ cair (agar ikan mudah halus). Ikan ditumbuk masih kasar.
2	2 Juli 2004	<ul style="list-style-type: none"> • Melanjutkan penumbukan ikan lokasi 8, sampai halus. • Penumbukan ikan lokasi 6, 12, 9 dengan penambahan N₂ cair, sampai halus.
3	7 Juli 2004	<ul style="list-style-type: none"> • Ikan dipanaskan pada mesin pemanas dengan suhu 80°C. Berat ikan yang dipanaskan masing-masing 100 gram. (lokasi 8,6,9 dan 12).
4	13 Juli 2004	<ul style="list-style-type: none"> • Setelah kering ikan lokasi 6,8,9, dan 12 ditumbuk agar lolos 100 mesh. Penumbukan dengan menggunakan Aghat.
5	19 Juli 2004	<ul style="list-style-type: none"> • Pengayakan ikan belanak lokasi 6, 8, 9 dan 12 lolos 100 mesh

KEGIATAN LABORATORIUM
(Preparasi Eceng Gondok)
di Laboratorium Dasar Inovasi Bahan Teknofisikokimia PPPTM BATAN
Jogjakarta

No	Keterangan Waktu	Kegiatan
1	2 Juli 2004	<ul style="list-style-type: none"> • Penumbukan eceng gondok lokasi 4 yang telah dipanaskan pada mesin pemanas selama \pm 3 hari dengan suhu 80°C, yang ditumbuk daun dan batangnya. Eceng gondok ditumbuk masih kasar.
2	6 Juli 2004	<ul style="list-style-type: none"> • Melanjutkan penumbukan eceng gondok lokasi 4, tumbukan masih kasar . • Timbang berat basah eceng gondok : Lokasi 1 : 560 gram Lokasi 4 : 700 gram Lokasi 10 : 1500 gram • Penumbukan eceng gondok lokasi 1, 4, dan 10 dengan penambahan N₂ cair, agar mudah halus, yang ditumbuk daun dan batangnya.
3	7 Juli 2004	<ul style="list-style-type: none"> • Timbang berat basah eceng gondok Lokasi 2 : 800 gram Lokasi 5 : 830 gram • Penumbukan E. Gondok lokasi 2 dan 5 dengan penambahan N₂ cair. • Pemanasan E. Gondok, yang diambil dari eceng gondok yang telah ditumbuk dengan penambahan N₂ cair, dengan berat masing-masing 100 gram, untuk lokasi 1, 2, 4, 5, 10. Pemanasan dilakukan pada mesin pemanas dengan suhu 80°C.
4	15 Juli 2004	<ul style="list-style-type: none"> • Penumbukan E. Gondok lokasi 1,2,4,5,10
5	16 Juli 2004	<ul style="list-style-type: none"> • Penumbukan E. Gondok sampai halus
6	20 Juli 2004	<ul style="list-style-type: none"> • Pengayakan E. Gondok lokasi 4 dan 5 lolos 100 mesh
7	21 Juli 2004	<ul style="list-style-type: none"> • Pengayakan E. Gondok lokasi 1,2, dan 10 lolos 100 mesh

KEGIATAN LABORATORIUM
(Preparasi Tanaman Bakau)
di Laboratorium Dasar Inovasi Bahan Teknofisikokimia PPPTM BATAN
Jogjakarta

No	Keterangan Waktu	Kegiatan
1	2 Juli 2004	<ul style="list-style-type: none"> • Penumbukan T. bakau lokasi 7 yang telah dipanaskan selama \pm 3 hari dengan suhu 80°C pada mesin pemanas, yang ditumbuk hanya daunnya saja.
2	6 Juli 2004	<ul style="list-style-type: none"> • Timbang berat basah T. bakau lokasi 7 : 560 gram. • Penumbukan T. bakau lokasi 7 dengan penambahan N₂ cair, yang ditumbuk daunnya saja.
3	2 Agustus 2004	<ul style="list-style-type: none"> • Pengayakan T. bakau lokasi 7 lolos 100 mesh.

KEGIATAN LABORATORIUM
(Preparasi Sedimen)
di Laboratorium Dasar Inovasi Bahan Teknofisikokimia PPPTM BATAN
Jogjakarta

No	Keterangan Waktu	Kegiatan
1	7 Juli 2004	<ul style="list-style-type: none"> • Sedimen dipanaskan pada alat pemanas dengan suhu 80°C, pada lokasi 1, 2, 3, 4, 5, 10, 11 untuk daerah sungai sedangkan lokasi 6, 7, 8, 9 dan 12 untuk daerah pantai.
2	8 Juli 2004	<ul style="list-style-type: none"> • Pengadukan sedimen yang masih dalam proses pemanasan, agar pengeringan dapat merata.
3	12 Juli 2004	<ul style="list-style-type: none"> • Penumbukan sedimen lokasi 1, 2, 4, 6, dan 7
4	13 Juli 2004	<ul style="list-style-type: none"> • Penumbukan sedimen lokasi 3,5,8,9,10,11, dan 12
5	22 Juli 2004	<ul style="list-style-type: none"> • Pengayakan sedimen lokasi 4, 5 dan 7 lolos 100 mesh.
6	23 Juli 2004	<ul style="list-style-type: none"> • Pengayakan sedimen lokasi 5, 6, dan 8 lolos 100 mesh.
7	29 Juli 2004	<ul style="list-style-type: none"> • Pengayakan sedimen lokasi 10 dan 12 lolos 100 mesh
8	2 Agustus 2004	<ul style="list-style-type: none"> • Pengayakan sedimen lokasi 1, 2, 3, 9, dan 11 lolos 100 mesh

KEGIATAN LABORATORIUM
(Preparasi Air Sungai dan Air Laut)
di Laboratorium Dasar Inovasi Bahan Teknofisikokimia PPPTM BATAN
Jogjakarta

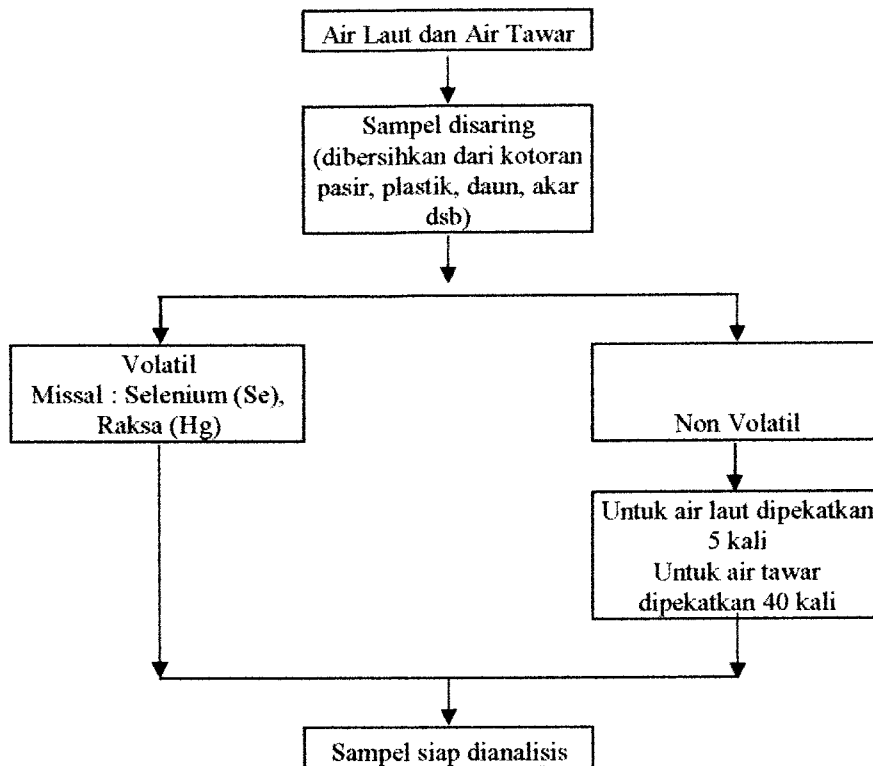
No	Keterangan Waktu	Kegiatan
1	7 Juli 2004	<ul style="list-style-type: none"> • Persiapan preparasi air : - Persiapan kertas saring (dibentuk)
2	8 Juli 2004	<ul style="list-style-type: none"> • Penyaringan air, disaring dengan kertas saring kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur sebanyak 1000 ml : - Lokasi 1 (air sungai) - Lokasi 2 (air sungai) - Lokasi 3 (air sungai)
3	3 Agustus 2004	<ul style="list-style-type: none"> • Pemekatan air sungai Lokasi 1 dan 3, dipekatkan sebanyak 40 kali, dalam kompor listrik (tp belum dikeringkan di lampu pemanas sampai 25 ml). • Wadah cuplikan air direndam dengan HNO₃ selama 1 hari, agar wadah bebas dari unsur-unsur lain yang tidak diinginkan. • Penyaringan air Lokasi 4 dan 5 sebanyak 1000 ml
4	4 Agustus 2004	<ul style="list-style-type: none"> • Penyaringan air sungai lokasi 7 sebanyak 1000 ml. • Wadah cuplikan ditiriskan dari HNO₃ kemudian dicuci dengan air, dikeringkan. • Pemekatan air sungai - Lokasi 1, 3 dan 7 sampai 25 ml, dan telah melalui pengeringan dengan lampu pemanas, taruh dalam botol plastik berlabel. Air siap untuk dianalisis.
5	5 Agustus 2004	<ul style="list-style-type: none"> • Penyaringan air sungai lokasi 10,11 • Penyaringan air laut lokasi 6 • Pemekatan air sungai Lokasi 4,2, 10, cuplikan siap dianalisis.
6	6 Agustus 2004	<ul style="list-style-type: none"> • Pemekatan air sungai lokasi 5 (blm selesai) • Penyaringan air laut lokasi 8
7	9 Agustus 2004	<ul style="list-style-type: none"> • Pemekatan air sungai lokasi 5 dan 10, air dimasukkan dalam botol plastik berlabel sebanyak 25 ml. Air siap untuk dianalisis. • Penyaringan air laut lokasi 11 • Pemekatan air sungai lokasi 11 (blm selesai)
8	10 Agustus 2004	<ul style="list-style-type: none"> • Air Sungai lokasi 11 dimasukkan dalam botol berlabel. Siap untuk dianalisis.
9	11 Agustus 2004	<ul style="list-style-type: none"> • Pemekatan air laut

		<ul style="list-style-type: none">- Lokasi 6 : dipekatkan 5 kali, sampai menjadi 200 ml. Dimasukkan dalam wadah berlabel. Siap dianalisis.- Lokasi 8 : dipekatkan 5 kali, sampai menjadi 200 ml. Dimasukkan dalam wadah berlabel. Siap dianalisis.• Penyaringan air laut lokasi 12 sebanyak 1000 ml.
10	12 Agustus 2004	<ul style="list-style-type: none">• Pemekatan air laut- Lokasi 9 : dipekatkan 5 kali, sampai menjadi 200 ml. Dimasukkan dalam wadah berlabel. Siap dianalisis.- Lokasi 12 : dipekatkan 5 kali, sampai menjadi 200 ml. Dimasukkan dalam wadah berlabel. Siap dianalisis.

KEGIATAN LABORATORIUM
(Preparasi Ikan)
di Laboratorium Dasar Inovasi Bahan Teknofisikokimia PPPTM BATAN
Jogjakarta

No	Keterangan Waktu	Kegiatan
1	1 Juli 2004	<ul style="list-style-type: none"> • Pencucian ikan <ul style="list-style-type: none"> - lokasi 6 (ikan Belanak) - lokasi 8 (ikan Belanak) - lokasi 9 (ikan Glama) - lokasi 12 (ikan Belanak) <p>Pencucian dilakukan dengan air lokasi setempat.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pembersihan sisip ikan • Pengambilan daging ikan dengan pisau bedah <i>stanless stell</i> • Penimbangan berat basah ikan, setelah diambil dagingnya. Lokasi 8 : berat basah ikan 650 gram Lokasi 6 : berat basah ikan 750 gram Lokasi 9 : berat basah ikan 600 gram • Penumbukan ikan untuk lokasi 8, dengan penambahan N₂ cair (agar ikan mudah halus). Ikan ditumbuk masih kasar.
2	2 Juli 2004	<ul style="list-style-type: none"> • Melanjutkan penumbukan ikan lokasi 8, sampai halus. • Penumbukan ikan lokasi 6, 12, 9 dengan penambahan N₂ cair, sampai halus.
3	7 Juli 2004	<ul style="list-style-type: none"> • Ikan dipanaskan pada mesin pemanas dengan suhu 80°C. Berat ikan yang dipanaskan masing-masing 100 gram. (lokasi 8,6,9 dan 12).
4	13 Juli 2004	<ul style="list-style-type: none"> • Setelah kering ikan lokasi 6,8,9, dan 12 ditumbuk agar lolos 100 mesh. Penumbukan dengan menggunakan Aghat.
5	19 Juli 2004	<ul style="list-style-type: none"> • Pengayakan ikan belanak lokasi 6, 8, 9 dan 12 lolos 100 mesh

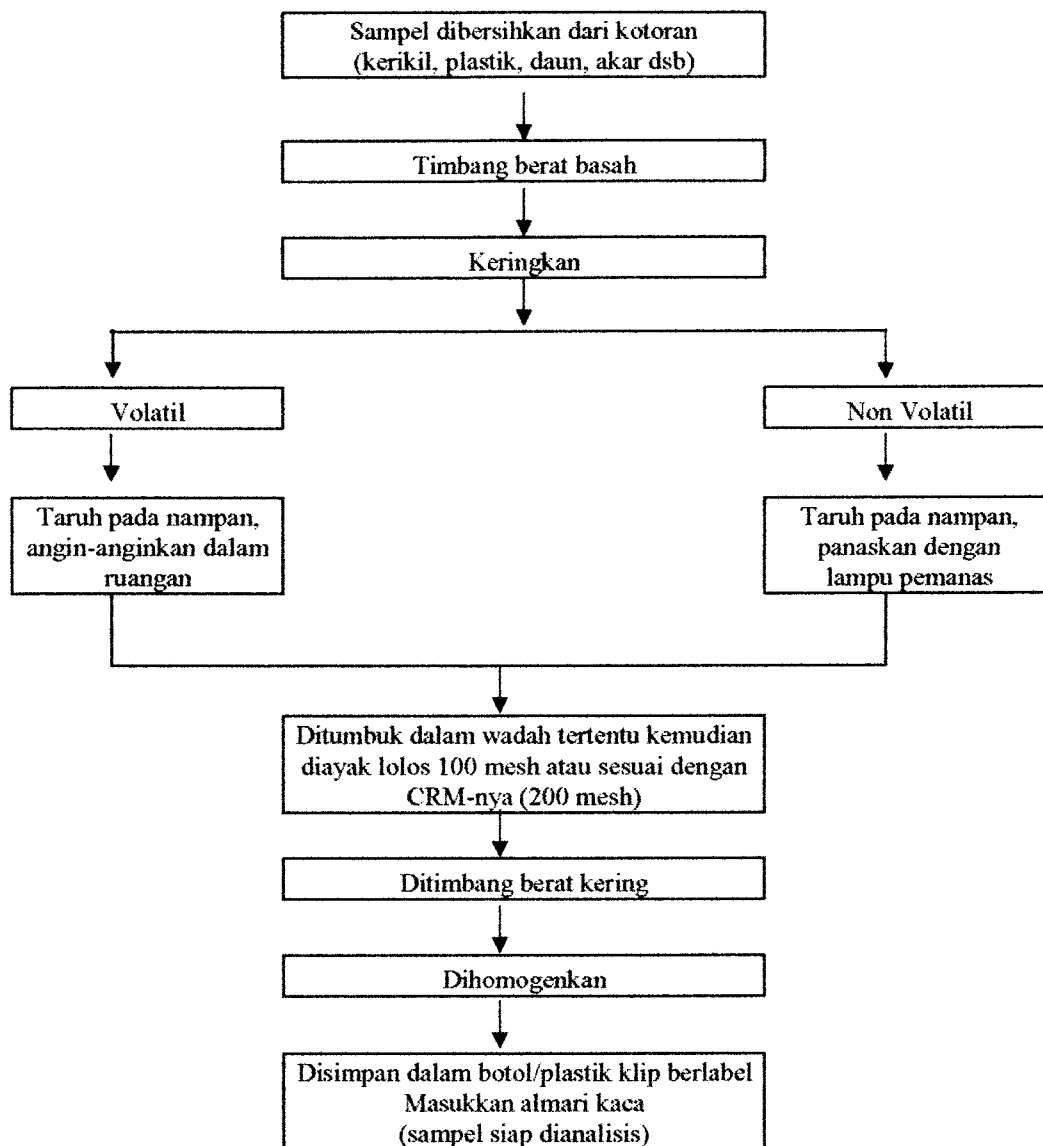
Metode Preparasi Cuplikan Air



Skema Metode Preparasi Sampel Air

Sumber : Diktat kursus (sampling dan preparasi sampel lingkungan)
Agus Taftazani, P3TM-BATAN, 2004

Metode Preparasi Cuplikan Sedimen

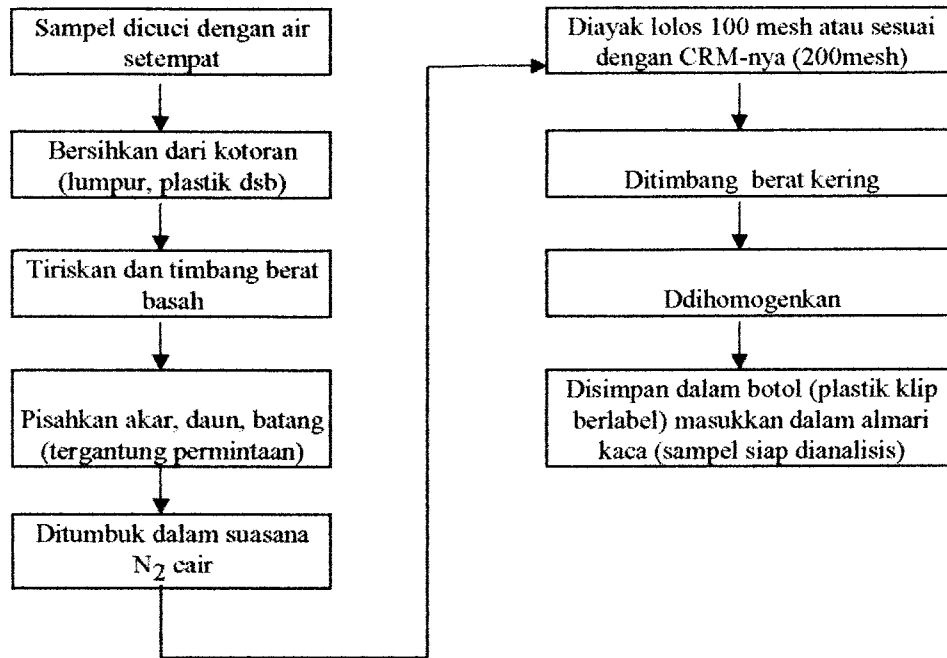


Skema Metode Preparasi Sampel sedimen

Sumber : Diktat kursus (sampling dan preparasi sampel lingkungan)

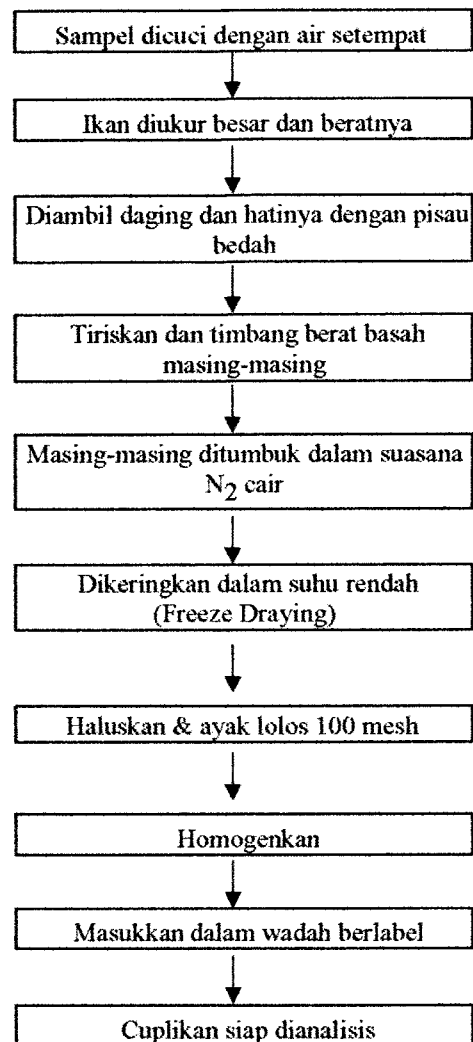
Agus Taftazani, P3TM-BATAN, 2004

**Metode Preparasi Cuplikan Tanaman Air
(Eceng Gondok, Tanaman Bakau)**



Skema Metode Preparasi Sampel Tanaman Air
Sumber : Diktat kursus (sampling dan preparasi sampel lingkungan)
Agus Taftazani, P3TM-BATAN, 2004

Metode Preparasi Cuplikan Ikan



Skema Metode Preparasi Sampel Ikan

Sumber : Diktat kursus (sampling dan preparasi sampel lingkungan)
Agus Taftazani, P3TM-BATAN, 2004

**PERHITUNGAN KALIBRASI TENAGA DAN EFISIENSI
SPEKTROMETER GAMMA (DETEKTOR HPGe)**

Kalibrasi Tenaga

Data kalibrasi tenaga menggunakan sumber standar multi gamma ^{152}Eu .

No	No.Salur (Xi)	Tenaga (Yi)	X_i^2	Y_i^2	$X_i \cdot Y_i$
1	391	121,78	152881	14830,37	47615,98
2	815	244,69	664225	59873,2	199422,35
3	1159	344,28	1343281	118528,7	399020,52
4	1504	433,98	2262016	188338,6	652705,92
5	2659	778,9	7070281	606685,2	2071095,1
6	3294	963,43	10850436	928197,4	3173538,42
7	3811	1112,08	14523721	1236722	4238136,88
8	4830	1408,03	23328900	1982548	6800784,9
Σ	18463	5407,17	60195741	5135724	17582320
Persamaan Regresi			$Y = 0,2901X + 6,157$		
$r = 0,9999$					

Sumber : Data Primer, Oktober 2004

Nilai-nilai ;

$$\Sigma X_i = 18463$$

$$\Sigma X_i^2 = 60195741$$

$$\Sigma Y_i = 5407,17$$

$$\Sigma Y_i^2 = 5135724$$

$$\Sigma X_i \cdot Y_i = 17582320$$

$$\bar{x} = 2307,875$$

$$\bar{Y} = 675,8963$$

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

$$a = \frac{\Sigma X_i \cdot Y_i - \frac{\Sigma X_i \cdot \Sigma Y_i}{n}}{\Sigma X_i^2 - \frac{(\Sigma X_i)^2}{n}} = \frac{17582320 - \frac{18463 \cdot 5407,17}{8}}{60195741 - \frac{(18463)^2}{8}}$$

$$= 0,290197$$

- Nilai b dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$b = \frac{\Sigma Y_i}{n} - a \frac{\Sigma X_i}{n} = \frac{5407,17}{8} - 0,290197 \cdot \frac{18463}{8}$$

$$= 6,157$$

- Dari kedua nilai a dan b tersebut didapat harga persamaan garis : $Y = 0,2901X + 6,157$
- Koefisien korelasi (r) yang merupakan kelinieran persamaan garis tersebut adalah :

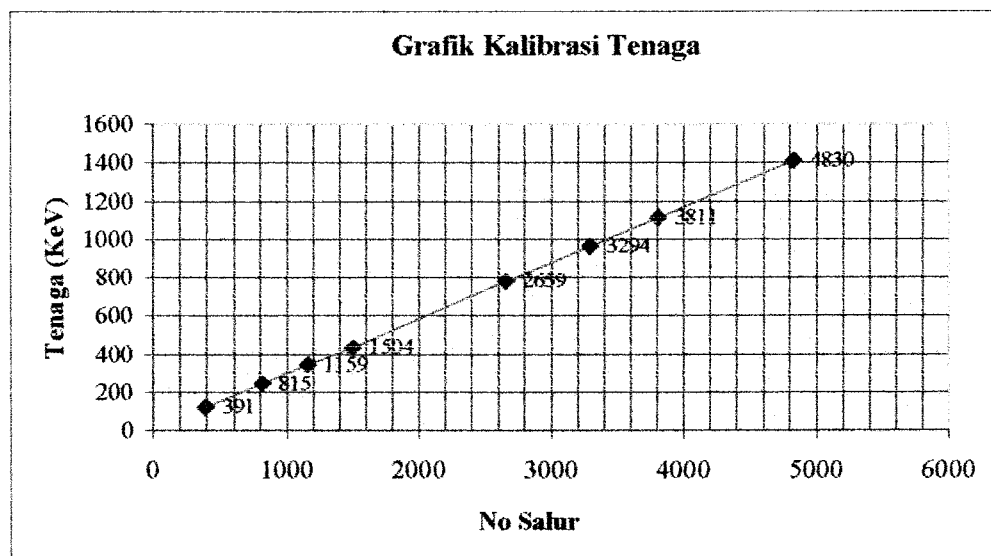
$$r = \frac{\sum (X_i - \bar{X}) \cdot (Y_i - \bar{Y})}{\left[\sum (X_i - \bar{X})^2 \cdot \sum (Y_i - \bar{Y})^2 \right]^{1/2}}$$

$$= \frac{\sum (18463 - 2307,875) \cdot (5407,17 - 675,89)}{\left[\sum (18463 - 2307,875)^2 \cdot \sum (5407,17 - 675,89)^2 \right]^{1/2}}$$

$$= \frac{76434419,8}{76434419,82}$$

$$= 0,9999$$

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



Gambar : Grafik kalibrasi tenaga Spektrometer gamma (detektor HPGe dan software Genie 2000) $Y = 0,2901X + 6,157$ dan $r = 0,9999$

Kalibrasi Efisiensi

- Data kalibrasi efisiensi :
- Sumber standard ^{152}Eu
- Waktu paro ($T^{1/2}$) $^{152}\text{Eu} = 13,1$ Tahun ; 4666,74 hari
- Aktivitas sumber (A_0) : $1,975 \times 10^5$ dps (15 - 6 - 1979)
- Tanggal Kalibrasi : 19 - 10 - 2004

- Jarak sumber – detektor : 30 cm
- Dari data yang didapat dapat dicari :
- Waktu tunda (t)
Tanggal kalibrasi = 19-10-2004
Tanggal pembuatan = 15-6-1979
Maka waktu tunda (t) adalah = 25,339 Tahun
- Setelah memperoleh waktu tunda, dapat dilanjutkan dengan mencari Aktivitas mutlak dengan persamaan sebagai berikut :

$$A_t = A_0 \cdot e^{-0,693 \cdot t / T_{1/2}}$$

$$= 1,975 \times 10^5 \text{ dps} \cdot e^{-0,693 \cdot 25,339 / 13,1}$$

$$= 51691,12698 \text{ dps}$$

- Perhitungan Efisiensi
- Nilai laju cacah (cps) dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Laju cacah (cps)} = \frac{\text{netto}}{t}$$

$$= \frac{38501}{300 \text{ detik}} = 128,33 \text{ dps}$$

- Nilai Yield [Y(E)] dari tabel Erdtmann dan Soyka, 1979.
- Efisiensi [$\epsilon(E)$] dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\% \epsilon(E) = \frac{\text{cps}}{\text{dps} \cdot Y(E)} \cdot 100\%$$

$$= \frac{128,33}{51691,12698 \cdot 0,2820} \cdot 100\% = 0,873961 \%$$

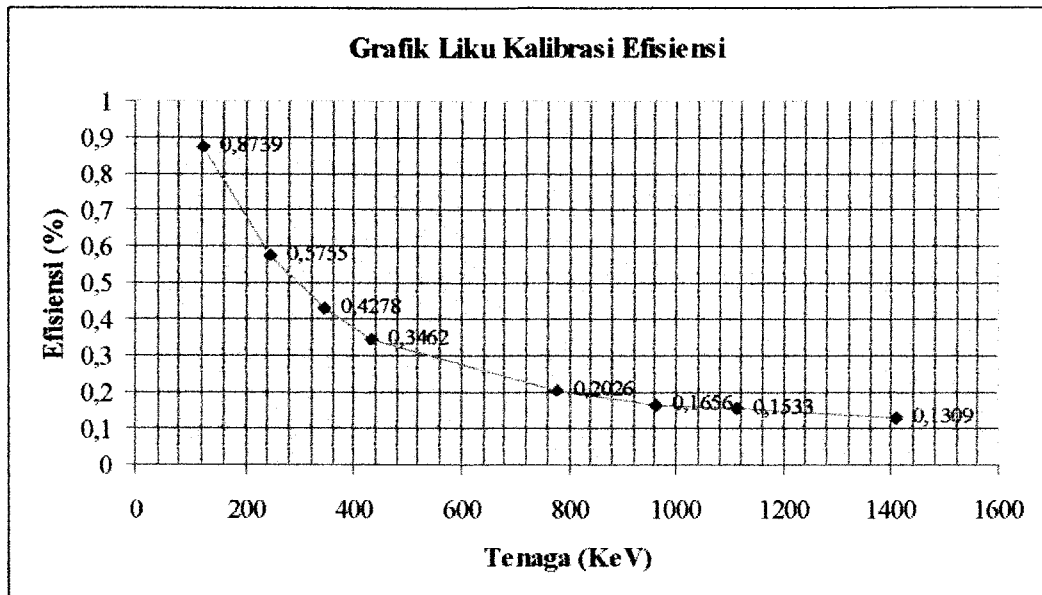
$$\epsilon(E) = \frac{\text{cps}}{\text{dps} \cdot Y(E)} = \frac{128,33}{51691,12698 \cdot 0,2820} = 0,00874$$

Data Efisiensi pencacahan standar multi gamma ^{152}Eu

No	No. Salur	Tenaga (E)	Yield	netto	Cps	Efisiensi $\epsilon(E)$	% $\epsilon(E)$
1	391	121,78	0,282	38501	128,336667	0,00874	0,873961
2	815	244,69	0,0736	6618	22,06	0,005756	0,575597
3	1159	344,28	0,264	17646	58,82	0,004279	0,42787
4	1504	433,98	0,0308	1666	5,55333333	0,003463	0,346253
5	2659	778,9	0,13	4116	13,72	0,002027	0,202676
6	3294	963,43	0,1448	3746	12,4866667	0,001656	0,165603
7	3811	1112,08	0,1335	3198	10,66	0,001533	0,153344
8	4830	1408,03	0,207	4234	14,1133333	0,001309	0,130933

Sumber : Data Primer, Oktober 2004

- Nilai tenaga (E) versus efisiensi ($\% \epsilon(E)$) diplotkan kedalam grafik yang menghasilkan grafik liku kalibrasi efisiensi seperti terlihat pada gambar berikut ini.



Gambar : Grafik liku kalibrasi efisiensi Spektrometer gamma (detektor HPGe dan software Genie 2000)

- Dari gambar 4.2, untuk tenaga (E) > 300 Kev mendekati garis lurus yang menjelaskan bahwa kalibrasi dapat diolah dengan menggunakan teknik regresi linier sehingga didapatkan persamaan $Y = aX + b$, untuk tenaga (E) < 300 KeV tidak dapat diolah dengan teknik regresi linier.

- Nilai X_i diperoleh dari tenaga (E) > 300 keV yang di \ln kan menjadi :

$$X_i = \ln(E)$$

$$= \ln(344,28) = 5,8415$$

Demikian juga untuk tenaga (E) > 300 keV lainnya

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

$$Y_i = \ln[\epsilon(E)]$$

$$= \ln[0,00874] = -4,73985$$

- Demikian juga untuk efisiensi $\epsilon(E)$ dari tenaga (E) > 300 keV selanjutnya.

Data nilai Xi dan Yi kalibrasi Efisiensi

No	No. Salur	Tenaga (E)	Xi = ln E	Yi = ln ε (E)	Xi ²	Yi ²	Xi.Yi
1	391	121,78	4,8022	-4,73985	23,06112	22,4661306	-22,7617
2	815	244,69	5,4999	-5,15751	30,2489	26,5999094	-28,36579
3	1159	344,28	5,8415	-5,454	34,1231	29,74644	-31,85954
4	1504	433,98	6,073	-5,66562	36,88133	32,09925	-34,40731
5	2659	778,9	6,6579	-6,20119	44,32763	38,4547574	-41,2869
6	3294	963,43	6,8705	-6,40335	47,20377	41,0028912	-43,99422
7	3811	1112,08	7,014	-6,48052	49,1962	41,9971395	-45,45437
8	4830	1408,03	7,2499	-6,63849	52,56105	44,0695495	-48,12839
Σ			39,7068	-36,8432	264,2931	227,37	-245,13073
Persamaan garis kalibrasi efisiensi ; Y = -0,86090X - 0,4432							

Sumber : Data Primer, Oktober 2004

Nilai-nilai ;

$$\sum Xi = 39,7068$$

$$\sum Xi^2 = 264,2931$$

$$\sum Yi = -36,8432$$

$$\sum Yi^2 = 227,37$$

$$\sum Xi \cdot Yi = -245,13073$$

$$\bar{x} = 6,6178$$

$$\bar{Y} = -6,1405$$

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

$$a = \frac{\sum Xi \cdot Yi - \frac{\sum Xi \cdot \sum Yi}{n}}{\sum Xi^2 - \frac{(\sum Xi)^2}{n}} = \frac{(-245,13073) - \frac{39,7068 \cdot (-36,8432)}{6}}{264,2931 - \frac{(39,7068)^2}{6}} = -0,86090$$

- Nilai b dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$b = \frac{\sum Yi}{n} - a \frac{\sum Xi}{n} = \left(\frac{-36,8432}{6} \right) - \left\{ (-0,86090) \cdot \left(\frac{39,7068}{6} \right) \right\} = -0,4432$$

- Koefisien hasil kali (r) yang merupakan kelinieran persamaan garis tersebut adalah :

$$r = \frac{\sum (Xi - \bar{X}) \cdot (Yi - \bar{Y})}{\left[\sum (Xi - \bar{X})^2 \cdot \sum (Yi - \bar{Y})^2 \right]^{1/2}} = \frac{\sum (39,7068 - 6,6178) \cdot ((-36,8432) - (-6,1405))}{\left[\sum (39,7068 - 6,6178)^2 \cdot ((-36,8432) - (-6,1405))^2 \right]^{1/2}}$$

$$= \frac{-1015,9216}{1015,92164} = -0,99999 \longrightarrow \text{nilai mutlak menjadi } 0,99999$$

- Nilai r (koefisien korelasi) = 0,99999 ; sudah mendekati 1 yang berarti cukup baik.
- Dari persamaan regresi linier $Y = -0,8609X - 0,4432$ disubstitusikan nilai $X = X_i$ sebagai \ln tenaga (E) dan $Y = Y_i$ sebagai $\ln \varepsilon$ (E) ; yang menjadi persamaan sebagai berikut :

$$Y = -0,8609X - 0,4432$$

$$Y_i = -0,8609X - 0,4432$$

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

$$Y_i = \ln \varepsilon(E)$$

maka,

$$\text{efisiensi } (\%) \varepsilon(E) = e^{Y_i}$$

- Dari persamaan regresi linier diatas disubstitusikan nilai X_i dan Y_i hasil pencacahan yang akhirnya diperoleh efisiensi sebagai berikut :

$$\text{Apabila } X_i = 344,28$$

$$Y_i = -0,8609[\ln(344,28)] - 0,4432$$

$$Y_i = -5,47214$$

Maka,

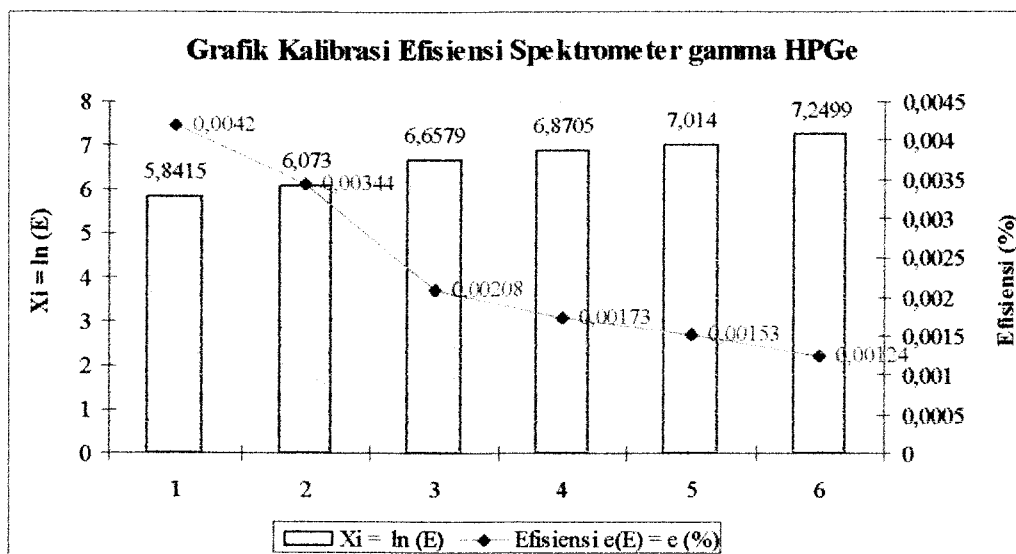
- efisiensi $(\%) \varepsilon(E) = e^{Y_i} = e^{(-5,47214)} = 0,004202$

Data hasil kalibrasi efisiensi

No	No. Salur	Tenaga (E)	$X_i = \ln(E)$	a	b	$Y_i = aX_i + b$	Efisiensi $\varepsilon(E) = e^{Y_i}$ (%)
1	1159	344,28	5,8415	-0,8609	-0,4432	-5,47214	0,0042
2	1504	433,98	6,073	-0,8609	-0,4432	-5,67144	0,00344
3	2659	778,9	6,6579	-0,8609	-0,4432	-6,17498	0,00208
4	3294	963,43	6,8705	-0,8609	-0,4432	-6,35801	0,00173
5	3811	1112,08	7,014	-0,8609	-0,4432	-6,48155	0,00153
6	4830	1408,03	7,2499	-0,8609	-0,4432	-6,68463	0,00124

Sumber : Data Primer, Oktober 2004

- Nilai tenaga (E) versus efisiensi $(\%) \varepsilon(E)$ diplotkan kedalam grafik yang menghasilkan grafik liku kalibrasi efisiensi seperti terlihat pada gambar berikut ini.



Gambar : Grafik Kalibrasi efisiensi Spektrometer gamma (detektor HPGe dan software Genie 2000) $Y = -0,86090X - 0,4432$ dan $r = 0,9999$

Metode Komparatif
DATA HASIL CACAH UNSUR As, Cd
DALAM CUPLIKAN AIR SUNGAI dan AIR LAUT DI PERAIRAN SURABAYA
PADA IRADIASI 2 x 6 JAM FASILITAS LAZY SUSAN, FLUX NEUTRON : $1,05 \times 10^{11}$ n.cm⁻².dt⁻¹
DAN t CACAH 600 DETIK

Diiradiasi : 7 - 10 - 2004 W sampel : 2 ml (TRIPLE)
 T Shut Down : 14.56 WIB
 Dicacah : 8 - 10 - 2004 Kadar unsur dalam standar :
 T1/2 : 76 As = 1,10 hari = 26,4 jam As : 5 ppm
 115 Cd = 2,3 hari = 55,2 jam Cd : 20 ppm

No	Kode Cuplikan	Unsur (isotop)	Tenaga KeV	T tunda (jam)	Netto	Cps _o Blank	Cps _o Cuplikan	Cps _o Std	Kadar (µg/ml)	Kadar Rata-rata Unsur As	Kadar Rata-rata Unsur Cd	Presi As (%)	Presi Cd (%)	
1	Std. Camp	As	559	19,383	7579			21,009						
		Cd	336,3	19,383	109			0,231						
	Blangko	As		20,191	3	0,00828								
		Cd		20,191	54,5	0,11679								
	AS - 1 - 1	As		19,766	113			0,316		0,00183				
		Cd		19,766	55			0,1174		0,00267				
AS - 1 - 2	As		20,016	84			0,237		0,00136					
	Cd		20,016	0			0		0					
AS - 1 - 3	As		20,216	12			0,0340		0,000153					
	Cd		20,216	20			0,0429		-0,3232					
2	Std. Camp	As	559	20,633	810			2,320						
		Cd	336,3	20,633	846			1,866						
Blangko	As		20,191	3	0,00828									
	Cd		20,191	54,5	0,11679									
AS - 2 - 1	As		21	100			0,288		0,0151					
	Cd		21	45			0,098		-0,00537					

3	AS - 2 - 2	As		21,2	82			0,249				0,0124	0,02045 ±	92,20	60,88
	AS - 2 - 3	Cd		21,2	74			0,160				0,0123	0,008		
		As		21,9	72			0,213				0,0110			
	Std. Camp	Cd		21,9	99			0,217				0,0286			
		As	559	22,3	6123					18,325					
	Blangko	Cd	336,3	22,3	369					0,814					
		As		20,191	3		0,00828								
	AS - 3 - 1	Cd		20,191	54,5		0,11679								
		As		22,466	25			0,075				0,00045			
	AS - 3 - 2	Cd		22,466	63			0,139				0,01599			
		As		22,65	57			0,1721				0,00111	0,030037 ±	37,50	13,44
	AS - 3 - 3	Cd		22,65	195			0,2099				0,06677	0,026		
As			22,85	161			0,4882				0,00327				
Std. Camp	Cd		22,85	57			0,127				0,00735				
	As	559	23,216	6398					19,613						
Blangko	Cd	336,3	23,216	453					1,010						
	As		20,191	3		0,00828									
AS - 4 - 1	Cd		20,191	54,5		0,11679									
	As		23,383	94			0,288				0,0017				
AS - 4 - 2	Cd		23,383	213			0,476				0,2010	0,119833 ±	47,36	45,75	
	As		23,566	37			0,1143				0,0006	0,065			
AS - 4 - 3	Cd		23,566	147			0,329				0,1187				
	As		23,733	179			2,420				0,0034				
Std. Camp	Cd		23,733	84			0,188				0,0398				
	As	559	24,083	6078					19,061						
Blangko	Cd	336,3	24,083	481					1,084						
	As		20,191	3		0,00828									
AS - 5 - 1	Cd		20,191	54,5		0,11679									
	As		24,266	458			1,475				0,0096				
AS - 5 - 2	Cd		24,266	317			0,716				0,3097				
	As		24,45	880			2,785				0,0182	0,208400 ±	54,68	51,53	
Std. Camp	Cd		24,45	14			0,031				-0,0443				

6	AS - 5 - 3	As		24,616	258			0,820				0,0053							
		Cd		24,616	143			0,324				0,1071							
	Std. Camp	As	559	25,0166	5644														
		Cd	336,3	25,0166	168														
	Blangko	As		20,191	3	0,00828													
		Cd		20,191	54,5	0,11679													
	AL - 6 - 1	As		25,2	1			0,0032					-0,00027						
		Cd		25,2	0			0					0						
	AL - 6 - 2	As		25,36	3			0,0097					0,000079						
		Cd		25,36	79			0,1810					0,9641						
	AS - 6 - 3	As		25,55	0			0					0						
		Cd		25,55	21			0,0482					-1,02891						
7	Std. Camp	As	559	25,916	4910														
		Cd	336,3	25,916	397														
	Blangko	As		20,191	3	0,00828													
		Cd		20,191	54,5	0,11679													
	AS - 7 - 1	As		26,1	523			1,728					0,0133						
		Cd		26,1	48			0,111					-0,0036						
	AS - 7 - 2	As		26,283	227			0,754					0,0057						
		Cd		26,283	62			0,143					0,0164						
	AS - 7 - 3	As		26,466	768			2,564					0,0187						
		Cd		26,466	84			0,195					0,0489						
	Std. Camp	As	559	26,833	4059														
		Cd	336,3	26,833	81														
8	Blangko	As		20,191	3	0,00828													
		Cd		20,191	54,5	0,11679													
	AL - 8 - 1	As		27,13	5			0,0169					0,00063						
		Cd		27,13	4			0,0093					-5,9503						
	AL - 8 - 2	As		27,28	3			0,0102					0,000142						
		Cd		27,28	15			0,0352					-4,5189						
	AL - 8 - 3	As		27,46	0			0					0						
		Cd		27,46	57			0,1341					0,9591						

Astri Chairina / 00.513.042 / Teknik Lingkungan UII Jogjakarta
 Pembimbing : Dr. Ir. Agus Taftazani dan Luqman Hakim, ST, Msi
 Judul Penelitian : "Distribusi Pencemaran Logam Berat (As, Cd, Zn, Co) Dalam Cuplikan Air, Sedimen dan Biota di Perairan Surabaya"

9	Std. Camp	As	559	27,8						16,613					
		Cd	336,3	27,8						0,2008					
	Blangko	As		20,191	3	0,00828									
		Cd		20,191	54,5	0,11679									
	AL - 9 - 1	As		28,0	7				0,0243						
		Cd		28,0	0				0						
	AL - 9 - 2	As		28,183	18				0,0628						
		Cd		28,183	55				0,1304						
	AL - 9 - 3	As		28,533	0				0						
		Cd		28,533	58				0,1383						
10	Std. Camp	As	559	28,733	4760					16,866					
		Cd	336,3	28,733	284					0,679					
Blangko	As		20,191	3	0,00828										
	Cd		20,191	54,5	0,11679										
AS - 10 - 1	As		28,9	35				0,124							
	Cd		28,9	143				0,342							
AS - 10 - 2	As		29,083	260				0,929							
	Cd		29,083	200				0,479							
AS - 10 - 3	As		29,266	299				1,074							
	Cd		29,266	92				0,221							
11	Std. Camp	As	559	29,616	4297					15,582					
		Cd	336,3	29,616	290					0,7005					
Blangko	As		20,191	3	0,00828										
	Cd		20,191	54,5	0,11679										
AS - 11 - 1	As		29,8	16				0,6583							
	Cd		29,8	62				0,1502							
AS - 11 - 2	As		29,98	0				0							
	Cd		29,98	57				0,1384							
AS - 11 - 3	As		30,15	9				0,0330							
	Cd		30,15	0				0							
12	Std. Camp	As	559	30,516	4516					10,061					
		Cd	336,3	30,516	301					0,7348					
Blangko	As		20,191	3	0,00828										
	Cd		20,191	54,5	0,11679										
AS - 11 - 1	As		29,8	16				0,6583							
	Cd		29,8	62				0,1502							
AS - 11 - 2	As		29,98	0				0							
	Cd		29,98	57				0,1384							
AS - 11 - 3	As		30,15	9				0,0330							
	Cd		30,15	0				0							
11	Std. Camp	As	559	29,616	4297					15,582					
		Cd	336,3	29,616	290					0,7005					
Blangko	As		20,191	3	0,00828										
	Cd		20,191	54,5	0,11679										
AS - 11 - 1	As		29,8	16				0,6583							
	Cd		29,8	62				0,1502							
AS - 11 - 2	As		29,98	0				0							
	Cd		29,98	57				0,1384							
AS - 11 - 3	As		30,15	9				0,0330							
	Cd		30,15	0				0							
12	Std. Camp	As	559	30,516	4516					10,061					
		Cd	336,3	30,516	301					0,7348					
Blangko	As		20,191	3	0,00828										
	Cd		20,191	54,5	0,11679										
AS - 11 - 1	As		29,8	16				0,6583							
	Cd		29,8	62				0,1502							
AS - 11 - 2	As		29,98	0				0							
	Cd		29,98	57				0,1384							
AS - 11 - 3	As		30,15	9				0,0330							
	Cd		30,15	0				0							
11	Std. Camp	As	559	29,616	4297					15,582					
		Cd	336,3	29,616	290					0,7005					
Blangko	As		20,191	3	0,00828										
	Cd		20,191	54,5	0,11679										
AS - 11 - 1	As		29,8	16				0,6583							
	Cd		29,8	62				0,1502							
AS - 11 - 2	As		29,98	0				0							
	Cd		29,98	57				0,1384							
AS - 11 - 3	As		30,15	9				0,0330							
	Cd		30,15	0				0							

Blangko	As Cd	20,191 20,191	3 54,5	0,00828 0,11679	0,0186 0,0343		0,002150 -0,4856		0,199860 ± 0	66,66	100
					0,0299 0,0417	0 0,1476					
AL - 12 - 1	As Cd	30,7 30,7	5 14								
AL - 12 - 2	As Cd	30,88 30,88	8 17								
AL - 12 - 3	As Cd	31,05 31,05	0 60								

Sumber : Data Primer, Oktober 2004

Keterangan :

Keseksamaan (presisi) = 100% - cv

$$cv = (DS/KR) \times 100\%$$

± : Nilai deviasi

Kode cuplikan

AS-1-1 : Air Sungai - lokasi 1 - cuplikan 1

AL-6-1 : air Laut - lokasi 6 - cuplikan 1

Kode lokasi

TKS : Tengah Kali Surabaya (Karang Pilang) (Lok. 1)

HKS : Hilir Kali Surabaya (Gunungsari) (Lok. 2)

HKM : Hulu Kali Mas (Darmokali) (Lok. 3)

HKW : Hulu Kali Wonokromo (Jagir Wonokromo) (Lok.4)

MKW : Muara Kali Wonokromo (Wonorejo) (Lok. 5)

PPW : Pesisir Pantai Wonokromo (Lok. 6)

MKS : Muara Kali Sari (Lok. 7)

PPK : Pesisir Pantai Kenjeran (Sukoilo) (Lok. 8)

PKC : Pesisir Kedung Cowek (Kedinding) (Lok. 9)

MKK : Muara kali Kedinding (Lok. 10)

MKA : Muara Kali Anak (Morokrempangan) (Lok. 11)

PPM : Pesisir Pantai Morokrempangan (Lok. 12)

Metode Komparatif
DATA HASIL CACAH UNSUR Zn, Co
DALAM CUPLIKAN AIR SUNGAI dan AIR LAUT DI PERAIRAN SURABAYA
PADA IRADIASI 2 x 6 JAM FASILITAS LAZY SUSAN, FLUX NEUTRON : $1,05 \times 10^{11}$ n.cm⁻².dr⁻¹
DAN t CACAH 1000 DETIK

Diiradiasi : 7 - 10 - 2004
 T Shut Down : 14.56 WIB
 Dicapah : 19 s/d 28 - 11 - 2004
 T^{1/2} : 65 Zn = 244,1 hari = 5880 jam
 60 Co = 5,24 Thn = 45902,4 jam

W sampel : 2 ml (TRIPLE)

Kadar unsur dalam standar :
 Zn : 20 ppm
 Co : 10 ppm

No	Kode Cuplikan	Unsur (Isotop)	Tenaga KeV	T tunda (jam)	Netto	Cps _o Blank	Cps _o Cuplikan	Cps _o Std	Kadar (µg/ml)	Kadar Rata-rata Unsur Zn	Kadar Rata-rata Unsur Co	Presi Zn (%)	Presi Co (%)
1	Std. Camp	Zn	1115	282,833	245			0,2533					
		Co	1173	282,833	1254			1,2594					
	Blangko	Zn		283,033	66,5	0,0687							
		Co		283,033	153	0,1536							
	AS - 1 - 1	Zn		283,133	0			0					
		Co		283,133	198			0,1988		0,0102			
AS - 1 - 2	Zn		283,533	29			0,0299		-0,1050				
	Co		283,533	285			0,2862		0,0299			100	
AS - 1 - 3	Zn		283,85	67			0,06927		0,00154				
	Co		283,85	215			0,2159		0,0140				
2	Std. Camp	Zn	1115	285,1	181			0,1872					
		Co	1173	285,1	1231			1,2363		0,001540 ± 0	0,018033 ± 0,008		55,63
	Blangko	Zn		283,033	66,5	0,0687							
		Co		283,033	153	0,1536							
AS - 2 - 1		Zn		285,4	52								
		Co		285,4	205					-0,0406			

3	AS - 2 - 2	Zn	285,95	83	0,0858 0,2219 0,0186 0,1928	0,2389 1,2815	0,0463	0,046315 ± 0	0,012233 ± 0,002	100	83,65	
	AS - 2 - 3	Co	285,95	221			0,0157					
		Zn	286,266	18			-0,1356					
	Co	286,266	192	0,0090								
3	Std. Camp	Zn	287,183	231	0,0693 0,2209 0,0972 0,1446 0,0931 0,2279	0,2142 1,3308	0,0017 0,0149 0,0837 -0,00199 0,0716 0,0164	0,052333 ± 0,036	0,015650 ± 0,0007	31,20	95,52	
		Co	287,183	1276								
	Blangko	Zn	283,033	66,5								0,0687
		Co	283,033	153								0,1536
	AS - 3 - 1	Zn	287,466	67								
	AS - 3 - 2	Co	287,466	220								
		Zn	287,766	94								
Co	287,766	144										
AS - 3 - 3	Zn	288,05	90									
	Co	288,05	227									
4	Std. Camp	Zn	289,35	207	0,1071 0,3457 0,0967 0,2924 0,1102 0,2583	0,3046 1,3899	0,1319 0,0407 0,0962 0,0294 0,1426 0,0222	0,123567 ± 0,019	0,030767 ± 0,007	84,62	77,24	
		Co	289,35	1325								
	Blangko	Zn	283,033	66,5								0,0687
		Co	283,033	153								0,1536
	AS - 4 - 1	Zn	329,366	103								
	AS - 4 - 2	Co	329,366	344								
		Zn	329,683	93								
	Co	329,683	291									
AS - 4 - 3	Zn	329,966	106									
	Co	329,966	257									
5	Std. Camp	Zn	330,85	293	0,1092 0,2080 0,1039 0,2824	0,0858 0,011 0,0746 0,0260	0,071767 ±	0,021467 ±	83,27	67,39		
		Co	330,85	1383								
	Blangko	Zn	283,033	66,5							0,0687	
		Co	283,033	153							0,1536	
	AS - 5 - 1	Zn	331,15	105								
		Co	331,15	207								
	AS - 5 - 2	Zn	331,433	100								
		Co	331,433	281								

6	AS - 5 - 3	Zn	91	331,733						0,0549	0,012	0,007			
	Std. Camp	Co	288	331,733					0,0946	0,0274					
7	Blangko	Zn	263	332,583											
		Co	1015	332,583		0,0687									
	AL - 6 - 1	Zn	66,5	283,033		0,1536									
		Co	153	283,033											
		Zn	62	332,883					0,0645	-0,0820					
	AL - 6 - 2	Co	218	332,883					0,2191	0,1511					
		Zn	76	333,316					0,0790	0,2012	0,272750 ±	0,247767 ±	73,96	69,72	
	AL - 6 - 3	Co	298	333,316					0,2995	0,3367	0,071	0,075			
		Zn	83	333,616					0,0863	0,3443					
	Std. Camp	Co	263	333,616					0,2643	0,2555					
Zn		215	334,5												
Blangko	Co	1343	334,5												
	Zn	66,5	283,033		0,0687										
AS - 7 - 1	Co	153	283,033		0,1536										
	Zn	96	334,783					0,0999	0,1007						
AS - 7 - 2	Co	269	334,783					0,2704	0,0244						
	Zn	155	354,483					0,1616	0,2495	0,181933 ±	0,027033 ±	66,47	85,20		
AS - 7 - 3	Co	309	354,483					0,3106	0,0328	0,061	0,004				
	Zn	124	354,766					0,1293	0,1956						
Std. Camp	Co	267	354,766					0,2684	0,0239						
	Zn	310	356,05												
Blangko	Co	1195	356,05												
	Zn	66,5	283,033		0,0687										
AL - 8 - 1	Co	153	283,033		0,1536										
	Zn	101	356,333					0,1053	0,5750						
AL - 8 - 2	Co	329	356,333					0,3307	0,3380						
	Zn	60	356,633					0,0626	-0,0974	0,739150 ±	0,325267 ±	77,81	88,62		
AL - 8 - 3	Co	296	356,633					0,2976	0,2748	0,164	0,037				
	Zn	121	356,933					0,1262	0,9033						
8	Std. Camp	Zn	342	356,933					0,3438						
		Co	310	356,05											
Blangko	Co	1195	356,05												
	Zn	66,5	283,033		0,0687										
AL - 8 - 1	Co	153	283,033		0,1536										
	Zn	101	356,333					0,1053	0,5750						
AL - 8 - 2	Co	329	356,333					0,3307	0,3380						
	Zn	60	356,633					0,0626	-0,0974	0,739150 ±	0,325267 ±	77,81	88,62		
AL - 8 - 3	Co	296	356,633					0,2976	0,2748	0,164	0,037				
	Zn	121	356,933					0,1262	0,9033						
8	Std. Camp	Zn	342	356,933					0,3438						
		Co	310	356,05											

9	Std. Camp	Zn	1115	358,133	299															
		Co	1173	358,133	1197															
	Blangko	Zn		283,033	66,5	0,0687														
		Co		283,033	153	0,1536														
	AL - 9 - 1	Zn		358,266	136		0,1419								1,2039					
		Co		358,266	346		0,3479								0,3701					
	AL - 9 - 2	Zn		358,716	133		0,1387								1,1513					
		Co		358,716	349		0,3509								0,3758					
AL - 9 - 3	Zn		359,016	127		0,1325								0,9033						
	Co		359,016	261		0,2624								0,2072						
10	Std. Camp	Zn	1115	449,85	192									0,2024						
		Co	1173	449,85	1374									1,3834						
Blangko	Zn		283,033	66,5	0,0687															
	Co		283,033	153	0,1536															
AS - 10 - 1	Zn		450,133	116		0,1223								0,2004						
	Co		450,133	305		0,3071								0,0312						
AS - 10 - 2	Zn		450,433	174		0,0780								0,0347						
	Co		450,433	254		0,2557								0,0207						
AS - 10 - 3	Zn		450,733	116		0,1223								0,2005						
	Co		450,733	246		0,2477								0,0191						
11	Std. Camp	Zn	1115	451,75	153									0,1614						
		Co	1173	451,75	1123									1,1307						
Blangko	Zn		283,033	66,5	0,0687															
	Co		283,033	153	0,1536															
AS - 11 - 1	Zn		452,05	101		0,1065								0,2040						
	Co		452,05	361		0,3635								0,0537						
AS - 11 - 2	Zn		452,333	75		0,0791								0,0560						
	Co		452,333	295		0,2970								0,0310						
AS - 11 - 3	Zn		499,033	63		0,0668								-0,0102						
	Co		499,033	311		0,3134								0,0408						
12	Std. Camp	Zn	1115	500,05	259									0,2747						
		Co	1173	500,05	1223									1,2323						

Blangko	Zn		66,5		0,0687	0,0817	0,2524	0,248200 ± 0,066	100	73,40
	Co		153							
AL - 12 - 1	Zn	500,333	77	0,1536	0,3018	-0,4077	0,252400 ± 0	0,248200 ± 0,066	100	73,40
	Co	500,333	314	0,1536	0,3018					
AL - 12 - 2	Zn	500,633	45		0,0477	0,1542	0,252400 ± 0	0,248200 ± 0,066	100	73,40
	Co	500,633	235		0,2368					
AL - 12 - 3	Zn	500,933	64		0,0687	0,2886	0,252400 ± 0	0,248200 ± 0,066	100	73,40
	Co	500,933	307		0,3093					

Sumber : Data Primer, Oktober 2004

Keterangan :

Keseksamaan (presisi) = 100% - cv cv = (DS/KR) x 100%

± : Nilai deviasi

Kode cuplikan

AS-1-1 : Air Sungai - lokasi 1 - cuplikan 1

AL-6-1 : air Laut - lokasi 6 - cuplikan 1

Kode lokasi

TKS : Tengah Kali Surabaya (Karang Pilang) (Lok. 1)

HKS : Hilir Kali Surabaya (Gunungsari) (Lok. 2)

HKM : Hulu Kali Mas (Darmokali) (Lok. 3)

HKW : Hulu Kali Wonokromo (Jagir Wonokromo) (Lok. 4)

MKW : Muara Kali Wonokromo (Wonorejo) (Lok. 5)

PPW : Pesisir Pantai Wonokromo (Lok. 6)

MKS : Muara Kali Sari (Lok. 7)

PPK : Pesisir Pantai Kenjeran (Sukolilo) (Lok. 8)

PKC : Pesisir Kedung Cowek (Kedinding) (Lok. 9)

MKK : Muara kali Kedinding (Lok. 10)

MKA : Muara Kali Anak (Morokrempangan) (Lok. 11)

PPM : Pesisir Pantai Morokrempangan (Lok. 12)

Metode Komparatif

**DATA HASIL CACAH UNSUR As, Cd
DALAM CUPLIKAN SEDIMEN SUNGAI DAN LAUT DI PERAIRAN SURABAYA
PADA IRADIASI 2 × 6 JAM FASILITAS LAZY SUSAN, FLUX NEUTRON : $1,05 \times 10^{11}$ n.cm⁻².dt⁻¹
DAN t CACAH 500,600 dan 750 DETIK**

Diiradiasi : 27 - 10 - 2004

W sampel : 0,1 g (TRIPLE)

T Shut Down : 13.56 WIB

Dicacah : 30 - 10 - 2004 s/d 1 - 11 - 2004

Kadar unsur dalam standar :

T 1/2 : 76 As = 1,10 hari = 26,4 jam

As : 5 ppm

115 Cd = 2,3 hari = 55,2 jam

Cd : 20 ppm

No	Kode Cuplikan	Unsur (Isotop)	Tenaga KeV	T tunda (jam)	Netto	Cps ₀ Blank	Cps ₀ Cuplikan	Cps ₀ Std	Kadar (µg/g)	Kadar Rata-rata Unsur As	Kadar Rata-rata Unsur Cd	Presi As (%)	Presi Cd (%)
1	Std. Camp	As	559	66,116	5714			43,209					
		Cd	336,3	66,116	1374			4,2015					
	Blangko	As		68,033	91,5	0,4384							
		Cd		68,033	100,5	0,3135							
	S1-1	As		66,35	820		6,2377		3,318675				
		Cd		68,033	156		0,4784		3,927089				
	S1-2	As		66,633	797		3,3147		3,097922	2,692025 ± 0,736	3,435201 ± 0,916	72,66	73,33
		Cd		68,033	131		0,4030		2,151359				
	S1-3	As		66,9	454		3,5046		1,659477				
Cd			66,9	159		0,4910		4,227156					
2	Std. Camp	As	559	67,833	5555			43,943					
		Cd	336,3	67,833	1491			4,6586					
	Blangko	As		68,033	91,5	0,4384							
Cd			68,033	100,5	0,3135								
S2-1	As		68,05	616		4,9010		2,470782					
	Cd		68,05	103		0,3226		0,201376					

3	S2-2	As	68,316	779		6,2411		3,23740	2,652706 ± 0,423	5,013401 ± 3,602	84,05	28,15	
		Cd	68,316	226		0,7103	8,866141						
	S2-3	As	68,6	559		4,5103	2,249927						
		Cd	68,6	185		0,5834	5,972687						
	Std. Camp	As	69,55	5487	559			45,4108					
		Cd	69,55	1454	336,3			4,6418					
	Blangko	As	68,033	91,5		0,4384							
		Cd	68,033	100,5		0,3135							
	S3-1	As	69,766	497			4,1324		1,974501	1,692638 ± 0,469	9,553968 ± 6,651	72,29	30,38
		Cd	69,766	199			0,6369	7,184380					
	S3-2	As	70,066	510			4,2783		2,072414				
		Cd	70,066	356			1,1437		18,62208				
S3-3	As	70,2	279			2,3487		1,030999					
	Cd	70,2	137			0,4408		2,855445					
Std. Camp	As	71,083	5154	559			44,4064						
	Cd	71,083	1195	336,3			3,8888						
Blangko	As	68,033	91,5		0,4384								
	Cd	68,033	100,5		0,3135								
S4-1	As	71,316	664			5,753		2,824165	2,513018 ± 0,545	7,465906 ± 1,808	78,31	75,78	
	Cd	71,316	154			0,5026		4,943053					
S4-2	As	71,55	685			5,9725		2,968550					
	Cd	71,55	201			0,6580		9,090146					
S4-3	As	71,8	421			3,6940		1,746338					
	Cd	71,8	192			0,6305		8,364518					
Std. Camp	As	72,55	5406	559			48,406						
	Cd	72,55	1127	336,3			3,7359						
Blangko	As	68,033	91,5		0,4384								
	Cd	68,033	100,5		0,3135								
S5-1	As	72,766	491			4,4169		2,013141					
	Cd	72,766	170			0,5649		7,131769					

6	S5-2	As	73,0166	336			3,0456			1,332190	1,525716 ± 0,347	7,370340 ± 2,311	77,26	68,64
		Cd	73,0166	202			0,67350			10,51268				
	S5-3	As	73,25	315			2,8728			1,231818				
		Cd	73,25	143			0,4780			4,666571				
	Std. Camp	As	73,966	2306	559					21,425				
		Cd	73,966	1437	336,3					4,8493				
	Blangko	As	68,033	91,5		0,4384								
		Cd	68,033	100,5		0,3135								
	S6-1	As	74,116	617			5,7518			6,205407				
		Cd	74,116	213			0,7201			8,788471				
	S6-2	As	74,45	507			4,7719			5,011866	5,608636 ± 0,597	11,721059 ± 2,932	89,35	74,98
		Cd	74,45	294			0,9981			14,65365				
	S6-3	As	74,95	0			0			0				
		Cd	74,95	0			0			0				
	Std. Camp	As	75,65	914	559					8,8774				
		Cd	75,65	1155	336,3					3,9809				
	Blangko	As	68,033	91,5		0,4384								
		Cd	68,033	100,5		0,3135								
	S7-1	As	75,916	299			2,9241			7,149250				
		Cd	75,916	144			0,4979			4,881636				
	S7-2	As	76,15	230			2,2630			5,247826	5,562381 ± 1,188	10,410098 ± 6,242	78,64	40,04
		Cd	76,15	169			0,5860			7,213914				
	S7-3	As	76,366	195			1,9300			4,290068				
		Cd	76,366	298			1,0363			19,13474				
	Std. Camp	As	76,95	1003	559					12,6002				
		Cd	76,95	1258	336,3					5,507				
	Blangko	As	68,033	91,5		0,4384								
		Cd	68,033	100,5		0,3135								
	S8-1	As	77,133	416			6,3032			11,70464				
		Cd	77,133	140			0,6136			5,610074				
	S8-2	As	77,316	115			1,4581			2,055012	8,926431 ± 4,888	10,716974 ± 3,855	45,24	64,03
		Cd	77,316	251			1,1041			14,92439				

9	S8-3	As	77,516	546	6,9621	13,01964						
	Std. Camp	Cd	77,516	212	0,9349	11,61646						
		As	78	1376		21,3238						
	Blangko	Cd	78	1411		7,5133						
		As	68,033	91,5	0,4384							
	S9-1	Cd	68,033	100,5	0,3135							
		As	78,15	877	13,6444	15,49774						
	S9-2	Cd	78,15	198	1,0563	10,11466						
		As	78,316	592	9,2506	10,24105						
	S9-3	Cd	78,316	188	1,0050	9,324692						
		As	78,483	780	12,2419	13,71737						
	Std. Camp	Cd	78,483	219	1,1732	11,59282						
As		78,996	1303		20,7111							
Blangko	Cd	78,996	1437		7,7451							
	As	68,033	91,5	0,4384	16,12027							
S10-1	Cd	68,033	100,5	0,3135	7,424179							
	As	79,25	860	13,7719	7,400700							
S10-2	Cd	79,25	162	0,87627	0,944588							
	As	79,333	405	6,4997	10,13080							
S10-3	Cd	79,333	71	0,3844	12,89783							
	As	79,566	541	8,7357								
Std. Camp	Cd	79,566	236	1,2816								
	As	80	1341		21,9016							
Blangko	Cd	80	1412		7,7098							
	As	68,033	91,5	0,4384								
S11-1	Cd	68,033	100,5	0,3135								
	As	80,15	109	1,7872	1,540256							
S11-2	Cd	80,15	216	1,1816	11,50681							
	As	80,316	83	1,3668	1,060182							
S11-3	Cd	80,316	148	0,8113	6,598423							
	As	80,483	338	5,5907	5,826522							
	Cd	80,483	166	0,91191	7,855016							
	As											
10	Std. Camp	As	13,152051 ± 2,183	10,344059 ± 0,940	83,40	90,93						
	Blangko	Cd										
11	Std. Camp	As	2,808987 ± 2,143	8,852600 ± 2,082	23,71	76,48						
	Blangko	Cd										

Astri Chaitrina / 00.513.042 / Teknik Lingkungan UII Jogjakarta
 Pembimbing : Dr. Ir. Agus Taqazani dan Luqman Hakim, ST, Mst
 Judul Penelitian : "Distribusi Pencemaran Logam Berat (As, Cd, Zn, Co) Dalam Cuplikan Air, Sedimen dan Biota di Perairan Surabaya"

12	Std. Camp	As	559	80,933	731	12,2349								
		Cd	336,3	80,933	1314								7,2593	
	Blangko	As		68,033	91,5	0,4384								
		Cd		68,033	100,5								0,3135	
	S12-1	As		91,383	194	4,2718								
		Cd		91,383	114								0,7180	
	S12-2	As		91,566	130	2,8763								
		Cd		91,566	110								0,6944	
	S12-3	As		91,733	138	3,0668								
		Cd		91,733	156								0,9869	
Sumber : Data Primer, Oktober 2004												6,846202 ± 1,887	78,88	72,44

Keterangan :
 Keseksamaan (presisi) = 100% - cv cv = (DS/KR) x 100%
 ± : Nilai deviasi

Kode Cuplikan

Sedimen Sungai

- S-1-1 : Sedimen - lok 1 - cuplikan 1
- S-2-1 S-5-1
- S-3-1 S-7-1
- S-4-1 S-10-1
- S-11-1

Kode lokasi

- TKS : Tengah Kali Surabaya (Karang Pilang) (Lok. 1)
- HKS : Hilir Kali Surabaya (Gunungsari) (Lok. 2)
- HKM : Hulu Kali Mas (Darmokali) (Lok. 3)
- HKW : Hulu Kali Wonokromo (Jagir Wonokromo) (Lok.4)
- MKW : Muara Kali Wonokromo (Wonorejo) (Lok. 5)
- PPW : Pesisir Pantai Wonokromo (Lok. 6)

Sedimen Laut

- S-6-1 : Sedimen - lok 6 - cuplikan 1
- S-8-1
- S-9-1
- S-12-1

- MKS : Muara Kali Sari (Lok. 7)
- PPK : Pesisir Pantai Kenjeran (Sukofilo) (Lok. 8)
- PKC : Pesisir Kedung Cowek (Kedinding) (Lok. 9)
- MKK : Muara kali Kedinding (Lok. 10)
- MKA : Muara Kali Anak (Morokrempangan) (Lok. 11)
- PPM : Pesisir Pantai Morokrempangan (Lok. 12)

Metode Komparatif
DATA HASIL CACAH UNSUR Zn, Co
DALAM CUPLIKAN SEDIMEN SUNGAI DAN LAUT DI PERAIRAN SURABAYA
PADA IRADIASI 2 x 6 JAM FASILITAS LAZY SUSAN, FLUX NEUTRON : $1,05 \times 10^{11}$ n.cm⁻².dt⁻¹
DAN t CACAH 750 DETIK

Diiradiasi : 27 - 10 - 2004 W sampel : 0,1 g (TRIPLE)
 T Shut Down : 13.56 WIB
 Dicaah : 30 - 10 - 2004 s/d 1 - 11 - 2004 Kadar unsur dalam standar :
 T1/2 : 65Zn = 244,1 hari = 5880 jam Zn : 20 ppm
 60Co = 5,24 Thn = 45902,4 jam Co : 10 ppm

No	Kode Cuplikan	Unsur (isotop)	Tenaga KeV	T tunda (jam)	Netto	Cps ₀ Blank	Cps ₀ Cuplikan	Cps ₀ Std	Kadar (µg/g)	Kadar Rata-rata Unsur Zn	Kadar Rata-rata Unsur Co	Presi Zn (%)	Presi Co (%)	
1	Std. Camp	Zn	1115	1006,66	95			0,1425						
		Co	1173	1006,66	449			0,6077						
	Blangko	Zn		1007,2	9,5	0,01407								
		Co		1007,2	246	0,33295								
	S1-1	Zn		1006,9	10		0,01463			0,4037363				
		Co		1006,9	319		0,43181			16,658241				
	S1-2	Zn		1007,18	8		0,01193			-1,557268				
		Co		1007,18	307		0,41557			14,051857				
	S1-3	Zn		1007,5	13		0,01948			3,900381				
		Co		1007,5	292		0,39529			10,504499				
	2	Std. Camp	Zn	1115	1008,23	167			0,25068					
			Co	1173	1008,23	323			0,43720					
Blangko	Zn		1007,2	9,5	0,01407									
	Co		1007,2	246	0,33295									
S2-1	Zn		1008,46	14		0,02094			2,791838					
	Co		1008,46	289		0,3912			26,863125					
									2,152059 ± 1,748		13,738199 ± 2,522		18,77	81,64

3	S2-2	Zn	1008,68	17		0,02545			4,669516	5,660955 ± 2,835	20,860235 ± 6,401	49,92	69,31
		Co	1008,68	265		0,3587			11,990408				
S2-3		Zn	1008,96	25		0,0375			9,521510				
		Co	1008,96	284		0,3844			23,727172				
Std. Camp		Zn	1027,76	109				0,1645					
		Co	1027,76	475				0,6428					
Blangko		Zn	1007,2	9,5	0,01407								
		Co	1007,2	246	0,33295								
S3-1		Zn	1028,01	15		0,0225			5,388399				
		Co	1028,01	300		0,40625			11,373369				
S3-2		Zn	1028,23	22		0,0330			12,217404	7,682172 ± 3,207	7,049825 ± 4,015	58,25	43,05
		Co	1028,23	284		0,3845			8,076254				
S3-3		Zn	1028,46	15		0,0225			5,440716				
		Co	1028,46	254		0,3438			1,699852				
4	Std. Camp	Zn	1029,73	111				0,16709					
		Co	1029,73	366				0,4956					
Blangko		Zn	1007,2	9,5	0,01407								
		Co	1007,2	246	0,33295								
S4-1		Zn	1029,96	41		0,0616			29,029251	17,791852 ± 8,171	8,4093525 ± 4,074	54,07	51,55
		Co	1029,96	278		0,3764			12,483085				
S4-2		Zn	1030,18	20		0,03003			9,839631				
		Co	1030,18	214		0,2897			42,542849				
S4-3		Zn	1031,4	25		0,0376			14,506674				
		Co	1031,4	257		0,3479			4,335620				
5	Std. Camp	Zn	1031,38	77				0,11586					
		Co	1031,38	353				1031,38					
Blangko		Zn	1007,2	9,5	0,01407								
		Co	1007,2	246	0,33295								
S5-1		Zn	1031,61	25		0,03760			22,442931	15,806941 ±	2,767944 ± 0,899	70,31	67,52
		Co	1031,61	250		0,33853			1,868739				
S5-2		Zn	1031,83	18		0,0271			12,549857				
		Co	1031,83	226		0,3060			-9,114028				

6	S5-3	Zn		1032,05	18			0,0271			12,428024	4,693				
		Co			254			0,3439			3,667150					
	Std. Camp	Zn	1115		1100,68	113				0,17146						
		Co	1173		1100,68	389				0,5272						
	Blangko	Zn			1007,2	9,5	0,01407									
		Co			1007,2	246	0,33295									
	S6-1	Zn			1100,9	25			0,03791		14,850085					
		Co			1100,9	206			0,27920		-13,56398					
	S6-2	Zn			1101,18	12			0,01821		2,553795		6,321511 ± 6,044	11,133185 ± 1,849	4,39	83,39
		Co			1101,18	273			0,3701		9,283902					
	S6-3	Zn			1101,4	11			0,0166		1,560652					
		Co			1101,4	284			0,3849		12,982469					
	Std. Camp	Zn	1115		1101,85	105				0,1594						
		Co	1173		1101,85	348				0,4647						
	Blangko	Zn			1007,2	9,5	0,01407									
		Co			1007,2	246	0,33295									
S7-1	Zn			1102,3	14			0,02118		4,749819		11,528277 ± 4,793	16,156666 ± 7,072	58,42	56,23	
	Co			1102,3	269			0,3646		11,661539						
S7-2	Zn			1102,51	24			0,0364		14,917506						
	Co			1102,51	298			0,4039		26,141744						
S7-3	Zn			1102,75	24			0,0364		14,917506						
	Co			1102,75	267			0,3619		10,666716						
Std. Camp	Zn	1115		1103,53	177				0,2687							
	Co	1173		1103,53	376				0,50972							
Blangko	Zn			1007,2	9,5	0,01407										
	Co			1007,2	246	0,33295										
S8-1	Zn			1103,98	20			0,03029		6,184492		4,267273 ± 1,645	28,266362 ± 10,362	61,45	63,34	
	Co			1103,98	360			0,4880		42,579052						
S8-2	Zn			1104,21	13			0,01970		2,167697						
	Co			1104,21	309			0,4189		23,834561						
S8-3	Zn			1104,45	17			0,02574		4,449631						
	Co			1104,45	295			0,3999		18,385472						

Blangko	Zn	1007,2	9,5	0,01407									
	Co	1007,2	246	0,33295									
S12-1	Zn	1176,58	39	0,05973									
	Co	1176,58	204	0,2768									
S12-2	Zn	1176,81	18	0,02757									
	Co	1176,81	306	0,4153									
S12-3	Zn	1177,03	20	0,03062									
	Co	1177,03	305	0,41388									
Sumber : Data Primer, Desember 2004													

Keterangan :

Keseksamaan (presisi) = 100% - cv cv = (DS/KR) x 100%

± : Nilai deviasi

Kode Cuplikan*Sedimen Sungai*

S-1-1 : Sedimen – lok 1 – cuplikan 1

S-2-1 S-5-1

S-3-1 S-7-1

S-4-1 S-10-1

S-11-1

Kode lokasi

TKS : Tengah Kali Surabaya (Karang Pilang) (Lok. 1)

HKS : Hilir Kali Surabaya (Gunungsari) (Lok. 2)

HKM : Hulu Kali Mas (Darmokali) (Lok. 3)

HKW : Hulu Kali Wonokromo (Jagir Wonokromo) (Lok. 4)

MKW : Muara Kali Wonokromo (Wonorejo) (Lok. 5)

PPW : Pesisir Pantai Wonokromo (Lok. 6)

Sedimen Laut

S-6-1 : Sedimen – lok 6 – cuplikan 1

S-8-1

S-9-1

S-12-1

MKS : Muara Kali Sari (Lok. 7)

PPK : Pesisir Pantai Kenjeran (Sukolilo) (Lok. 8)

PKC : Pesisir Kedung Cowek (Kedinding) (Lok. 9)

MKK : Muara kali Kedinding (Lok. 10)

MKA : Muara Kali Anak (Morokrembangan) (Lok. 11)

PPM : Pesisir Pantai Morokrembangan (Lok. 12)

Metode Komparatif

**DATA HASIL CACAH UNSUR As, Cd
DALAM CUPLIKAN BIOTA SUNGAI DAN LAUT DI PERAIRAN SURABAYA
PADA IRADIASI 2 x 6 JAM FASILITAS LAZY SUSAN, FLUX NEUTRON : $1,05 \times 10^{11} \text{ n.cm}^{-2}.\text{dt}^{-1}$
DAN t CACAH 600 DETIK**

Diradiasi : 2 - 12 - 2004
T Shut Down : 14.58 WIB
Diacah : 6 - 12 - 2004 s/d 9 - 12 - 2004
T_{1/2} : 76 As = 1,10 hari = 26,4 jam
115 Cd = 2,3 hari = 55,2 jam

W sampel : 0,1 g (TRIPLE)

Kadar unsur dalam standar :
As : 5 ppm
Cd : 20 ppm

No	Kode Cuplikan	Unsur (isotop)	Tenaga KeV	T tunda (jam)	Netto	Cps ₀ Blank	Cps ₀ Cuplikan	Cps ₀ Std	Kadar (µg/g)	Kadar Rata-rata Unsur As	Kadar Rata-rata Unsur Cd	Presi As (%)	Presi Cd (%)	
1	Std. Camp	As	559	90,15	760			13,4947						
		Cd	336,3	90,15	253			1,3074						
	Blangko	As		92,033	26,5	0,4888								
		Cd		92,033	10	0,05285								
	EG1-1	As		90,8	21		0,3794			-0,19471				
		Cd		90,8	26		0,1344			6,018832				
	EG1-2	As		91	20		0,3633			-0,22333				
		Cd		91	84		0,4388			28,485203				
	EG1-3	As		91,183	42		0,766			0,488753				
		Cd		91,183	34		0,18036			9,324591				
2	Std. Camp	As	559	91,75	714			13,2287						
		Cd	336,3	91,75	422			2,2254						
Blangko	As		92,033	26,5	0,4888									
	Cd		92,033	10	0,05285									
EG2-1	As		92,15	12		0,2246			-0,503349					
	Cd		92,15	38		0,2014			6,638434					
									0,488753 ± 0	14,609542 ± 9,904		100	32,21	

3	EG2-2	As									0,144867	8,373351 ± 4,010	61,78	52,11	
		Cd									4,564529				
		As		92,316	30						0,5641				
3	EG2-3	Cd		92,316	29										
		As		92,516	35										
		Cd		92,516	69										
3	Std. Camp	As	559	93,1	553										
		Cd	336,3	93,1							10,615				
	Blangko	As		92,033	26,5	0,4888									
		Cd		92,033	10	0,05285									
	EG4-1	As		93,466	42						0,8140				
		Cd		93,466	92						0,4957				
	EG4-2	As		93,65	25						0,4868				
		Cd		93,65	29						0,1565		7,469975 ± 3,579	100	52,08
	EG4-3	As		93,833	14						0,2739				
		Cd		98,833	88						0,4763				
	4	Std. Camp	As	559	94,2	762									
			Cd	336,3	94,2	445						15,055			
Blangko	As		92,033	26,5	0,4888										
	Cd		92,033	10	0,05285										
EG5-1	As		94,633	0						0					
	Cd		94,633	48						0,2624					
EG5-2	As		94,8	2						0,0401					
	Cd		94,8	86						0,4712		8,703031 ± 6,576	100	24,44	
EG5-3	As		95	33						0,6658					
	Cd		95	13						0,0711					
5	Std. Camp	As	559	95,3667	650										
		Cd	336,3	95,3667	226										
Blangko	As		92,033	26,5	0,4888										
	Cd		92,033	10	0,05285										
IB6-1	As		95,733	397						8,1579					
	Cd		95,733	13						0,0720					
IB6-2	As		95,916	21						0,4340		7,435021 ± 6,752	9,19	13,56	
	Cd		95,916	20						0,1111		7,695164 ± 6,652			

6	IB6-3	As			96,1	41			0,8511				0,683101					
		Cd			96,1	48			0,2673				16,927466					
	Std. Camp	As	559		94,45	568						11,2966						
		Cd	336,3		94,45	205						1,1183						
	Blangko	As			92,033	26,5	0,4888											
		Cd			92,033	10	0,05285											
	TB7-1	As			113,75	80			2,6406					4,608726				
		Cd			113,75	44			0,3058					21,982539				
	TB7-2	As			113,95	52			1,7254					2,698523				
		Cd			113,95	89			0,6200					50,217952				
	TB7-3	As			114,133	30			1,0002					1,095317				
		Cd			114,133	62			0,4330					33,036814				
Std. Camp	As	559		114,8	328							11,1293						
	Cd	336,3		114,8	240							1,6903						
Blangko	As			92,033	26,5	0,4888												
	Cd			92,033	10	0,05285												
IB8-1	As			114,983	49			1,6692					2,567931					
	Cd			114,983	17			0,1200					3,797119					
IB8-2	As			115,183	13			0,4441					-0,097244					
	Cd			115,183	49			0,3464					16,599319					
IB8-3	As			115,366	68			2,3411					4,105664					
	Cd			115,366	54			0,3830					19,021177					
Std. Camp	As	559		115,933	358							12,5125						
	Cd	336,3		115,933	171							1,2216						
Blangko	As			92,033	26,5	0,4888												
	Cd			92,033	10	0,05285												
IG9-1	As			116,116	77			2,7038					4,386178					
	Cd			116,116	49			0,3505					23,811765					
IG9-2	As			116,3	36			1,2705					1,577911					
	Cd			116,3	16			0,1145					5,121229					
IG9-3	As			116,483	35			1,2412					1,448528					
	Cd			116,483	11			0,0789					2,0701129					
7	Std. Camp	As																
	Blangko	Cd																
IB8-1	As			114,983	49			1,6692					2,567931					
	Cd			114,983	17			0,1200					3,797119					
IB8-2	As			115,183	13			0,4441					-0,097244					
	Cd			115,183	49			0,3464					16,599319					
IB8-3	As			115,366	68			2,3411					4,105664					
	Cd			115,366	54			0,3830					19,021177					
Std. Camp	As	559		115,933	358													
	Cd	336,3		115,933	171													
Blangko	As			92,033	26,5	0,4888												
	Cd			92,033	10	0,05285												
IG9-1	As			116,116	77			2,7038					4,386178					
	Cd			116,116	49			0,3505					23,811765					
IG9-2	As			116,3	36			1,2705					1,577911					
	Cd			116,3	16			0,1145					5,121229					
IG9-3	As			116,483	35			1,2412					1,448528					
	Cd			116,483	11			0,0789					2,0701129					
8	Std. Camp	As																
	Blangko	Cd																
IG9-1	As			116,116	77			2,7038					4,386178					
	Cd			116,116	49			0,3505					23,811765					
IG9-2	As			116,3	36			1,2705					1,577911					
	Cd			116,3	16			0,1145					5,121229					
IG9-3	As			116,483	35			1,2412					1,448528					
	Cd			116,483	11			0,0789					2,0701129					
9	Std. Camp	As																
	Blangko	Cd																
IG9-1	As			116,116	77			2,7038					4,386178					
	Cd			116,116	49			0,3505					23,811765					
IG9-2	As			116,3	36			1,2705					1,577911					
	Cd			116,3	16			0,1145					5,121229					
IG9-3	As			116,483	35			1,2412					1,448528					
	Cd			116,483	11			0,0789					2,0701129					

9	Std. Camp	As	559	162,05	186	21,8156 2,1796	2,421677 ± 0,500	10,370795 ± 5,423	79,35	47,71	
		Cd	336,3	162,05	171						
	Blangko	As		92,033	26,5	0,4888					
		Cd		92,033	10	0,05285					
	EG10-1	As		162,25	19	2,1930					
		Cd		162,25	14	0,1788					
	EG10-2	As		162,45	26	0,0433					
		Cd		162,45	17	0,2175					
	EG10-3	As		162,816	1	0,1196					
		Cd		162,816	35	0,4504					
10 Std. Camp	As	559	163,416	153	18,6003 1,8413						
	Cd	336,3	163,416	142							
Blangko	As		92,033	26,5	0,4888						
	Cd		92,033	10	0,05285						
IB12-1	As		163,58	22	2,6372						
	Cd		163,58	49	0,6361						
IB12-2	As		163,783	7	0,8101						
	Cd		163,783	25	0,3256						
IB12-3	As		163,966	29	3,5521						
	Cd			24	0,3133						
							2,879145	2,471655 ± 1,527	20,202448 ± 8,108	38,23	59,87
							31,662173				
							0,430585				
							14,806442				
							4,105234				
							14,138728				

Sumber : Data Primer, Desember 2004

Keterangan :

Keseksamaan (presisi) = 100% - cv cv = (DS/KR) x 100%

± : Nilai deviasi

Kode Cuplikan

EG1-1 : Econg Gondok Lokasi 1-1

IB6-1 : Ikan Belanak Lokasi 6-1

TB7-1 : Tanaman Bakau Lokasi 7-1

IG9-1 : Ikan Gelama Lokasi 9-1
TB7-1 : Tanaman Bakau Lokasi 7-1

Metode Komparatif

DATA HASIL CACAH UNSUR Zn, Co
DALAM CUPLIKAN BIOTA SUNGAI DAN LAUT DI PERAIRAN SURABAYA
PADA IRADIASI 2 x 6 JAM FASILITAS LAZY SUSAN, FLUX NEUTRON : $1,05 \times 10^{11}$ n.cm⁻².dt⁻¹
DAN t CACAH 750 DETIK

Diiradiasi : 2 - 12 - 2004 W sampel : 0,1 g (TRIPLE)
 T Shut Down : 14.58 WIB
 Dicacah : 27 - 12 - 2004 s/d 7 - 1 - 2005 Kadar unsur dalam standar :
 T^{1/2} : ⁶⁵Zn = 244,1 hari = 5880 jam Zn : 20 ppm
⁶⁰Co = 5,24 Thn = 45902,4 jam Co : 10 ppm

No	Kode Cuplikan	Unsur (isotop)	Tenaga KeV	T tunda (jam)	Netto	Cps ₀ Blank	Cps ₀ Cuplikan	Cps ₀ Std	Kadar (µg/g)	Kadar Rata-rata Unsur Zn	Kadar Rata-rata Unsur Co	Presi Zn (%)	Presi Co (%)
1	Std. Camp	Zn	1115	593,95	101			0,1443					
		Co	1173	593,95	438			0,5892					
	Blangko	Zn		300,9165	11,5	0,0164							
		Co		300,9165	220	0,2959							
	EG1-1	Zn		594,166	14		0,0199			2,533808			
		Co		594,166	218		0,2932			-0,426185			
	EG1-2	Zn		594,383	19		0,0271			7,746213			
		Co		594,383	270		0,3632			10,62305			
	EG1-3	Zn		594,616	24		0,0343			12,83973			
Co			594,616	234		0,3148			2,955924				
Std. Camp	Zn	1115	595,516	135				0,1930					
	Co	1173	595,516	433				0,5825					
Blangko	Zn		300,9165	11,5	0,0164								
	Co		300,9165	220	0,2959								
EG2-1	Zn		595,733	16			0,0228		3,518455				
	Co		595,733	208			0,2798		-2,72698				
									7,706584 ± 4,207		6,789487 ± 3,833		43,54

3	EG2-2	Zn	595,95	19	0,0271	0,1634 0,6083	5,940088	5,880655 ± 1,905	6,819550 ± 3,356	67,60	50,79
		Co	595,95	234	0,3148		3,232626				
	EG2-3	Zn	596,183	22	0,0314	0,1634 0,6083	8,183422	5,880655 ± 1,905	6,819550 ± 3,356	67,60	50,79
		Co	596,183	264	0,3551		9,944173				
	Std. Camp	Zn	617,95	114		0,1634 0,6083		5,880655 ± 1,905	6,819550 ± 3,356	67,60	50,79
		Co	617,95	452							
	Blangko	Zn	300,9165	11,5	0,0164	0,1634 0,6083		5,880655 ± 1,905	6,819550 ± 3,356	67,60	50,79
		Co	300,9165	220	0,2959						
	EG4-1	Zn	618,16	9	0,0129	0,1634 0,6083	-2,28938	4,292979 ± 0	4,262903 ± 1,339	100	68,59
		Co	618,16	234	0,3149		2,924013				
	EG4-2	Zn	618,383	16	0,0229	0,1634 0,6083	4,292979	4,292979 ± 0	4,262903 ± 1,339	100	68,59
		Co	618,383	170	0,2287		-10,4422				
	EG4-3	Zn	618,66	5	0,00709	0,1634 0,6083	-6,07775	4,292979 ± 0	4,262903 ± 1,339	100	68,59
		Co	618,66	247	0,3323		5,6017925				
4	Std. Camp	Zn	619,75	83		0,1189 0,6998		5,880655 ± 1,905	6,819550 ± 3,356	67,60	50,79
		Co	619,75	520							
	Blangko	Zn	300,9165	11,5	0,0164	0,1189 0,6998		5,880655 ± 1,905	6,819550 ± 3,356	67,60	50,79
		Co	300,9165	220	0,2959						
	EG5-1	Zn	619,96	15	0,0215	0,1189 0,6998	4,784240	5,631794 ± 2,267	1,944979 ± 0	59,75	100
		Co	619,96	232	0,3122		1,944979				
	EG5-2	Zn	620,183	18	0,0258	0,1189 0,6998	8,734030	5,631794 ± 2,267	1,944979 ± 0	59,75	100
		Co	620,183	204	0,2745		-2,523019				
	EG5-3	Zn	620,383	14	0,0200	0,1189 0,6998	3,377111	5,631794 ± 2,267	1,944979 ± 0	59,75	100
		Co	620,383	198	0,2664		-3,511436				
5	Std. Camp	Zn	621,05	148		0,2123 0,5383		5,880655 ± 1,905	6,819550 ± 3,356	67,60	50,79
		Co	621,05	400							
	Blangko	Zn	300,9165	11,5	0,0164	0,2123 0,5383		5,880655 ± 1,905	6,819550 ± 3,356	67,60	50,79
		Co	300,9165	220	0,2959						
	IB6-1	Zn	621,266	18	0,0258	0,2123 0,5383	4,526761	3,632428 ± 1,839	9,210919 ± 5,753	49,37	37,54
		Co	621,266	277	0,3728		14,96435				
	IB6-2	Zn	621,483	13	0,0186	0,2123 0,5383	1,069545	3,632428 ± 1,839	9,210919 ± 5,753	49,37	37,54
		Co	621,483	233	0,3135		3,457489				

6	IB6-3	Zn			621,7	19			0,0272	5,300978 -2,637884				
		Co			621,7	210			0,2826					
	Std. Camp	Zn	1115		906,016	100				0,1483 0,57308				
		Co	1173		906,016	424								
	Blangko	Zn			300,9165	11,5	0,0164			0,01928 0,3257	2,021734 4,977378			
		Co			300,9165	220	0,2959							
	TB7-1	Zn			906,233	13				0,01925 0,3460	2,038422 8,525895			
		Co			906,233	241								
	TB7-2	Zn			906,45	13				0,0281 0,3636	8,213293 11,307667			
		Co			906,45	256								
	TB7-3	Zn			906,666	19				0,13948 0,53122				
		Co			906,666	269								
	Std. Camp	Zn	1115		907,433	94								
Co		1173		907,433	393									
Blangko	Zn			300,9165	11,5	0,0164			0,0222 0,2851	4,363317 -2,124766				
	Co			300,9165	220	0,2959								
IB8-1	Zn			907,683	15				0,0356 0,2433	12,891789 -10,3484				
	Co			907,683	211									
IB8-2	Zn			907,866	24				0,0400 0,3000	16,879568 0,821843				
	Co			907,866	180									
IB8-3	Zn			908,083	27				0,1641 0,5069					
	Co			908,083	222									
Std. Camp	Zn	1115		908,733	121									
	Co	1173		908,733	375									
Blangko	Zn			300,9165	11,5	0,0164			0,0148 0,3000	-1,031692 0,925299				
	Co			300,9165	220	0,2959								
IG9-1	Zn			908,95	10				0,0281 0,3419	7,690740 10,58298				
	Co			908,95	222									
IG9-2	Zn			909,266	19				0,0178 0,2595	0,877655 -7,986659				
	Co			909,266	253									
IG9-3	Zn			909,483	12									
	Co			909,483	192									
7	IB6-3	Zn			621,7	19			0,0272	5,300978 -2,637884				
		Co			621,7	210			0,2826					
	Std. Camp	Zn	1115		906,016	100				0,1483 0,57308				
		Co	1173		906,016	424								
Blangko	Zn			300,9165	11,5	0,0164			0,01928 0,3257	2,021734 4,977378				
	Co			300,9165	220	0,2959								
TB7-1	Zn			906,233	13				0,01925 0,3460	2,038422 8,525895				
	Co			906,233	241									
TB7-2	Zn			906,45	13				0,0281 0,3636	8,213293 11,307667				
	Co			906,45	256									
TB7-3	Zn			906,666	19				0,13948 0,53122					
	Co			906,666	269									
Std. Camp	Zn	1115		907,433	94									
	Co	1173		907,433	393									
Blangko	Zn			300,9165	11,5	0,0164			0,0222 0,2851	4,363317 -2,124766				
	Co			300,9165	220	0,2959								
IB8-1	Zn			907,683	15				0,0356 0,2433	12,891789 -10,3484				
	Co			907,683	211									
IB8-2	Zn			907,866	24				0,0400 0,3000	16,879568 0,821843				
	Co			907,866	180									
IB8-3	Zn			908,083	27				0,1641 0,5069					
	Co			908,083	222									
Std. Camp	Zn	1115		908,733	121									
	Co	1173		908,733	375									
Blangko	Zn			300,9165	11,5	0,0164			0,0148 0,3000	-1,031692 0,925299				
	Co			300,9165	220	0,2959								
IG9-1	Zn			908,95	10				0,0281 0,3419	7,690740 10,58298				
	Co			908,95	222									
IG9-2	Zn			909,266	19				0,0178 0,2595	0,877655 -7,986659				
	Co			909,266	253									
IG9-3	Zn			909,483	12									
	Co			909,483	192									
8	IB6-3	Zn			621,7	19			0,0272	5,300978 -2,637884				
		Co			621,7	210			0,2826					
	Std. Camp	Zn	1115		906,016	100				0,1483 0,57308				
		Co	1173		906,016	424								
Blangko	Zn			300,9165	11,5	0,0164			0,01928 0,3257	2,021734 4,977378				
	Co			300,9165	220	0,2959								
TB7-1	Zn			906,233	13				0,01925 0,3460	2,038422 8,525895				
	Co			906,233	241									
TB7-2	Zn			906,45	13				0,0281 0,3636	8,213293 11,307667				
	Co			906,45	256									
TB7-3	Zn			906,666	19				0,13948 0,53122					
	Co			906,666	269									
Std. Camp	Zn	1115		907,433	94									
	Co	1173		907,433	393									
Blangko	Zn			300,9165	11,5	0,0164			0,0222 0,2851	4,363317 -2,124766				
	Co			300,9165	220	0,2959								
IB8-1	Zn			907,683	15				0,0356 0,2433	12,891789 -10,3484				
	Co			907,683	211									
IB8-2	Zn			907,866	24				0,0400 0,3000	16,879568 0,821843				
	Co			907,866	180									
IB8-3	Zn			908,083	27				0,1641 0,5069					
	Co			908,083	222									
Std. Camp	Zn	1115		908,733	121									
	Co	1173		908,733	375									
Blangko	Zn			300,9165	11,5	0,0164			0,0148 0,3000	-1,031692 0,925299				
	Co			300,9165	220	0,2959								
IG9-1	Zn			908,95	10				0,0281 0,3419	7,690740 10,58298				
	Co			908,95	222									
IG9-2	Zn			909,266	19				0,0178 0,2595	0,877655 -7,986659				
	Co			909,266	253									
IG9-3	Zn			909,483	12									
	Co			909,483	192									

Astri Chairina / 00.513.042 / Teknik Lingkungan UII Jogjakarta
Pembimbing : Dr. Ir. Agus Taftazani dan Luqman Hakim, ST, Msi
Judul Penelitian : "Distribusi Pencemaran Logam Berat (As, Cd, Zn, Co) Dalam Cuplikan Air, Sedimen dan Biota di Perairan Surabaya"

9	Std. Camp	Zn	1115	910,133	82																	
		Co	1173	910,133	391																	
	Blangko	Zn		300,9165	11,5	0,0164																
		Co		300,9165	220	0,2959																
	IB10-1	Zn		910,383	15		0,0222															
		Co		910,383	215		0,2905															
	IB10-2	Zn		910,633	19		0,0281															
		Co		910,633	255		0,3447															
	IB10-3	Zn		910,85	18		0,0267															
		Co		910,85	252		0,3406															
	10 Std. Camp	Zn	1115	911,5	100																	
		Co	1173	911,5	325																	
Blangko	Zn		300,9165	11,5	0,0164																	
	Co		300,9165	220	0,2959																	
IB12-1	Zn		911,716	14		0,02078																
	Co		911,716	241		0,3257																
IB12-2	Zn		911,933	21		0,0311																
	Co		911,933	220		0,2973																
IB12-3	Zn		912,183	12		0,0178																
	Co		912,183	215		0,2905																

Sumber : Data Primer, Desember 2004

Keterangan :

Keseksamaan (presisi) = 100% - cv cv = (DS/KR) x 100%
 ± : Nilai deviasi

Kode cuplikan

EG1-1 : Eeeng Gondok lokasi 1, tahap 1
 TB7-1 : Tanaman bakau lokasi 7, tahap 1

Kode lokasi

TKS : Tengah Kali Surabaya (Karang Pilang) (Lok. 1)
 HKS : Hilir Kali Surabaya (Gunungsari) (Lok. 2)
 HKW : Hulu Kali Wonokromo (Jagir Wonokromo) (Lok.4)
 MKW : Muara Kali Wonokromo (Wonorejo) (Lok. 5)
 PPW : Pesisir Pantai Wonokromo (Lok. 6)

IB6-1 : Ikan Belanak lokasi 6, tahap 1
 IG9-1 : Ikan Gelama lokasi 9, tahap 1

MKS : Muara Kali Sari (Lok. 7)
 PPK : Pesisir Pantai Kenjeran (Sukolilo) (Lok. 8)
 PKC : Pesisir Kedung Cowek (Kedinding) (Lok. 9)
 MKK : Muara kali Kedinding (Lok. 10)
 PPM : Pesisir Pantai Morokrembangan (Lok. 12)

**PERHITUNGAN KADAR LOGAM BERAT DALAM CUPLIKAN AIR,
SEDIMEN DAN BIOTA DI PERAIRAN SURABAYA**

1. Contoh perhitungan kadar unsur Arsen (As) dalam cuplikan air sungai dan laut dengan waktu cacah 600 detik

Lokasi 1 : Tengah Kali Surabaya (Karang Pilang)

a. Blangko rata-rata

Blangko 1

Netto : 5

Waktu cacah : 600 detik

Waktu tunda : 19,566 jam

Waktu paruh ($T^{1/2}$) unsur Arsen (As) : 1,10 hari = 26,4 jam

$$\begin{aligned} \text{Cps}_t &= \frac{\text{netto}}{t \text{ cacah}} = \frac{5}{600 \text{ dtk}} \\ &= 0,0083 \text{ Cps} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cps}_o &= \text{Cps}_t \cdot e^{0,693 \cdot t / T^{1/2}} \\ &= 0,0083 \cdot e^{0,693 \cdot 19,566 / 26,4} \\ &= 0,0138 \text{ Cps} \end{aligned}$$

Blangko 2

Netto : 1

Waktu cacah : 600 detik

Waktu tunda : 20,816 jam

Waktu paruh ($T^{1/2}$) unsur Arsen (As) : 1,10 hari = 26,4 jam

$$\begin{aligned} \text{Cps}_t &= \frac{\text{netto}}{t \text{ cacah}} = \frac{1}{600 \text{ dtk}} \\ &= 0,0016 \text{ Cps} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cps}_o &= \text{Cps}_t \cdot e^{0,693 \cdot t / T^{1/2}} \\ &= 0,0016 \cdot e^{0,693 \cdot 20,816 / 26,4} \\ &= 0,00276 \text{ Cps} \end{aligned}$$

Netto blangko rata-rata : 3

Cps_o rata-rata : $0,00828 \pm 0,005$

t.tunda rata-rata : 20,191 jam

b. Standar

Netto : 7579

Waktu cacah : 600 detik

Waktu tunda : 19,383 jam

Waktu paruh ($T^{1/2}$) unsur Arsen (As) : 1,10 hari = 26,4 jam

$$\begin{aligned} \text{Cps}_t &= \frac{\text{netto}}{t \text{ cacah}} = \frac{7579}{600 \text{ dtk}} \\ &= 12,631 \text{ Cps} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cps}_o &= \text{Cps}_t \cdot e^{0,693 \cdot t / T^{1/2}} \\ &= 12,631 \cdot e^{0,693 \cdot 19,383 / 26,4} \\ &= 21,009 \text{ Cps} \end{aligned}$$

c. Cuplikan

AS-1-1

Netto : 113

Waktu cacah : 600 detik

Waktu tunda : 19,766 jam

Waktu paruh ($T^{1/2}$) unsur Arsen (As) : 1,10 hari = 26,4 jam

$$\begin{aligned} \text{Cps}_t &= \frac{\text{netto}}{t \text{ cacah}} = \frac{113}{600 \text{ dtk}} \\ &= 0,188 \text{ Cps} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cps}_o &= \text{Cps}_t \cdot e^{0,693 \cdot t / T^{1/2}} \\ &= 0,188 \cdot e^{0,693 \cdot 19,766 / 26,4} \\ &= 0,3160 \text{ Cps} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar Cuplikan} &= \frac{\text{Cps}_o \text{ cuplikan}}{\text{Cps}_o \text{ standar}} \times \text{Kadar standar As} \\ &= \frac{0,3160 - 0,00828}{21,009 - 0,00828} \times 5 \mu\text{g/ml} \\ &= 0,0732 \mu\text{g/ml} \end{aligned}$$

Karena air tawar mengalami faktor pemekatan 40x, maka :

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Kadar cuplikan}}{\text{Faktor pemekatan}} = \frac{0,0732 \mu\text{g/ml}}{40 \times} \\ &= 0,00183 \mu\text{g/ml} \end{aligned}$$

AS-1-2

Netto : 84

Waktu cacah : 600 detik

Waktu tunda : 20,016 jam

Waktu paruh ($T^{1/2}$) unsur Arsen (As) : 1,10 hari = 26,4 jam

$$\begin{aligned} \text{Cps}_t &= \frac{\text{netto}}{t \text{ cacah}} = \frac{84}{600 \text{ dtk}} \\ &= 0,14 \text{ Cps} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cps}_o &= \text{Cps}_t \cdot e^{0,693 \cdot t / T^{1/2}} \\ &= 0,14 \cdot e^{0,693 \cdot 20,016 / 26,4} \\ &= 0,2370 \text{ Cps} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar Cuplikan} &= \frac{\text{Cps}_o \text{ cuplikan}}{\text{Cps}_o \text{ standar}} \times \text{Kadar standar As} \\ &= \frac{0,2370 - 0,00828}{21,009 - 0,00828} \times 5 \mu\text{g/ml} \\ &= 0,0544 \mu\text{g/ml} \end{aligned}$$

Karena air tawar mengalami faktor pemekatan 40x, maka :

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Kadar cuplikan}}{\text{Faktor pemekatan}} = \frac{0,0544 \mu\text{g/ml}}{40 \times} \\ &= 0,00136 \mu\text{g/ml} \end{aligned}$$

AS-1-3

Netto : 12

Waktu cacah : 600 detik

Waktu tunda : 20,216 jam

Waktu paruh ($T^{1/2}$) unsur Arsen (As) : 1,10 hari = 26,4 jam

$$\begin{aligned} \text{Cps}_t &= \frac{\text{netto}}{t \text{ cacah}} = \frac{12}{600 \text{ dtk}} \\ &= 0,02 \text{ Cps} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cps_o &= Cps_t \cdot e^{0.693 \cdot t / T^{1/2}} \\
 &= 0,02 \cdot e^{0.693 \cdot 20,216 / 26,4} \\
 &= 0,0340 \text{ Cps}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar Cuplikan} &= \frac{Cps_o \text{ cuplikan}}{Cps_o \text{ standar}} \times \text{Kadar Standar As} \\
 &= \frac{0,0340 - 0,00828}{21,009 - 0,00828} \times 5 \mu\text{g/ml} \\
 &= 0,00612 \mu\text{g/ml}
 \end{aligned}$$

Karena air tawar mengalami faktor pemekatan 40x, maka :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Kadar cuplikan}}{\text{Faktor pemekatan}} = \frac{0,00612 \mu\text{g/ml}}{40 \times} \\
 &= 0,000153 \mu\text{g/ml}
 \end{aligned}$$

Kadar rata-rata cuplikan : $0,001114 \pm 0,0007$

Contoh perhitungan diatas juga digunakan untuk unsur yang lain, hanya saja kadar standar (Ws) tergantung dari jenis unsur, As : 5 $\mu\text{g/ml}$ (ppm); Cd : 20 $\mu\text{g/ml}$ (ppm); Zn : 20 $\mu\text{g/ml}$ (ppm); Co : 10 $\mu\text{g/ml}$ (ppm). Sedangkan untuk air laut dipekatkan 5 x.

2. Langkah perhitungan kadar unsur Arsen (As) dalam Sedimen sungai dan laut untuk waktu cacah 750 detik.

Lokasi 1 : Tengah Kali Surabaya (Karang Pilang)

a. Blangko rata-rata

Blangko 1

Netto : 116

Waktu cacah : 750 detik

Waktu tunda : 67,166 jam

Waktu paruh ($T^{1/2}$) unsur Arsen (As) : 1,10 hari = 26,4 jam

$$\begin{aligned} \text{Cps}_t &= \frac{\text{netto}}{t \text{ cacah}} = \frac{116}{750 \text{ dtk}} \\ &= 0,1546 \text{ Cps} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cps}_o &= \text{Cps}_t \cdot e^{0,693 \cdot t / T^{1/2}} \\ &= 0,1546 \cdot e^{0,693 \cdot 67,166 / 26,4} \\ &= 0,9014 \text{ Cps} \end{aligned}$$

Blangko 2

Netto : 67

Waktu cacah : 750 detik

Waktu tunda : 68,9 jam

Waktu paruh ($T^{1/2}$) unsur Arsen (As) : 1,10 hari = 26,4 jam

$$\begin{aligned} \text{Cps}_t &= \frac{\text{netto}}{t \text{ cacah}} = \frac{67}{750 \text{ dtk}} \\ &= 0,0893 \text{ Cps} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cps}_o &= \text{Cps}_t \cdot e^{0,693 \cdot t / T^{1/2}} \\ &= 0,0893 \cdot e^{0,693 \cdot 68,9 / 26,4} \\ &= 0,5449 \text{ Cps} \end{aligned}$$

Netto blangko rata-rata : 91,5

Cps_o rata-rata : $0,4384 \pm 0,311$

t.tunda rata-rata : 68,033 jam

b. Standar

Netto : 5714

Waktu cacah : 750 detik

Waktu tunda : 66,116 jam

Waktu paruh ($T^{1/2}$) unsur Arsen (As) : 1,10 hari = 26,4 jam

$$\begin{aligned} \text{Cps}_t &= \frac{\text{netto}}{t \text{ cacah}} = \frac{5714}{750 \text{ dtk}} \\ &= 7,618 \text{ Cps} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cps}_o &= \text{Cps}_t \cdot e^{0,693 \cdot t / T^{1/2}} \\ &= 7,618 \cdot e^{0,693 \cdot 66,116 / 26,4} \\ &= 43,209 \text{ Cps} \end{aligned}$$

c. Cuplikan

S1-1

Netto : 820

Waktu cacah : 750 detik

Waktu tunda : 66,35 jam

Waktu paruh ($T^{1/2}$) unsur Arsen (As) : 1,10 hari = 26,4 jam

$$\begin{aligned} \text{Cps}_t &= \frac{\text{netto}}{t \text{ cacah}} = \frac{820}{750 \text{ dtk}} \\ &= 1,093 \text{ Cps} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cps}_o &= \text{Cps}_t \cdot e^{0,693 \cdot t / T^{1/2}} \\ &= 1,093 \cdot e^{0,693 \cdot 66,35 / 26,4} \\ &= 6,2377 \text{ Cps} \end{aligned}$$

Kadar Standar As = $5 \mu\text{g/ml} \times 0,5 \text{ ml} = 2,5 \mu\text{g}$

$$\begin{aligned} \text{Kadar cuplikan dalam } 0,1080 \text{ g} &= \frac{\text{Cps}_o \text{ cuplikan}}{\text{Cps}_o \text{ standar}} \times \text{Kadar standar As} \\ &= \frac{6,2377 - 0,4384}{43,209 - 0,4384} \times \frac{2,5 \mu\text{g}}{0,1080 \text{ g}} \\ &= 3,318675 \mu\text{g/g} \end{aligned}$$

S1-2

Netto : 797

Waktu cacah : 750 detik

Waktu tunda : 66,633 jam

Waktu paruh ($T^{1/2}$) unsur As : 1,10 hari = 26,4 jam

$$\begin{aligned} \text{Cps}_t &= \frac{\text{netto}}{t \text{ cacah}} = \frac{797}{750 \text{ dtk}} \\ &= 1,0626 \text{ Cps} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cps}_o &= \text{Cps}_t \cdot e^{0,693 \cdot t / T^{1/2}} \\ &= 1,0626 \cdot e^{0,693 \cdot 66,633 / 26,4} \\ &= 6,1094 \text{ Cps} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar cuplikan dalam } 0,1070 \text{ g} &= \frac{\text{Cps}_o \text{ cuplikan}}{\text{Cps}_o \text{ standar}} \times \text{Kadar standar As} \\ &= \frac{6,1094 - 0,4384}{43,209 - 0,4384} \times \frac{2,5 \mu\text{g}}{0,1070 \text{ g}} \\ &= 3,097922 \mu\text{g/g} \end{aligned}$$

S1-3

Netto : 454

Waktu cacah : 750 detik

Waktu tunda : 66,9 jam

Waktu paruh ($T^{1/2}$) unsur As : 1,10 hari = 26,4 jam

$$\begin{aligned} \text{Cps}_t &= \frac{\text{netto}}{t \text{ cacah}} = \frac{454}{750 \text{ dtk}} \\ &= 0,6053 \text{ Cps} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cps}_o &= \text{Cps}_t \cdot e^{0,693 \cdot t / T^{1/2}} \\ &= 0,6053 \cdot e^{0,693 \cdot 66,9 / 26,4} \\ &= 3,5046 \text{ Cps} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar cuplikan dalam } 0,1080 \text{ g} &= \frac{\text{Cps}_o \text{ cuplikan}}{\text{Cps}_o \text{ standar}} \times \text{Kadar standar As} \\ &= \frac{6,1094 - 0,4384}{43,209 - 0,4384} \times \frac{2,5 \mu\text{g}}{0,1080 \text{ g}} \\ &= 1,659477 \mu\text{g/g} \end{aligned}$$

Kadar rata-rata cuplikan : $2,692025 \pm 0,736$

Contoh perhitungan diatas juga digunakan untuk unsur yang lain, hanya saja kadar standar (Ws) tergantung dari jenis unsur, As : $5 \mu\text{g/ml}$ (ppm); Cd : $20 \mu\text{g/ml}$ (ppm) ; Zn : $20 \mu\text{g/ml}$ (ppm) ; Co : $10 \mu\text{g/ml}$ (ppm)

3. Langkah perhitungan kadar unsur Arsen (As) dalam Biota sungai dan laut untuk waktu cacah 600 detik.

Lokasi 1 : Tengah Kali Surabaya (Karang Pilang)

a. Blangko rata-rata

Blangko 1

Netto : 44

Waktu cacah : 600 detik

Waktu tunda : 91,35 jam

Waktu paruh ($T^{1/2}$) unsur Arsen (As) : 1,10 hari = 26,4 jam

$$\begin{aligned} \text{Cps}_t &= \frac{\text{netto}}{t \text{ cacah}} = \frac{44}{600 \text{ dtk}} \\ &= 0,073 \text{ Cps} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cps}_o &= \text{Cps}_t \cdot e^{0,693 \cdot t / T^{1/2}} \\ &= 0,073 \cdot e^{0,693 \cdot 91,35 / 26,4} \\ &= 0,8067 \text{ Cps} \end{aligned}$$

Blangko 2

Netto : 9

Waktu cacah : 600 detik

Waktu tunda : 92,716 jam

Waktu paruh ($T^{1/2}$) unsur Arsen (As) : 1,10 hari = 26,4 jam

$$\begin{aligned} \text{Cps}_t &= \frac{\text{netto}}{t \text{ cacah}} = \frac{9}{600 \text{ dtk}} \\ &= 0,015 \text{ Cps} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cps}_o &= \text{Cps}_t \cdot e^{0,693 \cdot t / T^{1/2}} \\ &= 0,015 \cdot e^{0,693 \cdot 92,716 / 26,4} \\ &= 0,1710 \text{ Cps} \end{aligned}$$

Netto blangko rata-rata : 26,5

Cps_o rata-rata : 0,4888 ± 0,317

t.tunda rata-rata : 92,033 jam

b. Standar

Netto : 760

Waktu cacah : 600 detik

Waktu tunda : 90,15 jam

Waktu paruh ($T^{1/2}$) unsur Arsen (As) : 1,10 hari = 26,4 jam

$$\begin{aligned} \text{Cps}_t &= \frac{\text{netto}}{t \text{ cacah}} = \frac{760}{600 \text{ dtk}} \\ &= 1,266 \text{ Cps} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cps}_o &= \text{Cps}_t \cdot e^{0,693 \cdot t / T^{1/2}} \\ &= 1,266 \cdot e^{0,693 \cdot 90,15 / 26,4} \\ &= 13,4947 \text{ Cps} \end{aligned}$$

c. Cuplikan

EG1-i

Netto : 21

Waktu cacah : 600 detik

Waktu tunda : 90,8 jam

Waktu paruh ($T^{1/2}$) unsur Arsen (As): 1,10 hari = 26,4 jam

$$\begin{aligned} \text{Cps}_t &= \frac{\text{netto}}{t \text{ cacah}} = \frac{21}{600 \text{ dtk}} \\ &= 0,035 \text{ Cps} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cps}_o &= \text{Cps}_t \cdot e^{0,693 \cdot t / T^{1/2}} \\ &= 0,035 \cdot e^{0,693 \cdot 90,8 / 26,4} \\ &= 0,3794 \text{ Cps} \end{aligned}$$

$$\text{Kadar Standar As} = 5 \mu\text{g/ml} \times 0,5 \text{ ml} = 2,5 \mu\text{g}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar cuplikan dalam } 0,1080 \text{ g} &= \frac{\text{Cps}_o \text{ cuplikan}}{\text{Cps}_o \text{ standar}} \times \text{Kadar standar As} \\ &= \frac{0,3794 - 0,4888}{13,497 - 0,4384} \times \frac{2,5 \mu\text{g}}{0,1080 \text{ g}} \\ &= -0,194712 \mu\text{g/g} \end{aligned}$$

- Hasil kadar cuplikan negative (-) dikarenakan netto cuplikan lebih kecil dari netto blangko

EG1-2

Netto : 20

Waktu cacah : 600 detik

Waktu tunda : 91 jam

Waktu paruh ($T^{1/2}$) unsur Arsen (As) : 1,10 hari = 26,4 jam

$$\begin{aligned} \text{Cps}_t &= \frac{\text{netto}}{t \text{ cacah}} = \frac{20}{600 \text{ dtk}} \\ &= 0,033 \text{ Cps} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cps}_o &= \text{Cps}_t \cdot e^{0,693 \cdot t / T^{1/2}} \\ &= 0,033 \cdot e^{0,693 \cdot 91 / 26,4} \\ &= 0,3633 \text{ Cps} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar cuplikan dalam } 0,1080 \text{ g} &= \frac{\text{Cps}_o \text{ cuplikan}}{\text{Cps}_o \text{ standar}} \times \text{Kadar standar As} \\ &= \frac{0,3633 - 0,4888}{13,497 - 0,4384} \times \frac{2,5 \mu\text{g}}{0,1080 \text{ g}} \\ &= -0,223328 \mu\text{g/g} \end{aligned}$$

EG1-3

Netto : 42

Waktu cacah : 600 detik

Waktu tunda : 91,183 jam

Waktu paruh ($T^{1/2}$) unsur Arsen As : 1,10 hari = 26,4 jam

$$\begin{aligned} \text{Cps}_t &= \frac{\text{netto}}{t \text{ cacah}} = \frac{42}{600 \text{ dtk}} \\ &= 0,07 \text{ Cps} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cps}_o &= \text{Cps}_t \cdot e^{0,693 \cdot t / T^{1/2}} \\ &= 0,07 \cdot e^{0,693 \cdot 91,183 / 26,4} \\ &= 0,766 \text{ Cps} \end{aligned}$$

$$\text{Kadar cuplikan dalam } 0,1090 \text{ g} = \frac{\text{Cps}_o \text{ cuplikan}}{\text{Cps}_o \text{ standar}} \times \text{Kadar standar As}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{0,766 - 0,4888}{13,497 - 0,4384} \times \frac{2,5 \mu\text{g}}{0,1090 \text{ g}} \\ &= 0,488753 \mu\text{g/g} \end{aligned}$$

Kadar rata-rata cuplikan : $0,488753 \pm 0$

Contoh perhitungan diatas juga digunakan untuk unsur yang lain, hanya saja kadar standar tergantung dari jenis unsur, As : $5 \mu\text{g/ml}$ (ppm); Cd : $20 \mu\text{g/ml}$ (ppm); Zn : $20 \mu\text{g/ml}$ (ppm); Co: $10 \mu\text{g/g}$ (ppm).

**DATA BERAT CUPLIKAN SEDIMEN DAN BIOTA
(TRIPLE)**

No	LOKASI	SEDIMEN (gram)	BIOTA (gram)
1	Tengah kali Surabaya (Karang pilang)	0,1080	0,1080
		0,1070	0,1080
		0,1080	0,1090
2	Hilir kali Surabaya (Gunungsari)	0,1040	0,1030
		0,1030	0,1020
		0,1040	0,1040
3	Hulu kali Mas (Darmokali)	0,1040	-
		0,1030	-
		0,1030	-
4	Hulu kali Wonokromo (Jagir WOnokromo)	0,1070	0,1040
		0,1060	0,1030
		0,1060	0,1040
5	Muara kali Wonokromo (Wonorejo)	0,1030	0,1040
		0,1020	0,1050
		0,1030	0,1040
6	Pesisir pantai Wonokromo	0,1020	0,1060
		0,1030	0,1050
		0,1030	0,1040
7	Muara kali Sari	0,1030	0,1080
		0,1030	0,1060
		0,1030	0,1080
8	Pesisir pantai Kenjeran (Sukolilo)	0,1030	0,1080
		0,1020	0,1080
		0,1030	0,1060
9	Pesisir Kedung Cowek (Kedinding)	0,1020	0,1050
		0,1030	0,1030
		0,1030	0,1080
10	Muara kali Kedinding	0,1020	0,1040
		0,1010	0,1040
		0,1010	0,1040
11	Muara Kali Anak (Morokrembangan)	0,1020	-
		0,1020	-
		0,1030	-
12	Pesisir Pantai Morokrembangan	0,1020	0,1030
		0,1030	0,1030
		0,1020	0,1030

PERHITUNGAN FAKTOR DISTRIBUSI (F_D)

Tabel Faktor distribusi (F_D) unsur logam berat dalam sedimen sungai dan laut di Perairan Surabaya dari lokasi 1 s.d 12.

No	lokasi Cuplikan	Ca ($\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$)	Cs ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	F_D (ml/g)
Unsur As				
1	Tengah kali Surabaya (karang Pilang)	0,001114 \pm 0,007	2,692025 \pm 0,736	2416,54
2	Hilir kali Surabaya (Gunungsari)	0,012833 \pm 0,001	2,652706 \pm 0,423	206,71
3	Hulu kali mas (Darmokali)	0,001600 \pm 0,001	1,692638 \pm 0,469	1057,9
4	Hulu kali wonokromo (Jagir Wonokromo)	0,001900 \pm 0,001	2,513018 \pm 0,545	1322,64
5	Muara kali wonokromo (Wonorejo)	0,011033 \pm 0,005	1,525716 \pm 0,347	138,287
6	Pesisir pantai wonokromo	0,000079 \pm 0	5,608636 \pm 0,596	70995,4
7	Muara kali sari	0,012567 \pm 0,005	5,562381 \pm 1,188	442,618
8	Pesisir pantai kenjeran (Sukolilo)	0,000389 \pm 0,0002	8,926431 \pm 4,888	22947,1
9	Pesisir Kedung cowek (Kedinding)	0,002122 \pm 0,0011	13,152051 \pm 2,183	6197,95
10	Muara Kali Kedinding	0,041533 \pm 0,024	11,217259 \pm 3,642	270,081
11	Muara kali Anak (Morokrempangan)	0,002707 \pm 0,0025	2,808987 \pm 2,143	1037,68
12	Pesisir pantai orokrempangan	0,001588 \pm 0,0005	6,147297 \pm 1,298	3871,09
Unsur Cd				
1	Tengah kali Surabaya (karang Pilang)	0,002670 \pm 0	3,435201 \pm 0,916	1286,59
2	Hilir kali Surabaya (Gunungsari)	0,020450 \pm 0,008	5,013401 \pm 3,602	245,154
3	Hulu kali mas (Darmokali)	0,030037 \pm 0,026	9,553968 \pm 6,651	318,073
4	Hulu kali wonokromo (Jagir Wonokromo)	0,119833 \pm 0,065	7,465906 \pm 1,808	62,3026
5	Muara kali wonokromo (Wonorejo)	0,208400 \pm 0,101	7,370340 \pm 2,311	35,3663
6	Pesisir pantai wonokromo	0,964100 \pm 0	11,721059 \pm 2,932	12,1575
7	Muara kali sari	0,032650 \pm 0,016	10,410098 \pm 6,242	318,839
8	Pesisir pantai kenjeran (Sukolilo)	0,959100 \pm 0	10,716974 \pm 3,855	11,174
9	Pesisir Kedung cowek (Kedinding)	0,838050 \pm 0,186	10,344059 \pm 0,940	12,343
10	Muara Kali Kedinding	1,640233 \pm 0,749	7,088864 \pm 7,089	4,32186
11	Muara kali Anak (Morokrempangan)	0,023550 \pm 0,005	8,852600 \pm 2,082	375,907
12	Pesisir pantai orokrempangan	0,199860 \pm 0	6,846202 \pm 1,887	34,255
Unsur Zn				
1	Tengah kali Surabaya (karang Pilang)	0,001540 \pm 0	2,152059 \pm 1,748	1397,44
2	Hilir kali Surabaya	0,046315 \pm 0	5,660955 \pm 2,835	122,227

	(Gunungsari)			
3	Hulu kali mas (Darmokali)	0,052333 ± 0,036	7,682172 ± 3,207	146,794
4	Hulu kali wonokromo (Jagir Wonokromo)	0,123567 ± 0,019	17,791852 ± 8,171	143,985
5	Muara kali wonokromo (Wonorejo)	0,071767 ± 0,012	15,806941 ± 4,693	220,254
6	Pesisir pantai wonokromo	0,272750 ± 0,071	6,321511 ± 6,044	23,1769
7	Muara kali sari	0,181933 ± 0,061	11,528277 ± 4,793	63,3655
8	Pesisir pantai kenjeran (Sukolilo)	0,739150 ± 0,164	4,267273 ± 1,645	5,77322
9	Pesisir Kedung cowek (Kedinding)	1,086167 ± 0,131	15,034943 ± 3,894	13,8422
10	Muara Kali Kedinding	0,145200 ± 0,078	17,908641 ± 5,339	123,338
11	Muara kali Anak (Morokrembangan)	0,130000 ± 0,073	22,350659 ± 6,952	171,928
12	Pesisir pantai orokrembangan	0,252400 ± 0	20,475004 ± 7,629	81,1213
Unsur Co				
1	Tengah kali Surabaya (karang Pilang)	0,018033 ± 0,008	13,738199 ± 2,522	761,837
2	Hilir kali Surabaya (Gunungsari)	0,012233 ± 0,002	20,860235 ± 6,401	1705,24
3	Hulu kali mas (Darmokali)	0,015650 ± 0,0007	7,049825 ± 4,015	450,468
4	Hulu kali wonokromo (Jagir Wonokromo)	0,030767 ± 0,007	8,4093525 ± 4,074	273,324
5	Muara kali wonokromo (Wonorejo)	0,021467 ± 0,007	2,767944 ± 0,899	128,939
6	Pesisir pantai wonokromo	0,247767 ± 0,075	11,133185 ± 1,849	44,9323
7	Muara kali sari	0,027033 ± 0,004	16,156666 ± 7,072	597,665
8	Pesisir pantai kenjeran (Sukolilo)	0,325267 ± 0,037	28,266362 ± 10,362	86,902
9	Pesisir Kedung cowek (Kedinding)	0,317700 ± 0,078	41,6905745 ± 0,152	131,226
10	Muara Kali Kedinding	0,023667 ± 0,005	12,252452 ± 3,2949	517,702
11	Muara kali Anak (Morokrembangan)	0,041833 ± 0,009	12,3691026 ± 7,629	295,678
12	Pesisir pantai orokrembangan	0,248200 ± 0,066	34,657414 ± 0,149	139,635

Sumber : Data Primer, Januari 2005

- Rumus untuk menghitung faktor distribusi (F_D) digunakan persamaan matematik sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 F_D &= \frac{C_s}{C_a} \\
 &= \frac{28314 \mu\text{g} \cdot \text{mg}^{-1}}{0,0011 \mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}} = 2574 \text{ml} / \text{g}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

F_D = faktor distribusi (ml/g)

C_a = konsentrasi air ($\mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$)

C_s = konsentrasi sedimen ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)

PERHITUNGAN FAKTOR BIOAKUMULASI (Fb)

Faktor bioakumulasi (Fb) unsur logam dalam biota sungai dan laut di perairan Surabaya dari lokasi 1 s.d 12

No	lokasi Cuplikan	Cb (konsentrasi biota) ($\mu\text{g.g}^{-1}$)					Fb (ml/g)
		Ca (konsentrasi air) ($\mu\text{g.ml}^{-1}$)	Eceng gondok (<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart) Solms)	Tanaman bakau (<i>Rhizophora.sp.</i>)	Ikan Belanak (<i>Moolgarda delicatus</i>)	Ikan Gelama (<i>Johnius</i> (<i>Johniops</i>) <i>Borneen</i>)	
Unsur As							
1	Tengah kali Surabaya (karang Piliang)	0,001114 \pm 0,007	0,488753 \pm 0	-	-	-	438,737
2	Hilir kali Surabaya (Gunungsari)	0,012833 \pm 0,001	0,235458 \pm 0,090	-	-	-	18,3479
3	Hulu kali mas (Darnokali)	0,001600 \pm 0,001	-	-	-	-	-
4	Hulu kali wonokromo (Jagir Wonokromo)	0,001900 \pm 0,001	0,771989 \pm 0	-	-	-	406,31
5	Muara kali wonokromo (Wonorejo)	0,011033 \pm 0,005	0,292101 \pm 0	-	-	-	26,4752
6	Pesisir pantai wonokromo	0,000079 \pm 0	-	-	-	-	94114,2
7	Muara kali sari	0,012567 \pm 0,005	-	2,800855 \pm 1,436	7,435021 \pm 6,752	-	222,874
8	Pesisir pantai kenjeran (Sukohlo)	0,000389 \pm 0,0002	-	-	3,336797 \pm 0,769	-	8577,88
9	Pesisir Kedung cowek (Kedinding)	0,002122 \pm 0,0011	-	-	-	-	1164,42
10	Muara Kali Kedinding	0,041533 \pm 0,024	2,421677 \pm 0,501	-	-	2,470899 \pm 1,355	58,3073
11	Muara kali Anak (Morokrempangan)	0,002707 \pm 0,0025	-	-	-	-	-
12	Pesisir pantai orokrempangan	0,001588 \pm 0,0005	-	-	2,471655 \pm 1,527	-	1556,46
Unsur Cd							
1	Tengah kali Surabaya (karang)	0,002670 \pm 0	14,609542 \pm 9,904	-	-	-	5471,74

8	Pesisir pantai kenjeran (Sukolilo)	0,739150 ± 0,164	-	-	-	11,378225 ± 5,221	-	15,3937	
9	Pesisir Kedung cowek (Kedinding)	1,086167 ± 0,131	-	-	-	-	4,284197 ± 3,406	3,94433	
10	Muara Kali Kedinding	0,145200 ± 0,078	8,461782 ± 2,298	-	-	-	-	58,2767	
11	Muara kali Anak (Morokrembangan)	0,130000 ± 0,073	-	-	-	-	-	-	
12	Pesisir pantai orokrembangan	0,252400 ± 0	-	-	-	5,036346 ± 4,204	-	19,9538	
Unsur Co									
1	Tengah kali Surabaya (karang Ptlang)	0,018033 ± 0,008	6,789487 ± 3,833	-	-	-	-	376,503	
2	Hilir kali Surabaya (Gunungsari)	0,012233 ± 0,002	6,588399 ± 3,356	-	-	-	-	538,576	
3	Hulu kali mas (Darnokali)	0,015650 ± 0,0007	-	-	-	-	-	-	
4	Hulu kali wonokromo (Jagir Wonokromo)	0,030767 ± 0,007	4,262903 ± 1,339	-	-	-	-	-	
5	Muara kali wonokromo (Wonorejo)	0,021467 ± 0,007	1,944979 ± 0	-	-	-	-	138,554	
6	Pesisir pantai wonokromo	0,247767 ± 0,075	-	-	-	-	-	90,6032	
7	Muara kali sari	0,027033 ± 0,004	-	-	8,270313 ± 2,591	9,210919 ± 5,753	-	37,1745	
8	Pesisir pantai kenjeran (Sukolilo)	0,325267 ± 0,037	-	-	-	-	-	305,934	
9	Pesisir Kedung cowek (Kedinding)	0,317700 ± 0,078	-	-	-	0,821843 ± 0	-	2,52667	
10	Muara Kali Kedinding	0,023667 ± 0,005	9,662924 ± 0,424	-	-	-	5,754141 ± 4,829	18,1119	
11	Muara kali Anak (Morokrembangan)	0,041833 ± 0,009	-	-	-	-	-	408,287	
12	Pesisir pantai orokrembangan	0,248200 ± 0,066	-	-	-	5,280903 ± 4,807	-	-	
Sumber : Data primer, Januari 2005									

- Cuplikan yang diambil dari setiap lokasi berbeda jenis biotanya
 - Eceng gondok : lokasi 1,2,4,5,10
 - Tanaman bakau : lokasi 7
 - Ikan Belanak : lokasi 6,8,12
 - Ikan Gelama : lokasi 9
- Untuk lokasi 3 dan 11 tidak dapat dicari faktor bioakumulasi-nya, karena cuplikan biota tidak ada.
- Rumus untuk menghitung faktor bioakumulasi (Fb) digunakan persamaan matematik sebagai berikut :

$$Fb = \frac{Cb}{Ca}$$

$$= \frac{0,488753 \mu\text{g.g}^{-1}}{0,001114 \mu\text{g.ml}^{-1}} = 438,757 \text{ ml/g}$$

Keterangan :

Fb = faktor bioakumulasi (ml/g)

Ca = konsentrasi air ($\mu\text{g.ml}^{-1}$)

Cb = konsentrasi biota ($\mu\text{g.g}^{-1}$)

- Fb berbeda dalam setiap jenis cuplikan (eceng gondok, tanaman bakau, ikan blanak dan ikan galama), hal ini dipengaruhi oleh kemampuan biota air dalam mengabsorpsi dan mengekskresikan logam berat yang ada di perairan.

**DATA HASIL CACAH UNSUR DALAM SRM – 2704 “BUFALLO RIVERS
SEDIMENT”**

No	Kode Cuplikan	T tunda (jam)	Netto	Cps ₁	Cps ₂	Kadar (µg/g)	Rata-rata (µg/g)
As – 76							
1	SRM 2704 - A	210,333	53	0,0883	22,07848	13,353704	16,150063 ± 3,955
2	SRM 2704 - B	210,433	75	0,1250	31,32525	18,946422	
Cd – 115							
1	SRM 2704 - A	215,1	85	0,1467	2,10889	2,733301	2,139377 ± 0,839
2	SRM 2704 - B	215,2	48	0,0800	1,19240	1,545452	
Zn – 65							
1	SRM 2704 - A	2058,016	510	0,85	0,876824	24,147651	23,863585 ± 0,4017
2	SRM 2704 - B	2058,116	498	0,83	0,856195	23,579520	
Co – 60							
1	SRM 2704 - A	1291,28	2080	3,467	3,53491	5,489735	5,487102 ± 0,003
2	SRM 2704 - B	1291,38	2078	3,463	3,53152	5,484469	

**PERBANDINGAN KADAR UNSUR DALAM SRM – 2704
“BUFALLO RIVERS SEDIMENT”**

No	Jenis cuplikan	Kadar hasil Pengukuran (µg/g)	Kadar Sertifikat (µg/g)	Bias (%)	Akurasi (%)
As – 76					
1	SRM - 2704	16,150063 ± 3,955	23,4 ± 0,8	30,98	69,02
Cd – 115					
2	SRM - 2704	2,139377 ± 0,839	3,45 ± 0,22	37,99	62,01
Zn – 65					
3	SRM - 2704	23,863585 ± 0,401729	438 ± 12	94,55	5,45
Co – 60					
4	SRM - 2704	5,487102 ± 0,003	14,0 ± 0,6	60,81	39,19

PERHITUNGAN SRM – 2704 “BUFALLO RIVERS SEDIMENT”

1. Perhitungan hasil cacah As – 76 dalam SRM 2704

Standar sekunder ^{76}As

Netto : 153
 T : 163,416 jam
 $T^{1/2}$: 26,4 jam
 tc : 600 detik

$$\text{Cps}_t = \frac{\text{netto}}{t c} = \frac{153}{600 \text{ dtk}} = 0,255 \text{ Cps}$$

$$\begin{aligned} \text{Cps}_o &= \text{Cps}_t \cdot e^{0,693 \cdot t / T^{1/2}} \\ &= 0,255 \cdot e^{0,693 \cdot 163,416 / 26,4} \\ &= 18,6003 \text{ Cps} \end{aligned}$$

SRM 2704 A

Netto : 53
 t : 210,333 jam
 $T^{1/2}$: 26,4 jam
 tc : 600 detik

$$\text{Cps}_t = \frac{\text{netto}}{t c} = \frac{53}{600 \text{ dtk}} = 0,0883 \text{ Cps}$$

$$\begin{aligned} \text{Cps}_o &= \text{Cps}_t \cdot e^{0,693 \cdot t / T^{1/2}} \\ &= 0,0883 \cdot e^{0,693 \cdot 210,333 / 26,4} \\ &= 22,07848 \text{ Cps} \end{aligned}$$

$$\text{Kadar Standar As} = 2,25 \mu\text{g/ml} \times 0,5 \text{ ml} = 1,125 \mu\text{g}$$

$$\text{Kadar SRM 2704 dalam } 0,1 \text{ g} = \frac{\text{Cps}_o \text{ SRM 2704}}{\text{Cps}_o \text{ standar sekunder}} \times \text{Kadar standar As}$$

$$= \frac{22,07848}{18,6003} \times \frac{1,125 \mu\text{g}}{0,1 \text{ g}}$$

$$= 13,353704 \mu\text{g/g}$$

SRM 2704 B

Netto : 75
 t : 210,433 jam
 T $\frac{1}{2}$: 26,4 jam
 t_c : 600 detik

$$Cps_t = \frac{\text{netto}}{t \cdot c} = \frac{75}{600 \text{ dtk}} = 0,125 \text{ Cps}$$

$$\begin{aligned} Cps_o &= Cps_t \cdot e^{0,693 \cdot t / T^{1/2}} \\ &= 0,125 \cdot e^{0,693 \cdot 210,433 / 26,4} \\ &= 31,325257 \text{ Cps} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar SRM 2704 dalam 0,1 g} &= \frac{Cps_o \text{ SRM 2704}}{Cps_o \text{ standar sekunder}} \times \text{Kadar standar As} \\ &= \frac{31,325257}{18,6003} \times \frac{1,125 \mu\text{g}}{0,1 \text{ g}} \\ &= 18,946422 \mu\text{g/g} \end{aligned}$$

Kadar Rata-rata SRM - 2704 : 16,150063 ± 3,955 μg/g
 Kadar rata-rata Sertifikat Arsen (As) : 23,4 ± 0,8 μg/g

$$\begin{aligned} \text{Bias} &= \left[\frac{KR_{\text{Sertifikat}} - KR_{\text{Ukur}}}{KR_{\text{Sertifikat}}} \right] \cdot 100\% \\ &= \left[\frac{23,4 \mu\text{g/g} - 16,150063 \mu\text{g/g}}{23,4 \mu\text{g/g}} \right] \cdot 100\% \\ &= 30,98\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Akurasi} &= 100\% - \text{Bias} \\ &= 100\% - 30,98\% \\ &= 69,02\% \end{aligned}$$

2. Perhitungan hasil cacah Cd - 115 dalam SRM 2704Standar sekunder ¹¹⁵Cd

Netto : 758
 T : 217,12 jam
 T $\frac{1}{2}$: 55,2 jam
 t_c : 600 detik

$$Cps_t = \frac{\text{netto}}{t \cdot c} = \frac{758}{600 \text{ dtk}} = 1,2633 \text{ Cps}$$

$$Cps_o = Cps_t \cdot e^{0,693 \cdot t / T^{1/2}}$$

$$= 1,2633 \cdot e^{0,693 \cdot 217,12 / 55,2}$$

$$= 19,288853 \text{ Cps}$$

SRM 2704 A

Netto : 85
 t : 215,1 jam
 T^{1/2} : 55,2 jam
 tc : 600 detik

$$Cps_t = \frac{\text{netto}}{tc} = \frac{85}{600 \text{ dtk}} = 0,1467 \text{ Cps}$$

$$Cps_o = Cps_t \cdot e^{0,693 \cdot t / T^{1/2}}$$

$$= 0,1467 \cdot e^{0,693 \cdot 215,1 / 55,2}$$

$$= 2,10889 \text{ Cps}$$

$$\text{Kadar Standar Cd} = 5 \mu\text{g/ml} \times 0,5 \text{ ml} = 2,5 \mu\text{g}$$

$$\text{Kadar SRM 2704 dalam } 0,1 \text{ g} = \frac{Cps_o \text{ SRM 2704}}{Cps_o \text{ standar sekunder}} \times \text{Kadar standar Cd}$$

$$= \frac{2,10889}{19,288853} \times \frac{2,5 \mu\text{g}}{0,1 \text{ g}}$$

$$= 2,733301 \mu\text{g/g}$$

SRM 2704 B

Netto : 48
 t : 215,2 jam
 T^{1/2} : 55,2 jam
 tc : 600 detik

$$Cps_t = \frac{\text{netto}}{tc} = \frac{48}{600 \text{ dtk}} = 0,08 \text{ Cps}$$

$$Cps_o = Cps_t \cdot e^{0,693 \cdot t / T^{1/2}}$$

$$= 0,08 \cdot e^{0,693 \cdot 215,2 / 55,2}$$

$$= 1,19240 \text{ Cps}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar SRM 2704 dalam 0,1 g} &= \frac{\text{Cps}_o \text{ SRM 2704}}{\text{Cps}_o \text{ standar sekunder}} \times \text{Kadar standar Cd} \\ &= \frac{1,19240}{19,288853} \times \frac{2,5 \mu\text{g}}{0,1 \text{ g}} \\ &= 1,545452 \mu\text{g/g} \end{aligned}$$

Kadar Rata-rata SRM – 2704 : $2,1393767 \pm 0,839 \mu\text{g/g}$
 Kadar rata-rata Sertifikat Arsen (As) : $3,45 \pm 0,22 \mu\text{g/g}$

$$\begin{aligned} \text{Bias} &= \left[\frac{\text{KR}_{\text{Sertifikat}} - \text{KR}_{\text{Ukur}}}{\text{KR}_{\text{Sertifikat}}} \right] \cdot 100\% \\ &= \left[\frac{3,45 \mu\text{g/g} - 2,1393767 \mu\text{g/g}}{3,45 \mu\text{g/g}} \right] \cdot 100\% \\ &= 37,99\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Akurasi} &= 100\% - \text{Bias} \\ &= 100\% - 37,99\% \\ &= 62,01\% \end{aligned}$$

3. Perhitungan hasil cacah dalam Zn - 65 SRM 2704

Standar sekunder ^{65}Zn

Netto : 792
 T : 2058,216 jam
 T $\frac{1}{2}$: 45902,4 jam
 t_c : 600 detik

$$\text{Cps}_t = \frac{\text{netto}}{t_c} = \frac{792}{600 \text{ dtk}} = 1,32 \text{ Cps}$$

$$\begin{aligned} \text{Cps}_o &= \text{Cps}_t \cdot e^{0,693 \cdot t / T^{1/2}} \\ &= 1,32 \cdot e^{0,693 \cdot 2058,216 / 45902,4} \\ &= 1,361661 \text{ Cps} \end{aligned}$$

SRM 2704 A

Netto : 510
 t : 2058,016 jam
 T $\frac{1}{2}$: 45902,4 jam
 t_c : 600 detik

$$\text{Cps}_t = \frac{\text{netto}}{t_c} = \frac{510}{600 \text{ dtk}} = 0,85 \text{ Cps}$$

$$\begin{aligned} \text{Cps}_o &= \text{Cps}_t \cdot e^{0,693 \cdot t / T^{1/2}} \\ &= 0,85 \cdot e^{0,693 \cdot 2058,016 / 45902,4} \\ &= 0,876824 \text{ Cps} \end{aligned}$$

$$\text{Kadar Standar Zn} = 7,5 \mu\text{g/ml} \times 0,5 \text{ ml} = 3,75 \mu\text{g}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar SRM 2704 dalam } 0,1 \text{ g} &= \frac{\text{Cps}_o \text{ SRM 2704}}{\text{Cps}_o \text{ standar sekunder}} \times \text{Kadar standar Zn} \\ &= \frac{0,876824}{1,361661} \times \frac{3,75 \mu\text{g}}{0,1 \text{ g}} \\ &= 24,147651 \mu\text{g/g} \end{aligned}$$

SRM 2704 B

Netto : 498
t : 2058,116 jam
T^{1/2} : 45902,4 jam
tc : 600 detik

$$\text{Cps}_t = \frac{\text{netto}}{t \cdot c} = \frac{498}{600 \text{ dtk}} = 0,83 \text{ Cps}$$

$$\begin{aligned} \text{Cps}_o &= \text{Cps}_t \cdot e^{0,693 \cdot t / T^{1/2}} \\ &= 0,83 \cdot e^{0,693 \cdot 2058,116 / 45902,4} \\ &= 0,856195 \text{ Cps} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar SRM 2704 dalam } 0,1 \text{ g} &= \frac{\text{Cps}_o \text{ SRM 2704}}{\text{Cps}_o \text{ standar sekunder}} \times \text{Kadar standar Zn} \\ &= \frac{0,856195}{1,361661} \times \frac{3,75 \mu\text{g}}{0,1 \text{ g}} \\ &= 23,579520 \mu\text{g/g} \end{aligned}$$

Kadar Rata-rata SRM – 2704 : 23,863585 ± 0,401729 μg/g
Kadar rata-rata Sertifikat Seng (Zn) : 438 ± 12 μg/g

$$\begin{aligned} \text{Bias} &= \left[\frac{\text{KR}_{\text{Sertifikat}} - \text{KR}_{\text{Ukur}}}{\text{KR}_{\text{Sertifikat}}} \right] \cdot 100\% \\ &= \left[\frac{438 \mu\text{g/g} - 23,863585 \mu\text{g/g}}{438 \mu\text{g/g}} \right] \cdot 100\% \end{aligned}$$

$$= 94,55\%$$

$$\begin{aligned} \text{Akurasi} &= 100\% - \text{Bias} \\ &= 100\% - 94,55\% \\ &= 5,45\% \end{aligned}$$

4. Perhitungan hasil cacah Co – 60 dalam SRM 2704

Standar sekunder ^{60}Co

$$\begin{aligned} \text{Netto} &: 2084 \\ T &: 1294,15 \text{ jam} \\ T^{1/2} &: 45902,4 \text{ jam} \\ t_c &: 600 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\text{Cps}_t = \frac{\text{netto}}{t_c} = \frac{2084}{600 \text{ dtk}} = 3,473 \text{ Cps}$$

$$\begin{aligned} \text{Cps}_o &= \text{Cps}_t \cdot e^{0,693 \cdot t / T^{1/2}} \\ &= 3,473 \cdot e^{0,693 \cdot 1294,15 / 45902,4} \\ &= 3,54152 \text{ Cps} \end{aligned}$$

SRM 2704 A

$$\begin{aligned} \text{Netto} &: 2080 \\ t &: 1291,28 \text{ jam} \\ T^{1/2} &: 45902,4 \text{ jam} \\ t_c &: 600 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\text{Cps}_t = \frac{\text{netto}}{t_c} = \frac{2080}{600 \text{ dtk}} = 3,467 \text{ Cps}$$

$$\begin{aligned} \text{Cps}_o &= \text{Cps}_t \cdot e^{0,693 \cdot t / T^{1/2}} \\ &= 3,467 \cdot e^{0,693 \cdot 1291,28 / 45902,4} \\ &= 3,53491 \text{ Cps} \end{aligned}$$

$$\text{Kadar Standar Co} = 1,1 \mu\text{g/ml} \times 0,5 \text{ ml} = 0,55 \mu\text{g}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar SRM 2704 dalam } 0,1 \text{ g} &= \frac{\text{Cps}_o \text{ SRM 2704}}{\text{Cps}_o \text{ standar sekunder}} \times \text{Kadar standar Co} \\ &= \frac{3,53491}{3,54152} \times \frac{0,55 \mu\text{g}}{0,1 \text{ g}} \\ &= 5,489735 \mu\text{g/g} \end{aligned}$$

SRM 2704 B

Netto : 2078
 t : 1291,38 jam
 T^{1/2} : 45902,4 jam
 tc : 600 detik

$$Cps_t = \frac{\text{netto}}{tc} = \frac{2078}{600 \text{ dtk}} = 3,4633 \text{ Cps}$$

$$\begin{aligned} Cps_o &= Cps_t \cdot e^{0,693 \cdot t / T^{1/2}} \\ &= 3,4633 \cdot e^{0,693 \cdot 1291,38 / 45902,4} \\ &= 3,53152 \text{ Cps} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar SRM 2704 dalam 0,1 g} &= \frac{Cps_o \text{ SRM 2704}}{Cps_o \text{ standar sekunder}} \times \text{Kadar standar Co} \\ &= \frac{3,53152}{3,54152} \times \frac{0,55 \mu\text{g}}{0,1 \text{ g}} \\ &= 5,484469 \mu\text{g/g} \end{aligned}$$

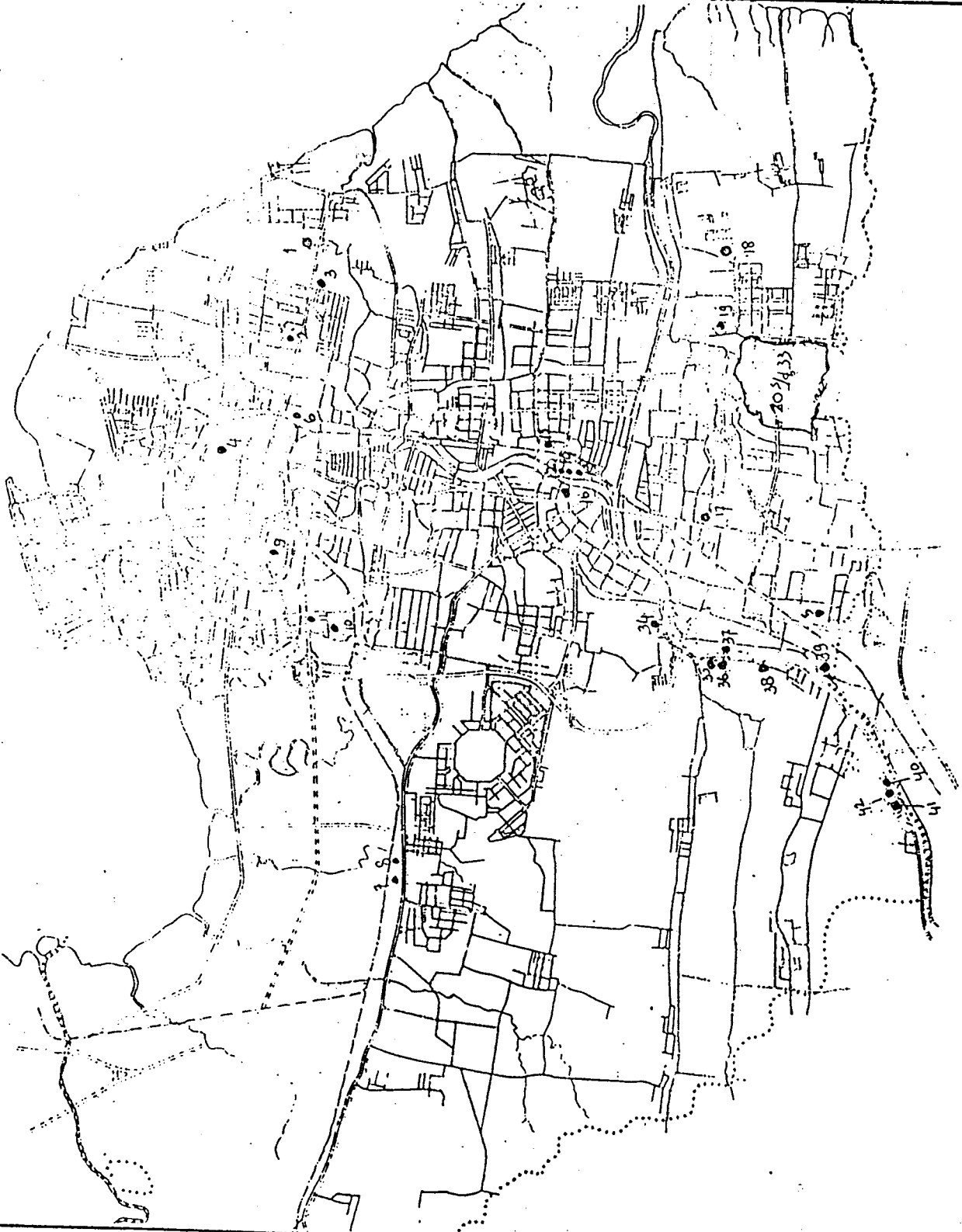
Kadar Rata-rata SRM - 2704 : 5,487102 ± 0,003 μg/g
 Kadar rata-rata Sertifikat Arsen (As) : 14,0 ± 0,6 μg/g

$$\begin{aligned} \text{Bias} &= \left[\frac{KR_{\text{Sertifikat}} - KR_{\text{Ukur}}}{KR_{\text{Sertifikat}}} \right] \cdot 100\% \\ &= \left[\frac{14,0 \mu\text{g/g} - 5,487102 \mu\text{g/g}}{14,0 \mu\text{g/g}} \right] \cdot 100\% \\ &= 60,81\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Akurasi} &= 100\% - \text{Bias} \\ &= 100\% - 60,81\% \\ &= 39,19\% \end{aligned}$$

INDUSTRI YANG POTENSIAL
MENGHASILKAN LEMBAH B3
KODYA SURABAYA

1. pt. wanga barata
2. cv. wonosari
3. pt. sari rajut indah
4. pt. new sidumulyo
5. pt. amin steel
6. pt. vonosari jaya
7. pt. valqua
8. pt. indoprinn
9. cv. java
10. pt. sss
11. agustin jaya
12. pt. rajut jatim baru
13. pt. plulip ralin
14. pinda karet
15. onorio
16. nv. mataram
17. carma yasa
18. pt. horizonsyntex
19. pt. star angkasa
20. pt. sinar angkasa
21. cv. surowangi
22. cv. indogloves
23. pt. first inter leather
24. pt. aruki
25. pt. solihin jaya
26. pt. solihin jaya abadi
27. pt. hari terang
28. pt. rajin steel pipe
29. cv. walrang mas
30. pt. agrocarb
31. pt. runng nusa
32. pt. sari warna
33. pt. afro pasific
34. cv. gunung sari
35. cv. pengestu
36. cv. gawe rejo
37. cv. binang apollo
38. pt. kalima leather
39. pt. pakabaya
40. pt. suparma
41. pt. kedawung sedia
42. pt. spindo



Tabel 3.1. Jenis industri dengan bahan baku & bahan penolong yang tergolong B3

Nama & alamat	Jenis industri	Kapasitas per tahun	Bahan baku & penolong yg bersifat B3
(1)	(2)	(3)	(4)
1. PT. Wangsa Brata Jln. Kenjeran	Penyamakan kulit	250.000 KKP	Na ₂ S, chromat acid H ₂ SO ₄
2. CV. Surowangi SIER	"	kulit olahan 7.000.000 sqft	"
3. CV. Wonosari Jl. Bukit Barisan 8	"	kulit olahan 9.300.000 sqft	"

Tabel 3.1. (lanjutan)

(1)	(2)	(3)	(4)
4. CV.Indogloves	kulit	kulit olahan 4.100 sqft	chromic acid
5. PT.First Inter.Leather	..	domba 300.000 lbr kambing 1.500.000 sqft	..
6. PT.Kaltim Kedurus	kulit reptil	-	..
*) segera ditutup karena sepadan sungai, dipindah ke Sidoarjo			
7. PT.Rajut Jatini Baru Jl.Ngagel 85	Perajutan	Kaos singlet 200.300 Dz	Kaporit (chlorine)
8. PT.Sari Rajut Indah Jl.Kenjeran 199	..	Kaos oblong 67.500 Dz	..
9. Pengestu Kedurus	..	Kaos oblong	..
10. PT.Pakabaya Jl.Pagesungai 44	Korek api	720.000 bal	belerang, amonium phosfat, Cr(VI)
11. NV.Matarum Jl. Dinoyo 11-19	cat	4.000 ton	Xylene pigment, warna
12. Onorio Jl. Ngagel IV/2	barang dari karet	126.000 buah	Belerang
13. PT. Anuki SIER	Urea formaldehyde	-	Ammoniak, metanol
14. PT.Kedawung Setia Jl.Warugunung	Alat rumah tangga	584.000 Dz	HCl, Na-nitrit
15. PT.Afro Pasific	..	360.000 Dz	..
16. PT.Star Angkasa Jl.Raya rungkut	Lampu tekan	120.000 buah	CuCN, Chromic acid, HCl, HNO ₃
17. PT.Agustin Jaya Jl.Purwodadi 90	..	60.000 buah	..

Tabel 3.1. (Lanjutan)

(1)	(2)	(3)	(4)
18. PT.Solichin Jaya SIER	lampu tekan	131.026 buah	CuCN, Chromic acid HCl, HNO ₃
19. PT.SSS Jl.Demak Timur	pelapisan seng gelombang dll		"
20. PT.Hari Terang SIER	batu battery	10.000.000 buah	Zn Cl ₂
21. PT.Sinar Angkasa SIER	lampu pijar	40.000.000 buah	resin
22. PT.Philip Ralin Jl.Ngangel 121 *) akan dipindah ke SIER	lampu pijar/TL	49.000.000 buah	resin
23. PT.New Sidumulyo Jl.Sidomulyo 95	kawat seng	18.000 ton	asam sulfat
24. PT.Amin Steel Jl.Suko Marunggal	seng gelombang	350.000 ton	larutan flux
25. PT.Wonosari Jaya Jl. Sinojawan 130	kawat baja	18.000 ton	HCl, H ₂ SO ₄
26. PT.Rajin Steel Pipe SIER	pipa baja spiral	45.000 ton	HCl, H ₂ SO ₄
27. PT.Spindo Jl.Warugunung	pipa baja	3.600 ton	H ₂ SO ₄ , HCl
28. CV.Welirang Mas SIER	Al-sulfat	11.500 ton	H ₂ SO ₄ , Al
29. Agrocarb SIER	pestisida	13.600 ton	phenolic
30. PT.Suparna Jl. Warugunung	kertas	25.650 ton	bahan warna

Tabel 3.1. (Lanjutan)

(1)	(2)	(3)	(4)
31. PT. Raung Nusa Chemical - SIER	syntetic resin	6,000 ton	xylene, phosfat plinthalic acid
32. PT. Sari Warna Pelangi-SIER	bahan pewarna	75 ton	resin
33. PT. Solichin Jaya Abadi-SIER	kaos lampu tekan	240.000 gros	NH ₄ OH Th-nitrat
34. PT. Valqua Tandes	kampas rem	-	nsber
35. PT. Indo Prima Tandes	sepatu rem	-	nsber
36. Pinda Carma Jl. A. Yani	penyamakan kulit	jnaa	Na ₂ S, NaOH
37. PD. Karet Ngagel	bahan dari karet	packing, dl	MEK, toluen
38. CV. Java Krembangan	cat	-	warna, pigment
39. PT. Gawe Rejo Kedurus	kaos	300 ton	warna H ₂ O ₂
40. PT. Horizonsiyntex Rungkut	tekstil printing/finishing	-	warna
41. CV. Gunungsari. Gunungsari	serbet, selimut	150 ton	pewarna
42. PT. Bintang Apollo Kedurus	kaos	3 ton	pewarna

**DATA KUMULATIF INDUSTRI KECIL, MENENGGAH DAN BESAR DI KOTA SURABAYA
BERDASARKAN KELOMPOK INDUSTRI TAHUN 2001**

KELOMPOK	UNIT			INVESTASI			TENAGA KERJA			NILAI PRODUKSI		
	KECIL	MINGH	BESAR	KECIL	MINGH	BESAR	KECIL	MINGH	BESAR	KECIL	MINGH	BESAR
I.1 Industri Kimia, Agro, dan Hasil Hutan (IKAH)	327	79	39	35.936.558	136.724.578	757.188.680	7.029	2.015	9.418	49.819.053	207.567.997	1.045.656.226
	490	119	32	60.371.427	277.073.750	631.283.019	12.930	5.514	25.254	92.018.573	332.020.000	857.974.339
	572	83	19	64.779.510	149.462.937	368.986.792	12.871	2.075	10.762	86.680.559	229.607.380	509.442.264
	120	60	16	17.937.400	98.478.750	300.641.509	2.921	1.715	2.185	24.373.920	157.249.820	428.987.171
	1.509	341	106	179.024.995	661.740.015	2.058.000.000	35.551	11.319	51.619	252.892.105	926.445.197	2.842.080.000
2 Industri Logam Mesin Elektronika dan Aneka (ILMEA)	78	34	9	9.847.213	63.914.487	553.280.000	1.748	1.591	11.838	14.863.945	103.078.140	452.336.000
	325	126	14	40.235.600	292.798.845	407.680.000	7.365	5.058	4.735	56.754.051	375.400.870	706.748.000
	426	81	8	52.170.854	190.988.372	232.960.000	9.648	3.934	3.159	75.705.104	266.011.360	403.856.000
	152	72	9	18.092.525	140.246.312	262.080.000	3.283	3.035	4.509	27.365.304	218.161.430	456.340.000
	981	313	40	120.346.198	687.948.076	1.456.000.000	22.044	13.608	24.241	174.488.404	962.657.800	2.019.280.000
JUMLAH IKAH + ILMEA	2.490	654	146	299.371.193	1.349.688.031	3.514.000.000	57.595	24.927	75.860	427.380.509	1.889.102.997	4.861.340.000
II. INDUSTRI NON FORMAL	7.852			51.749.027			149.966					
TOTAL INDUSTRI (I+II)	10.342	654	146	351.120.220	1.349.688.031	3.514.000.000	207.561	24.927	75.860	427.380.509	1.889.102.997	4.861.340.000
TOTAL INDUSTRI (Kecil, Menengah, Besar)			11.142			5.214.808.251			308.348			2.177.823.506


Berita Acara
Seminar Tugas Akhir


Periode : III 2004/2005
Hari, Tanggal : Kamis, 14 April 2005
Nama/NIM Mhs : ASTRI C.
Judul Proposal : Distribusi Pencampuran Logam Berat (As, Cd, Zn dan Co)

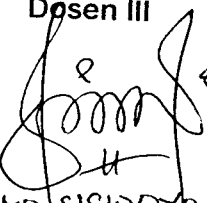
Berdasarkan penilaian Dosen Pembimbing dan Pengarah, maka untuk Tugas Akhir Mahasiswa tersebut diatas: ditolak/diterima/diterima* dengan syarat dan revisi:

1. Mohon dibahas tentang rendahnya data presisi akurasi
pd unsur Zn dan Pb.
2. Perbaiki pd penulisan pustaka
3.
4.

Dosen Pengarah dan Pembimbing:

Dosen I

(Agus)

Dosen II

(LUQMAN HAFIM, ST, M. Si)

Dosen III

(ERD SISWOTO, ST)
29/4/05

*Coret yang tidak perlu