



UNIVERSITAS INDONESIA

**SPESIASI LOGAM BERAT Cu DAN Zn
DENGAN METODE EKSTRAKSI DAN MIGRASINYA
DENGAN “*DIFFUSIVE GRADIENT IN THIN FILM*” (DGT)
DARI SEDIMEN PERAIRAN TELUK JAKARTA**

TESIS

**WAHYU SAEFUL BAHRI
NPM. 0806421994**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM PASCASARJANA KIMIA.
DEPOK
DESEMBER 2010**



UNIVERSITAS INDONESIA

**SPEIASI LOGAM BERAT Cu DAN Zn
DENGAN METODE EKSTRAKSI DAN MIGRASINYA
DENGAN “*DIFFUSIVE GRADIENT IN THIN FILM*” (DGT)
DARI SEDIMEN PERAIRAN TELUK JAKARTA**

TESIS

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar magister
sains**

**WAHYU SAEFUL BAHRI
NPM.0806421994**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM STUDI PASCASARJANA KIMIA
DEPOK
DESEMBER 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : WAHYU SAEFUL BAHRI

NPM : 0806421994

Tanda Tangan :

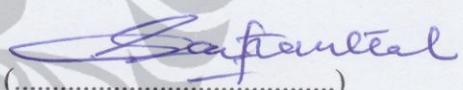
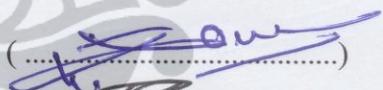
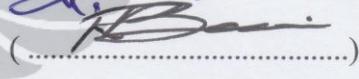
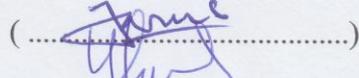
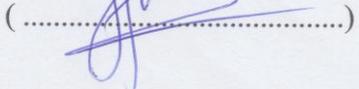
Tanggal : DESEMBER 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :
Nama : WAHYU SAEFUL BAHRI
NPM : 0806421994
Program Studi : PASCA SARJANA KIMIA
Judul Tesis : Spesiasi Logam Berat Cu dan Zn dengan
Metode Ekstraksi dan Migrasinya dengan
”Diffusive
Gradient In Thin Film” (DGT) dari Sedimen
Perairan
Teluk Jakarta

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Sains pada Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Asep Saefumillah, Ph.D. (.....) 
Penguji : Prof. Dr. Soleh Kosela, M.Sc. (.....) 
Penguji : Dr. Ridla Bakri, Mphil (.....) 
Penguji : Dr. Jarnuzi Gunlazuardi (.....) 
Penguji : Dr. Helmiyati, M.Si (.....) 

Ditetapkan di : Depok.
Tanggal : 29 Desember 2010

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Wahyu Saeful Bahri
NPM : 0806421994
Program Studi : Non Hayati
Departemen : Kimia
Fakultas : MIPA
Jenis karya : Tesis

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :
“Spesiasi Logam Berat Cu dan Zn dengan Metode Ekstraksi dan Migrasinya dengan *Diffusive Gradient In Thin Film* (DGT) dari Sedimen Perairan Teluk Jakarta”

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 29 Desember 2010
Yang menyatakan

(Wahyu Saeful Bahri)

ABSTRAK

Nama : Wahyu Saeful Bahri
Program Studi : S.2 Kimia
Judul : Spesiasi Logam Berat Cu dan Zn dengan Metode Ekstraksi dan Migrasinya dengan "*Diffusive Gradient In Thin Film*" (DGT) dari Sedimen Perairan Teluk Jakarta.

Penelitian tentang spesiasi logam berat Cu dan Zn dengan menggunakan metode ekstraksi bertahap dan migrasinya dengan *Diffusive Gradient In Thin Film* (DGT) dari sedimen perairan Teluk Jakarta telah dilakukan. Proses spesiasi logam berat Zn dan Cu dilakukan dengan metode ekstraksi bertahap. Pada penelitian ini terlihat bahwa pada fraksi yang mudah lepas (fraksi 1 dan 2) rata-rata konsentrasi logam Zn adalah 53,66 ppm, 49,99 ppm, dan 48,47 ppm untuk CD.1, CD.2, dan Cd.3 secara berurutan, sedangkan untuk logam Cu adalah 11,82 ppm, 11,92 ppm, dan 11,68 ppm untuk CD.1, Cd.2, dan Cd.3 secara berurutan. Di sisi lain, untuk fraksi yang sukar lepas (fraksi 4) rata-rata konsentrasi logam Zn adalah 25,76 ppm, 29,72 ppm, dan 30,70 ppm, untuk CD.1, Cd.2, dan Cd.3 secara berurutan, sedangkan untuk logam Cu adalah 36,78 ppm, 36,46 ppm, dan 30,27 ppm untuk Cd.1, Cd.2, dan Cd.3 secara berurutan. Untuk mempelajari migrasi logam berat dari sedimen ke badan air dilakukan dengan metode *Diffusive gradient in thin film* (DGT). Penggelaran DGT selama 1 hari dengan spike 100 ppm larutan ion logam Zn^{2+} dan Cu^{2+} ke dalam sediment didapat data untuk logam Zn C_{DGT} pada CD.1, CD.2 dan CD.3 rata-rata sebesar 1,505 ppm dan untuk logam Cu C_{DGT} pada CD.1 sebesar 6,61 ppm, CD.2 sebesar 4,41 ppm dan CD.3 sebesar 5,01 ppm. Berdasarkan data ini diasumsikan bahwa ada sebagian logam dalam sediment yang diserap oleh DGT. Kesimpulan yang di dapat dalam penelitian ini adalah bahwa keberadaan logam berat Zn dan Cu dalam sedimen di Cengkareng Drain cukup tinggi dan logam berat yang berada dalam sedimen dimungkinkan bermigrasi dari sedimen ke badan air.

Kata kunci : Sedimen, Logam Zn dan Cu, Migrasi, Ekstraksi bertahap, DGT

xv + 82 hal

Bibliography : 20 (1974-2008)

ABSTRACT

Name : Wahyu Saeful Bahri
Study Program : Chemistry S.2
Title : Speciation of Heavy Metals Cu and Zn by means of Extraction Method and migration by “*Diffusive Gradient In Thin Film*” (DGT) of Sediments Jakarta Bay waters.

Research on the speciation of heavy metals Cu and Zn by means of the method of sequential extraction and migration by the *Diffusive Gradient In Thin Film* (DGT) technique of the sediment in the aquatic system of Jakarta Bay have been conducted.

The process of heavy metals Zn and Cu extraction method is carried out sequentially. In this metal extraction study, it is shown that the easily removable fraction (fraction 1 and 2), as average metal concentrations of Zn are 53,66 ppm, 49,99 ppm, and 48,47 ppm for CD.1, CD.2, and CD.3 sediments respectively, whereas for Cu concentrations are of 11,82 ppm, 11,92 ppm, and 11,68 ppm for CD.1, CD.2, and CD.3 sediments respectively. On the other hand, for the non-easily removable fraction (fraction 4), the average metal concentrations of Zn are 25,76 ppm, 29,72 ppm, 30,70 ppm, for CD.1, CD.2, and CD.3 sediment respectively, whereas for Cu are of 36.78 ppm, 36,46 ppm, and 30.27 ppm for CD.1, CD.2, and CD.3 sediment respectively. To study the migration of heavy metals from sediment into water bodies, diffusive gradient method is applied in thin film (DGT). The deployment of DGT for 1 day with a spike of 100 ppm solution of metal ions of Zn(II) and Cu(II) into the sediment show that for Zn on CD.1 C_{DGT} , CD.2 and CD.3 sediment in average is of 1,505 ppm and for copper C_{DGT} on CD.1 is of 6,61 ppm, for CD.2 4,41 ppm and 5,01 ppm CD.3. Based on these data it is indicated that there are some amount of metals in the sediment that is absorbed by the DGT. It is concluded that the presence of heavy metals Zn and Cu in sediment at Cengkareng Drain are high enough and They are possible to migrate from the sediment into water bodies in the actual situation from where the sediment in this study is collected from..

Key words: Sediment, Metals Zn and Cu, Migration, Extraction stages, DGT
xv + 82 p.

Bibliography: 20 (1974-2008)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERNYATAANORISINALITAS.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR.....	v
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Hipotesis.....	2
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Sedimen.....	3
2.2 Logam Berat.....	4
2.2.1 Logam Tembaga (Cu).....	5
2.2.2 Logam Seng (Zn).....	6
2.3. Spesiasi Logam.....	8
2.4. Ekstraksi.....	8
2.4.1 Ekstraksi Bertahap.....	8
2.4.2 Keunggulan dan Kelemahan Ekstraksi Bertahap.....	11
2.5. DGT.....	11
2.5.1 Perhitungan Konsentrasi Logam dalam DGT.....	13
2.5.2. DGTsebagai Perangkat Analisis dan Spesiasi Logam.....	14
2.5.3. Prinsip Kerja DGT dalam Menganalisa Logam.....	16
2.5.4. Petunjuk Penggunaan DGT dalam Mengukur Logam.....	17
2.5.4.1 Penyimpanan Bahan.....	17
2.5.4.2. Perakitan Perangkat DGT.....	18
2.5.4.3. Tata Cara Menganalisa DGT.....	18
2.6. Atomik Absorpsi Spektrophotometer.....	18
2.6.1. Komponen Dasar.....	19
2.6.2. Hubungan antara Searapan Atom dengan Konsentrasi.....	20
BAB 3. RANCANGAN PENELITIAN.....	22
3.1 Metode Penelitian.....	22
3.2 Alat dan Bahan.....	22
3.2.1 Alat.....	22
3.2.2 Bahan.....	23

3.4. Prosedur Penelitian.....	23
3.4.1. Pengambilan Sampel.....	23
3.4.2. Karakterisasi Sedimen.....	23
3.4.3. Pembuatan Larutan Standar.....	25
3.4.4. Pembuatan Larutan Blanko.....	26
3.4.5. Preparasi Sampel Dengan Ekstraksi.....	26
3.4.5.1. Fraksi 1.....	26
3.4.5.2. Fraksi 2.....	26
3.4.5.3. Fraksi 3.....	27
3.4.5.4. Fraksi 4.....	27
3.4.5.5. Fraksi 5.....	28
3.4.4.6. Destruksi Total.....	28
3.4.6. Prosedur Pengujian Migrasi Logam dengan DGT.....	28
3.4.6.1. Penggeleran DGT dalam kondisi Oxic.....	28
3.4.6.2. Penggeleran DGT dengan Aerasi N ₂ dan Variasi Konsentrasi Selama 3 hari.....	30
3.4.6.3. Penggeleran DGT dengan Aerasi N ₂ dan Variasi Waktu dan Konsentrasi.....	30
3.4.6.4. Pageleran DGT Probe dengan Aerasi N ₂ selama 5 hari.....	30
3.5. Pengujian Sampel dengan AAS.....	31
3.6. Skema Desain Pnrllitian.....	32
BAB 4. PEMBAHASAN.....	32
4.1 Parameter Fisik dan Kimia Air Laut	32
4.2 Hasil dari Ekstraksi Bertahap	33
4.3 Pembahasan Tiap Fraksi.	35
4.3.1. Fraksi 1 (Terlarut Pada Asam Lemah).....	35
4.3.2. Fraksi 2 (Fraksi Tereduksi).....	37
4.3.3. Fraksi 3 (Tingkat reduksi menengah)	38
4.3.4. Fraksi 4 (Fraksi Teroksidasi)	40
4.3.5. Fraksi 5 (Fraksi residual)	41
4.4 Destruksi Total	43
4.4.1. Perbandingan Total Logam Zn	43
4.4.2. Perbandingan Total Logam Cu	44
4.5. Hasil Uji Migrasii Logam Zn dan Cu dari sedimen ke badan air.....	44
4.5.1. Penggeleran DGT Disk Pada kondisi Oxic.....	45
4.5.2. Penggeleran DGT Disk Pada Kondisi anoxic.....	46
4.5.3. Migrasi Logam Zn dan Cu pada berbagai Kedalaman Redimen	48
BAB V . KESIMPULAN DAN SARAN.....	53
DAFTAR REFERENSI.....	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Alat DGT model Gel Discs.....	12
Gambar 2.2.	Alat DGT model Gel Strips.....	12
Gambar 2.3.	Gugus iminodiasetat.....	15
Gambar 2.4.	Struktur polimer Chelex-100.....	15
Gambar 2.5.	Skema Sistem Kerja DGT dalam Sedimen.....	16
Gambar 2.6.	Skema Representasi Perakitan DGT.....	18
Gambar 3.1.	Skema desain penelitian	22
Gambar 4.1.	Grafik Konsentrasi Logam Zn dan Cu dalam Sedimen.....	34
Gambar 4.2.	Grafik Hubungan Lokasi Sedimen Vs Konsentrasi Logam Zn Pada Fraksi 1	36
Gambar 4.3.	Grafik Hubungan Lokasi Sedimen Vs Konsentrasi Logam Cu Pada Fraksi 1	36
Gambar 4.4.	Grafik Hubungan Lokasi Sedimen Vs Konsentrasi Logam Zn Pada Fraksi 2	38
Gambar 4.5.	Grafik Hubungan Lokasi Sedimen Vs Konsentrasi Logam Cu Pada Fraksi 2	38
Gambar 4.6.	Grafik Hubungan Lokasi Sedimen Vs Konsentrasi Logam Zn Pada Fraksi 3	39
Gambar 4.7.	Grafik Hubungan Lokasi Sedimen Vs Konsentrasi Logam Cu Pada Fraksi 3	39
Gambar 4.8.	Grafik Hubungan Lokasi Sedimen Vs Konsentrasi Logam Zn Pada Fraksi 4	40
Gambar 4.9.	Grafik Hubungan Lokasi Sedimen Vs Konsentrasi Logam Cu Pada Fraksi 4	41
Gambar 4.10	Grafik Hubungan Lokasi Sedimen Vs Konsentrasi Logam Zn Pada Fraksi 5	42
Gambar 4.11	Grafik Hubungan Lokasi Sedimen Vs Konsentrasi Logam Cu Pada Fraksi 5	42
Gambar 4.12	Perbandingan Konsentrasi Zn Metode Ekstraksi Bertahap Dengan Destruksi Total	44
Gambar 4.13.	Perbandingan Konsentrasi Cu Metode Ekstraksi Bertahap Dengan Destruksi Total	44
Gambar 4.14.	Grafik Hubungan Lokasi Sedimen Vs C_{DGT} logam Zn Penggelaran 1 hari	45
Gambar 4.15.	Grafik Hubungan Lokasi Sedimen Vs C_{DGT} logam Cu Penggelaran 1 hari	46
Gambar 4.16.	Grafik Migrasi Logam Zn dari Sedimen ke badan Air Kondisi Oxic	47
Gambar 4.17.	Grafik Migrasi logam Cu dari Sedimen ke Badan Air Kondisi Oxic	48
Gambar 4.18.	Grafik Hubungan Lokasi Sedimen Vs C_{DGT} logam Zn Kondisi anoxic	49
Gambar 4.19.	Grafik Hubungan Lokasi Sedimen Vs C_{DGT} logam Cu Kondisi anoxic	50
Gambar 4.20.	Grafik Hubungan C_{DGT} logam Zn Vs Kedalaman Sedimen	52

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Data Pengukuran Kualitas Air.....	32
Tabel 4.2. Data Pengukuran Karakterisasi Sedimen	33
Tabel 4.3. Konsentrasi logam Zn dan Cu dalam air laut.....	33
Tabel 4.4. Konsentrasi logam Zn dan Cu dalam Sedimen.....	34
Tabel 4.5. Konsentrasi logam Zn dan Cu dalam Fraksi Ekstraksi	35
Tabel 4.6. Konsentrasi logam Zn dan Cu Destruksi Total.....	43
Tabel 4.7. Konsentrasi logam Zn dari penggelaran DGT 1 hari.....	45
Tabel 4.8. Konsentrasi logam Cu dari penggelaran DGT 1 hari.....	46
Tabel 4.9. Konsentrasi logam Zn dan Zndari Penggelaran DGT 4 hari.	47
Tabel 4.10 Migrasi logam Zn dan CU penggelaran DGT Kondisi anoxic	49
Tabel 4.11 Konsentrasi logam Zn berdasarkan kedalaman Sedimen.....	51
Tabel 4.12 Konsentrasi logam Cu berdasarkan kedalaman Sedimen.....	52



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	: Peta Lokasi Pengambilan Sampel	57
Lampiran 2	: Tabel Koefisien Difusi Ion Logam dalam DGT.....	58
Lampiran 3	: Data Karakteristik Air Laut dan sedimen.....	59
Lampiran 4	: Data Pengukuran AAS Larutan Sampel CD.1 Logam Zn.....	60
Lampiran 5	: Data Pengukuran AAS Larutan Sampel CD.2 Logam Zn.....	61
Lampiran 6	: Data Pengukuran AAS Larutan Sampel CD.3 Logam Zn.....	62
Lampiran 7	: Data Pengukuran AAS Larutan Sampel CD.1 Logam Cu.....	63
Lampiran 8	: Data Pengukuran AAS Larutan Sampel CD.2 Logam Cu.....	64
Lampiran 9	: Data Pengukuran AAS Larutan Sampel CD.3 Logam Cu.....	65
Lampiran 10	: Data Konsentrasi Logam Zn dari Penggelaran DGT 1 Hari...	66
Lampiran 11	: Data Konsentrasi Logam Cu dari Penggelaran DGT 1 Hari...	67
Lampiran 12	: Contoh Perhitungan C_e , M , dan C_{DGT}	68
Lampiran 13	: Data Konsentrasi Logam Zn dari Penggelaran DGT 4 Hari...	69
Lampiran 14	: Data Konsentrasi Logam Cu dari Penggelaran DGT 4 Hari...	70
Lampiran 15	: Data Konsentrasi Logam Zn dari Penggelaran DGT Kondisi anoxic Hari.....	71
Lampiran 16	: Data Konsentrasi Logam Cu dari Penggelaran DGT Kondisi anoxic Hari.....	72
Lampiran 17	: Data Konsentrasi Logam Zn berdasarkan Kedalaman Sedimen.....	73
Lampiran 18	: Data Konsentrasi Logam Cu berdasarkan Kedalaman Sedimen.....	74
Lampiran 19	: Photo saat Pengambilan sampel	75
Lampiran 20	: Photo saat Pengambilan sampel.....	76
Lampiran 21	: Photo Perlakuan awal pada sampel.....	77
Lampiran 22	: Photo Proses Ekstraksi.....	79
Lampiran 23	: Photo Penggelaran DGT.....	80

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang :

Teluk Jakarta adalah sebuah Teluk di perairan laut Jawa yang terletak di sebelah utara provinsi DKI Jakarta antara Tanjung Karawang disebelah Timur dan Tanjung Pasir disebelah Barat. Terdapat 13 sungai yang bermuara di teluk ini, yang membelah kota Jakarta, dengan total debit rata-rata 112,7 m³/detik mengalir ke Teluk Jakarta. Teluk Jakarta yang luasnya sekitar 285 km², dengan garis pantai sepanjang 33 km. Teluk Jakarta ini merupakan wilayah perairan dangkal dengan kedalaman rata-rata mencapai 8,4 m.

Banyaknya industri serta masyarakat di Jakarta yang menggunakan aliran sungai sebagai tempat pembuangan limbah, kemungkinan besar akan mengakibatkan terjadinya pencemaran. Penggolongan limbah baik limbah domestik ataupun limbah industri, dibedakan atas limbah organik dan anorganik (Heryando Palar, 1994). Limbah organik meski dapat diuraikan oleh dekomposer, dalam jumlah banyak tetap menimbulkan masalah lingkungan. Limbah organik yang tidak terkontrol akan menimbulkan pencemaran, seperti pencemaran estetika, pencemaran bau dan bahkan dapat menimbulkan banyak penyakit lingkungan. Adapun akibat yang dapat ditimbulkan oleh limbah anorganik atau limbah industri lebih luas lagi.

Studi tentang kontaminasi logam berat dari sedimen untuk memonitor pencemaran akibat limbah industri sudah dilakukan dengan metode ekstraksi bertahap (*sequential extraction*), hasil penelitian yang dilakukan oleh Takarina (1996) dan Reza (2007) menunjukkan bahwa di sedimen Muara Kamal, Muara Karang dan Cengkareng Drain kadar logam beratnya sudah tergolong tinggi. Berdasarkan dari hasil penelitian tersebut didapat gambaran awal bahwa sedimen dari Teluk Jakarta mengandung logam berat dengan prosen terbesar adalah logam Cu dan Zn.

Pencemaran air oleh logam berat memiliki dampak buruk bagi kesehatan manusia. Untuk itu, diperlukan suatu metode untuk mendeteksi keberadaan logam berat lebih awal sebelum kadarnya melebihi nilai ambang

batas. Pada penelitian ini, dilakukan metode ekstraksi bertahap dan metode DGT. Berdasarkan data pendukung maka logam yang dipilih dalam penelitian ini adalah Cu dan Zn dan sampel yang digunakan berasal dari lokasi sampling yaitu Cengkareng Drain.

1.2. Masalah Penelitian :

Permasalahan-permasalahan yang diangkat oleh penulis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Bagaimana distribusi dari logam-logam berat seperti Cu dan Zn dalam sedimen yang berasal dari Cengkareng Drain di Teluk Jakarta.
- Seberapa besar kadar masing-masing fraksi logam berat dalam sedimen terekstraksi.
- Bagaimana migrasi dengan logam-logam berat dari sedimen ke badan air.

1.3. Tujuan Penelitian :

Sesuai dengan permasalahan yang diangkat, maka dalam penelitian ini bertujuan untuk :

- Mengetahui distribusi logam berat Cu dan Zn dalam sedimen yang berasal dari Cengkareng Drain.
- Mengetahui kadar logam Cu dan Zn dalam sedimen.
- Mengetahui migrasi dari logam berat Cu dan Zn dari sedimen ke badan air.

1.4. Hipotesis :

Logam berat dalam sedimen terspesiasi dalam fraksi yang berbeda-beda, oleh karena itu dimungkinkan untuk melihat migrasi logam dari fraksi yang mudah lepas dari sedimen ke badan air.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sedimen

Dalam kaitannya dengan sedimen beberapa ahli mendefinisikan sedimen dalam beberapa pengertian. Pipkin pada tahun 1977 menyatakan bahwa sedimen adalah pecahan, mineral, atau material organik yang ditransforkan dari berbagai sumber dan diendapkan oleh media udara, angin, es, atau oleh air dan juga termasuk di dalamnya material yang diendapkan dari material yang melayang dalam air atau dalam bentuk larutan kimia.

Gross pada tahun 1990 mendefinisikan sedimen laut sebagai akumulasi dari mineral-mineral dan pecahan batuan yang bercampur dengan hancuran cangkang dan tulang dari organisme laut serta beberapa partikel lain yang terbentuk lewat proses pelapukan (reaksi kimia) yang terjadi di dalam laut. Menurut Bhatt pada tahun 1978, dalam (Indarto. H.S, hal.5), sedimen terbentuk dari lepasnya puing-puing endapan padat pada permukaan bumi yang dapat terkandung dalam udara, air atau es di bawah kondisi normal.

Secara umum definisi sedimentasi adalah proses pembentukan sedimen atau batuan sedimen yang diakibatkan oleh pengendapan dari material pembentuk pada suatu tempat yang disebut dengan lingkungan pengendapan berupa sungai, muara, danau, delta, laut dangkal sampai laut dalam.

Sedimen yang di jumpai di dasar lautan dapat berasal dari beberapa sumber yang dapat dibedakan menjadi empat, yaitu :

- *Lithogenous* sedimen yaitu sedimen yang berasal dari erosi pantai dan material hasil erosi daerah hulu. Material ini dapat sampai ke dasar laut melalui proses mekanik, yaitu terbawa oleh arus sungai dan atau arus laut dan akan terendapkan jika energi tertransforkan telah melemah.
- *Biogenous* sedimen adalah sedimen yang bersumber dari sisa-sisa organisme yang hidup seperti cangkang dan rangka biota laut serta bahan organik yang mengalami dekomposisi.

- *Hidrogeogen* sedimen yaitu sedimen yang terbentuk karena adanya reaksi kimia di dalam air laut dan membentuk partikel yang tidak larut dalam air laut sehingga akan tenggelam ke dasar laut, contoh dari sedimen jenis ini adalah magnetit, fosforit dan glaukonit.
- *Cosmogen* sedimen yaitu sedimen yang berasal dari berbagai sumber dan masuk ke laut melalui jalur media udara atau angin. Sedimen jenis ini dapat bersumber dari luar angkasa, aktivitas gunung api atau berbagai partikel darat yang terbawa angin saat musim kering dan angin bertiup kuat.

Dalam suatu proses sedimentasi, zat-zat yang masuk ke laut terlibat proses biologi dan kimia sepanjang kedalaman laut dan berakhir menjadi sedimen. Sebagian sedimen mengalami erosi dan tersuspensi kembali oleh arus bawah sebelum kemudian jatuh kembali dan tertimbun.

Cara transportasi sedimen dalam aliran air dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu sedimen merayap (*bed load*) adalah material yang terangkut secara menggeser atau menggelinding di dasar aliran, sedimen loncat (*saltation load*) adalah material yang meloncat-loncat pada dasar aliran, dan sedimen layang (*suspended load*) adalah material yang terbawa arus dengan cara melayang-layang dalam air.

Transformasi sedimen pantai banyak menimbulkan fenomena perubahan dasar perairan seperti pendangkalan muara sungai, erosi pantai, perubahan garis pantai, dan sebagainya (Yuwono, 1994). Fenomena ini biasanya merupakan permasalahan terutama pada daerah pelabuhan sehingga prediksinya sangat diperlukan dalam perencanaan ataupun penentuan metode penanggulangan.

2.2 Logam Berat

(Heryando Palar, 1994) menjelaskan bahwa yang tergolong logam berat memiliki karakteristik sebagai berikut :

- Memiliki spesifikasi gravitasi yang sangat besar
- Mempunyai no atom 22-34 dan 40-50 serta unsur lantanida dan aktinida.
- Mempunyai respon biokimia khas pada organisme hidup..

Berdasarkan sudut pandang toksikologi, logam berat ini dapat dibagi dalam dua jenis. Jenis pertama adalah logam berat esensial, di mana keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan efek racun. Contoh logam berat ini adalah Zn, Cu, Fe, Co, Mn dan lain sebagainya. Sedangkan jenis kedua adalah logam berat tidak esensial atau beracun, dimana keberadaannya dalam tubuh masih belum diketahui manfaatnya atau bahkan dapat bersifat racun, seperti Hg, Cd, Pb, Cr dan lain-lain. Logam berat ini dapat menimbulkan efek kesehatan bagi manusia tergantung pada bagian mana logam berat tersebut terikat dalam tubuh. Daya racun yang dimiliki akan bekerja sebagai penghalang kerja enzim, sehingga proses metabolisme tubuh terputus. Lebih jauh lagi, logam berat ini akan bertindak sebagai penyebab alergi, mutagen, teratogen atau karsinogen bagi manusia. Logam berat masuk ke dalam tubuh manusia melalui kulit, pernapasan dan pencernaan.

2.2.1 Logam Tembaga (Cu)

Tembaga atau *Copper* berlambang unsur Cu berasal dari bahasa Yunani *Kypros* atau *Siprus* berarti merah. Tembaga adalah salah satu dari dua logam di bumi selain emas yang berwarna merah atau kekuningan, mempunyai nomor atom 29 dan berat atom 63,54 dengan kerapatan 8,92 g/cm³. Tembaga murni mencair pada suhu 1.083° C dan akan menjadi uap atau mendidih pada suhu 2.567° C pada tekanan normal.

Dalam sistem periodik unsur tembaga termasuk unsur transisi golongan I.B, pada suhu kamar tembaga berwujud padat. Lambangnya berasal dari bahasa Latin *Cuprum*. Kelimpahan di alam tembaga tersebar luas baik didalam maupun di permukaan kerak bumi. Sebagai logam berat menurut (Heryando Palar, 1994) tembaga berbeda dengan logam-logam berat lainnya seperti Hg, Cd, dan Cr. Logam berat Cu digolongkan ke dalam logam berat esensial, artinya logam ini sangat dibutuhkan oleh tubuh manusia meskipun dalam jumlah yang sedikit.

Toksisitas yang dimiliki oleh Cu baru akan bekerja dan memperlihatkan pengaruhnya bila logam ini telah masuk ke dalam tubuh organisme dalam jumlah besar atau melebihi nilai toleransi organisme. Kekurangan tembaga pada tubuh akan menyebabkan anemia, terjadi kelainan jaringan ikat serta gangguan pada susunan syaraf pusat, hingga menyebabkan kematian mendadak akibat pecahnya pembuluh darah. Jika kadar tembaga dalam tubuh tinggi akan merusak ginjal, hati dan syaraf pusat.

Tembaga (Cu) merupakan logam berat yang sangat membahayakan kesehatan manusia, tetapi logam tembaga (Cu) juga dibutuhkan dalam kehidupan makhluk hidup sebagai elemen mikro. Tembaga (Cu) dibutuhkan sebagai unsur yang berperan dalam pembentukan enzim oksidatif dan pembentukan kompleks Cu-protein yang dibutuhkan untuk pembentukan hemoglobin, kolagen, pembuluh darah, dan myelin otak (Darmono, 1995).

Secara fisika menurut Palar (1994) tembaga digolongkan ke dalam kelompok logam-logam penghantar listrik yang baik. Cu merupakan penghantar listrik terbaik setelah perak. Oleh karena itu, logam Cu banyak digunakan dalam bidang elektronika atau perlistrikan.

Sifat-sifat Kimia Tembaga

- Dalam udara kering sukar teroksidasi, akan tetapi jika dipanaskan akan membentuk oksida tembaga (CuO)
- Dalam udara lembab akan diubah menjadi senyawa karbonat atau karat basa, menurut reaksi :



- Tidak dapat bereaksi dengan larutan HCl encer maupun H₂SO₄ encer.
- Dapat bereaksi dengan H₂SO₄ pekat maupun HNO₃ encer dan pekat



2.2.2. Logam Seng (Zn)

Seng (Zn) merupakan anggota terakhir dari unsur transisi periode 4, namun sebagian besar sifat-sifatnya tidak menunjukkan sebagai unsur-unsur transisi malahan sifatnya lebih banyak mengikuti unsur utama.

Seng (Zn) adalah unsur dengan nomor atom 30 dan memiliki berat atom 65,4 g/mol. Memiliki karakter warna biru keabuan dengan warna nyala api biru kehijauan yang terang. Tingkat oksidasi seng yang umum +2, bentuk senyawa logamnya mudah dibentuk dan bersifat nonmagnetik.

Seng tidak termasuk unsur yang melimpah, hanya terkandung 80 ppm atau 0,008 % dalam kulit bumi. Terdapat terutama sebagai mineral seng blende, ZnS di dalam bijih spalerit (ZnFe)S; ZnCO₃ di dalam bijih smitsonit.

Logam seng dibuat dengan mereduksi seng oksida, ZnO dengan karbon kokas di dalam tanur listrik. Seng yang terbentuk menguap oleh panas tinggi dapur listrik dan didinginkan di luar tanur, menjadi logam seng.



Seng dikenal lazim sehari-hari, karena dipergunakan sebagai pelapis pelat besi tipis yang terbanyak digunakan sebagai atap seng.

Salah satu senyawa yang menarik adalah ZnS. Senyawa ini bisa berluminesensi, mengeluarkan radiasi putih (sinar terlihat) bila terkena elektron berenergi kinetik tinggi. Oleh karena itu ZnS dipergunakan melapisi tabung TV untuk membentuk gambar layar pada TV. Kemampuan berluminesensi ini disebut fluoresensi, yaitu kemampuan mengubah frekuensi radiasi tinggi yang diterima zat dan mengubahnya pada frekuensi sinar terlihat.

Distribusi seng dalam air, sedimen, dan tanah tergantung pada senyawaan seng yang ada pada media tersebut, dan karakteristik lingkungan tersebut. Kelarutan seng terutama tergantung pada pH. Pada keadaan asam seng akan berada pada keadaan terlarut dan terionik.

Konsentrasi seng yang ada di dalam tanah, sedimen, dan air banyak dipengaruhi oleh penduduk dan keadaan geologi disekitas yang mempunyai pengaruh beragam secara substansial. Kadar seng biasanya kurang dari 0.1 – 50 g/liter pada air segar, 0,002 – 0,1 g/liter pada air laut, 10 – 300 mg/kg

berat kering pada tanah, dan lebih dari 100 mg/kg berat kering dalam sedimen serta lebih dari 300 ng/m³ di udara. Kenaikan kadar seng dapat diperkirakan dari penambahan bahan alam, sampai pada kegiatan antropogenik dan proses biologi.

Absorpsi seng dalam makhluk hidup cenderung berasal dari cairan daripada dari makanan. Hanya seng terlarut yang cenderung diserap oleh biota (*bioavailable*), bioavailabilitas ini tergantung pada sifat fisika dan kimia dari lingkungan dan proses biologi. Keracunan dengan gejala radang *gastrointestinal* dan diare dapat terjadi setelah paparan seng dengan konsentrasi 1000 – 2500 mg/liter.

Sifat fisika dan sifat kimia dari seng adalah sebagai berikut :

Sifat Fisika	Sifat Kimia
<ul style="list-style-type: none"> • Logam berwarna keabu-abuan • Titik leleh 420 °C • Titik didih 910 °C • Berat jenis 7,1 gr/cm³ 	<ul style="list-style-type: none"> • Tingkat oksidasi +2 • Senyawanya tidak berwarna • Potensial reduksi (E^o) -0,76 volt

2.3 Spesiasi Logam

Spesiasi secara umum merupakan proses pemisahan dengan teknik pembagian tahapan proses yang dilakukan untuk memberikan spesifisitas maupun selektifitas agar didapatkan metode yang cukup baik untuk pemisahan logam pada sedimen (Fergusson, 1994).

2.4 Ekstraksi

Ekstraksi merupakan proses pemisahan suatu komponen dari suatu campuran berdasarkan proses distribusi terhadap dua macam pelarut yang tidak saling bercampur. Dalam pemakaian teknik ekstraksi cair-cair dapat dilakukan dengan beberapa cara, pemilihan metode yang akan digunakan bergantung pada perbandingan distribusi zat terlarut dan zat lain yang bercampur dan dapat mengganggu proses pemisahan.

2.4.1 Ekstraksi Bertahap

Cara ekstraksi bertahap banyak digunakan di laboratorium karena mudah dan sederhana, dalam pengerjaannya hanya digunakan corong pisah (labu ekstraksi). Pada larutan yang akan diekstraksi ditempatkan dalam corong pisah kemudian ditambahkan sedikit pelarut pengestraksi yang tidak saling campur dan dilakukan pengocokan. Kesempurnaan ekstraksi bergantung pada banyaknya pengulangan ekstraksi dengan jumlah volume sesedikit mungkin. Faktor yang mempengaruhi keberhasilan suatu ekstraksi, yaitu bahan kimia yang digunakan sebagai pengestrak, efisiensi ekstraksi, dan efek parameter penelitian. Dalam menerapkan metode ekstraksi bertahap, tiga faktor lain yang perlu diketahui tahapan dari masing-masing pengerjaan, efek matriks yang spesifik seperti kontaminasi, pH buffer, dan readsorpsi, dan heterogenitas yang merupakan kaitan secara fisik pada fraksi padatan.

Metode ekstraksi bertahap ini menggunakan reagen yang sesuai sebagai pengestrak sampel, dimana jumlah tahapan dan pemilihan reagen yang spesifik pada masing-masing fraksi bergantung pada hasil yang ingin dicapai dan juga karakteristik fisik dari sampel. (R.A.Day.Jr ,1996).

Pemilihan dari jenis pengestrak sebaiknya berhubungan dengan logam di lingkungan, sifat kimia dari logam, matriks kandungan dari sampel yang akan diekstrak, dan ketersediaan teknis analitik di laboratorium.

Kebanyakan metode ekstraksi bertahap terdiri dari 3 sampai 8 tahap tahapan fraksi. Pengestrak yang digunakan tidak dapat betul-betul spesifik dan memiliki kemungkinan tidak dapat untuk mengekstraki spesies dari fasa lain. Pengestrak yang sering digunakan pada ekstraksi bertahap ini biasanya : garam non buffer, asam lemah, zat pereduksi, zat pengoksidasi, dan asam kuat.

Ekstraksi bertahap merupakan cara yang paling sederhana. Caranya cukup dengan menambahkan pelarut pengestraksi yang tidak bercampur dengan pelarut semula kemudian dilakukan pengocokan sehingga terjadi kesetimbangan konsentrasi yang akan diekstraksi pada kedua lapisan, setelah ini tercapai lapisan didiamkan dan dipisahkan (Khopkar, 1990)

Proses ekstraksi bertahap ini dibagi menjadi 5 fraksi. Adapun fraksi itu antara lain, fraksi 1 yaitu fraksi terlarut asam lemah, fraksi 2 yaitu fraksi mudah tereduksi, fraksi 3 yaitu fraksi terikat kuat pada mineral, fraksi 4 yaitu fraksi terikat pada bahan-bahan organik, dan fraksi 5 yaitu fraksi terikat pada bagian aluminosilicate.

a. Fraksi terlarut asam lemah

Pada fraksi ini terjadi reaksi antara asam asetat dengan mineral karbonat. Asam asetat maupun natrium asetat pada pH 5 dapat melarutkan senyawa karbonat pada mineral dolomite tanpa melarutkan senyawa organik, senyawa ferromangan, oksihidrat, atau mineral aluminosilikat secara signifikan. Perubahan pH dapat mempengaruhi kelarutan senyawa. Oleh karena itu penggunaan asam lebih dapat mengikat senyawa ini. (Filgueiras, 2002)

b. Fraksi tereduksi

Pada fraksi ini reagen yang umum digunakan untuk mereduksi oksida Mn adalah hidroksilamin hidroklorida dan untuk Fe-oksida digunakan hidroksilamin hidroklorida dalam media asam nitrat. (Morse, 1994). Proses pemisahan yang selektif pada fraksi terikat Fe-oksida amorfus dapat dilakukan dengan 1 mol.dm⁻³ hidroksilamin hidroklorida dalam media asam nitrat, yang mampu memecah ikatan antara logam dengan amorfus dan kristalin dari oksida Fe tanpa mempengaruhi fraksi silikat dan material organik (Deely, 1994)

c. Fraksi terikat pada bahan organik

Fraksi terikat pada bahan organik disebut fraksi teroksidasi karena yang menjadi tujuan adalah senyawa logam yang terikat senyawa organik. Karena kemungkinan besar logam terikat pada berbagai bentuk senyawa organik, seperti organisme hidup, bahan organik alam seperti asam-asam humat dan asam fulfat. (Hutagalung, 1994). Karena pelepasan senyawa organik bersamaan dengan kandungan logam di dalamnya maka dapat dilakukan dengan menggunakan larutan oksidatif atau larutan alkali. Penambahan proses ekstraksi dengan larutan NH₄OAc dapat mencegah reabsorpsi logam oleh permukaan substrat yang teroksidasi. (Sunardi, 2002).

d. Fraksi terikat pada bagian aluminosilicate

Fraksi ini disebut juga fraksi residual yang merupakan tahap spesiasi logam yang terakhir. Proses peleburan dengan asam ini efektif untuk semua senyawa namun ada beberapa mineral yang tahan. Meskipun kurang signifikan secara faktor lingkungan, namun penentuan dari fraksi ini berguna untuk perbandingan jumlah pelepasan secara individual sebagai hasil analisa kandungan total elemen secara berurutan. Pada proses ini sampel yang kaya dengan senyawa sulfida tereduksi yang juga kaya akan sulfat dan elemen S akan membentuk endapan putih.

2.4.2 Keunggulan dan Kelemahan Ekstraksi Bertahap

Analisis logam berat dengan metode ekstraksi merupakan tahap pemekatan runutan dari sampel, sehingga dengan memperhatikan faktor yang mempengaruhi keberhasilan ekstraksi, maka kadar runutan dalam ekstrak dapat dihasilkan secara maksimum. Kesempurnaan ekstraksi tergantung pada banyaknya ekstraksi yang dilakukan. Hasil yang baik diperoleh jika jumlah ekstraksi yang dilakukan berulang kali dengan jumlah pelarut sedikit.

Sedangkan yang menjadi kelemahan dari metode ekstraksi adalah proses ekstraksi dilakukan dalam waktu yang cukup lama, membutuhkan reagen yang cukup banyak, dan kurang praktis.

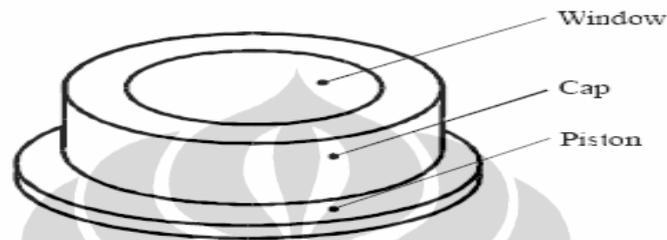
2.5 Diffusif Gradien In Thin Film (DGT)

DGT atau difusi gradien film tipis, adalah suatu metode pengukuran yang ditemukan di Lancaster oleh Bill Davison dan Hao Zhang. DGT adalah perangkat sederhana terbuat dari plastik yang diisi dengan resin gel atau filter difusif sesuai dengan kebutuhan. Produk DGT terdapat dua macam yaitu gel *disk* (gel cakram) dan gel *strips*.

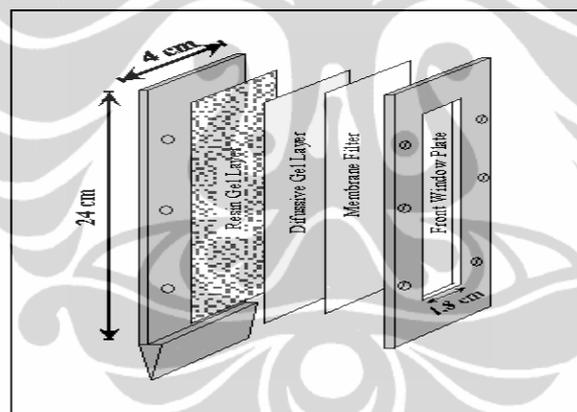
Gel yang digunakan dalam DGT jenis gel *disk* terdapat enam macam seperti : *diffusif gel* (open pore), *destriced gel* (untuk mengukur senyawa anorganik labil), *chelex gel* (untuk logam), *Fe-oxide gel* (untuk fosfor), AMP gel (untuk C), dan AGI gel (untuk sulfida) Sedangkan gel yang

digunakan pada DGT model *gel strips*, juga terdapat lima macam, seperti : *diffusif gel* (open pore), *chelex gel* (untuk logam), *Fe-oxide gel* (untuk fosfor), *AMP gel* (untuk C) , dan *AGI gel* (untuk sulfida).

Di bawah ini adalah contoh model DGT gel disk dan model DGT gel strips, seperti dalam Gambar 2.1 dan Gambar 2.2.



Gambar 2.1 : Alat DGT model Gel Discs.



Gambar 2.2 :Alat DGT model Gel Strips

DGT dapat digunakan untuk berbagai tujuan, seperti : mengamati (waktu rata-rata konsentrasi), spesiasi (senyawa anorganik / organik), fluks dalam sedimen dan tanah, konstanta kinetik dan termodinamik, serta pengukuran resolusi spasial tinggi

DGT model disk (cakram) adalah suatu alat sederhana terbuat dari plastik berbentuk bulat dengan diameter 2 cm , yang dapat diisi dengan lapisan resin chelex yang diresapi hidrogel untuk mengumpulkan logam. Ion harus berdifusi melalui filter. Ini adalah pembentukan gradien konsentrasi yang konstan dalam lapisan resin yang menjadi dasar untuk mengukur logam

dalam larutan secara kuantitatif tanpa membutuhkan kalibrasi terpisah. Massa logam pada lapisan resin diukur setelah direndam dengan asam, pengukuran dapat digunakan AAS.

Beberapa keunggulan pengukuran dengan menggunakan teknik DGT, adalah :

- Dapat mengukur kadar diatas nilai ambang yang rendah dengan prekonsentrasi yang baik sekali memberikan sensitivitas 10 – 12 mol/liter,
- Dengan pemasangan dua unit DGT yang berbeda ketebalan lapisan secara paralel memungkinkan pengukuran yang akurat di bawah kondisi aliran rendah.
- DGT memberikan konsentrasi rata-rata waktu yang ideal untuk pemantauan,
- DGT dapat mengukur semua spesies yang berada dalam kesetimbangan dengan spesies yang dapat mengikat ke agen pengikat. Misalnya Cu^{2+} mengikat chelex resin. Cu dalam air ada sebagai spesies anorganik (misalnya CuOH^+ dan CuCO_3) dan sebagai kompleks organik yang dapat terdisosiasi.
- Dengan menggunakan berbagai jenis gel untuk lapisan difusif spesies anorganik dalam larutan dapat diukur secara terpisah dari spesies organik.

Ada beberapa pendapat yang menunjukkan bahwa akan terjadi masalah ketika melakukan pengukuran pada solusi sangat encer dengan konsentrasi kurang dari 0,2 mmol. Rentang pH yang dapat digunakan tergantung pada spesies yang diukur. Kebanyakan logam diukur hingga pH 11, di atas pH tersebut ada masalah stabilitas gel.

Terdapat beberapa logam yang dapat diukur pada pH antara 8 – 11 berdasarkan pertimbangan adsorpsi dan kelarutan. Batas bawah pH tersebut ditentukan oleh persaingan antara logam dengan ion hidrogen untuk mengikat gel. Cd mengikat relatif lemah dan dapat diukur pada pH 4,5. Cu mengikat sangat kuat dan dapat diukur pada pH 2.

2.5.1. Perhitungan Konsentrasi Logam dalam DGT

DGT dapat mengukur konsentrasi logam dalam perairan, dengan konsentrasi maksimum yang dapat diukur bergantung pada kapasitas resin.

Cara menghitung konsentrasi :

- Pertama menghitung massa logam. Massa logam dalam resin gel (M) dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan 1.

$$M = C_e (V_{\text{HNO}_3} + V_{\text{gel}}) / f_e \quad \dots\dots\dots(1)$$

Dimana : C_e adalah konsentrasi logam dalam larutan 1M HNO_3 elusi (dalam $\mu\text{g} / \text{l}$),

V_{HNO_3} adalah volume HNO_3 ditambahkan ke resin gel,

V_{gel} adalah volume resin gel, biasanya 0,16 ml, dan

f_e adalah faktor elusi untuk setiap logam, biasanya 0,8.

- Kedua konsentrasi logam diukur oleh DGT (C_{DGT}) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2).

$$C_{\text{DGT}} = M \Delta g / (DtA) \quad \dots\dots\dots(2)$$

di mana : Δg adalah ketebalan difusif gel (0.8mm) ditambah ketebalan membran (0,13 mm),

D adalah koefisien difusi logam pada gel (cm^2/det) terdapat dalam lampiran 1.

t adalah waktu penyebaran dan

A adalah luas penampang ($A = 3,14 \text{ cm}^2$).

- Ketiga membandingkan C_{DGT} dengan konsentrasi larutan rendaman sampel yang digunakan selama percobaan. Apabila perbedaan berada dalam jarak 10% tergolong baik, tetapi jika perbedaan besar percobaan diulang kembali. (Hao Zhang, 2007)

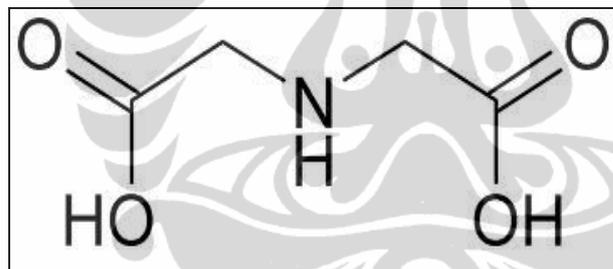
2.5.2. DGT Sebagai Perangkat Analisis dan Spesiasi Logam

Penelitian penggunaan DGT sebagai analisis karakterisasi, spesiasi dan migrasi logam telah banyak dilakukan. Penelitian meliputi air limbah rumah tangga, air limbah pabrik, pertambangan, air laut, biota laut dan sedimen, seperti yang telah dilakukan oleh H.A. Mengistu, dari hasil penelitiannya bahwa DGT menunjukkan potensi besar dalam memantau

percemaran limbah tambang emas secara akurat, dan penelitian yang dilakukan oleh H. Docekalova, DGT digunakan untuk penentuan kadar merkuri dalam air sungai.

DGT model gel disk (gel cakram) adalah suatu alat sederhana terbuat dari plastik berbentuk bulat dengan diameter 2,5 cm yang dapat diisi dengan lapisan resin chelex yang diresapi hidrogel untuk mengumpulkan logam. Ion harus berdifusi melalui filter. Proses difusi ion melalui filter adalah pembentukan gradien konsentrasi yang konstan dalam lapisan resin yang menjadi dasar untuk mengukur logam dalam larutan secara kuantitatif tanpa membutuhkan kalibrasi terpisah. Massa logam pada lapisan resin diukur setelah direndam dengan asam, pengukuran dapat digunakan AAS.

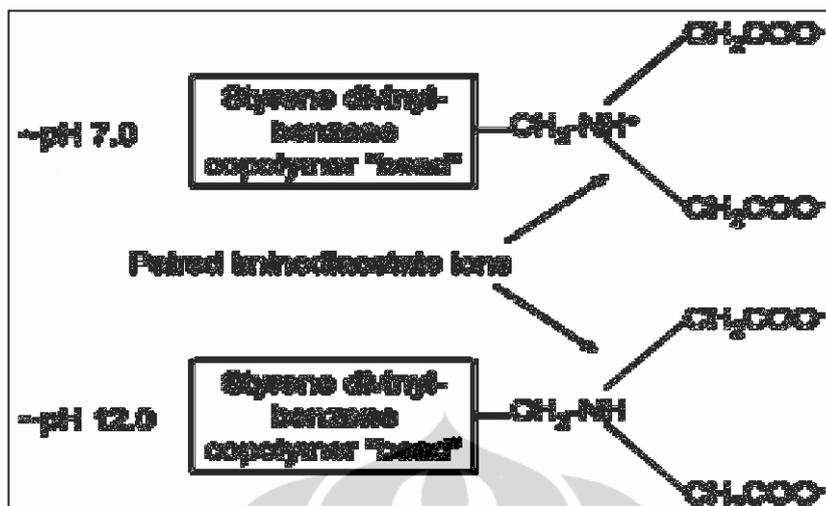
Resin yang digunakan sebagai adsorben logam adalah chelex-100 yaitu berupa polimer yang mengandung gugus iminodiasetat. Dimana gugus iminodiasetat itu adalah seperti pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Gugus iminodiasetat

Chelex-100 berperan sebagai resin khelat yang dapat mengikat banyak unsur runutan logam dan juga berperan sebagai resin penukar ion. Dalam pemakaiannya chelex-100 dilapisi gel sebagai filter dalam DGT.

Struktur khelat dari chelex-100 bergantung pada pH, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4



Gambar 2.4 Struktur polimer Chelex-100

Hidrogel sebagai pengumpul logam terbuat dari senyawa acrylamide 40% dan cross-linker 0,3 % (senyawanya tidak diketahui, dipatenkan oleh DGT Research Ltd, Skelmorlie, Bay Horse Rd, Quernmore, Lancaster LA2 0QJ, UK).

2.5.3. Prinsip Kerja DGT dalam Menganalisis Logam

Penerapan DGT dalam sedimen dan tanah dapat dibagi menjadi dua jenis, ditandai dengan tujuan yang berbeda dan metodologi:

1. Sistem Homogen (atau penyebaran bulk).

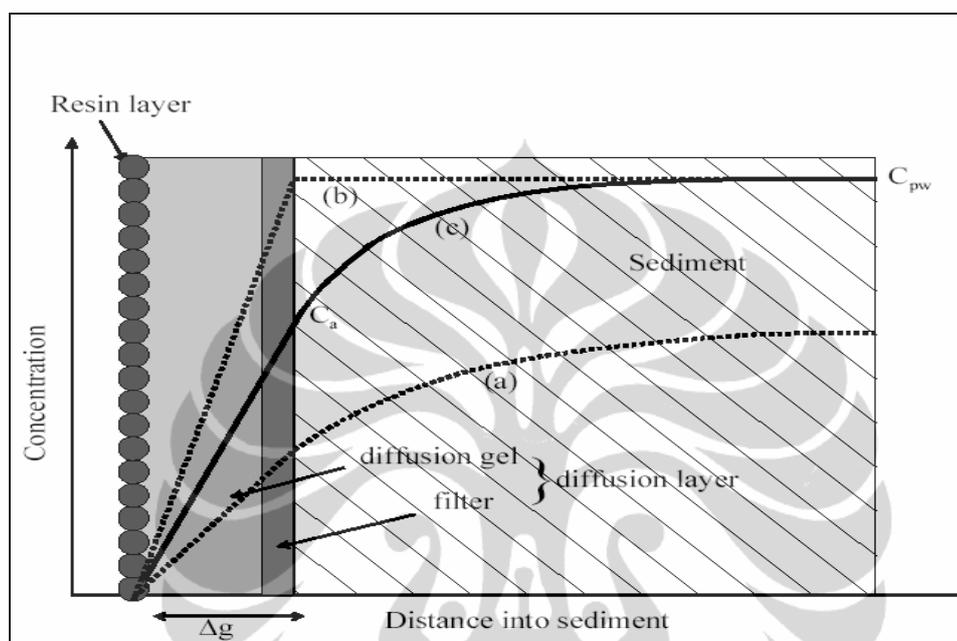
Tujuannya adalah untuk mengukur langsung fluks ke perangkat DGT dan menafsirkannya sebagai konsentrasi efektif yang dialami oleh perangkat. DGT juga dapat digunakan untuk menyelidiki secara kuantitatif kandungan logam dalam sedimen. Hal ini dicapai dengan menggabungkan pengukuran DGT yang dilakukan pada waktu yang berbeda atau dengan berbagai ketebalan lapisan gel dalam endapan (idealnya tercampur rata), dengan pengukuran air pori independen dan menggunakan model interaksi sedimen-air agar sesuai dengan hasilnya.

2. Sistem Heterogen (atau penyebaran resolusi tinggi).

Sistem ini bertujuan lebih konvensional yaitu digunakan dalam pengukuran DGT in situ untuk menggambarkan profil vertikal dan atau horizontal konsentrasi air pori pada resolusi sangat tinggi.

Dalam sistem homogen maupun heterogen diperlukan homogenitas sedimen dan kondisi anoksik yang bertujuan untuk mengurangi ion-ion pengganggu yang dapat menghambat distribusi logam dari sedimen.

Analisa prinsip kerja DGT diilustrasikan seperti Gambar 2.5



Gambar 2.5 Skema sistem kerja DGT dalam sedimen

Keterangan: (a) penyimpangan, (b) lanjutan, (c) kelanjutan yang sering ditemukan, (C_a) konsentrasi air pori antara permukaan sedimen dengan DGT, C_{pw} konsentrasi air pori

Interpretasi pengukuran DGT dalam sedimen perlu mempertimbangkan perbedaan signifikan dari penggunaannya.

1. Karena kurangnya pasokan, sehingga konsentrasi ion-ion logam dalam air pori menjadi habis, dinyatakan sebagai kasus (a) dan (c) dalam Gambar 2.5. Jika pasokan ion-ion logam tidak terjadi dari sedimen ke badan air (C_a) maka akan terjadi difusi dari lapisan gel ke badan air, sehingga konsentrasi ion logam dalam perangkat DGT akan menurun seiring dengan waktu penggelaran.
2. Jika diasumsikan pasokan ion-ion logam dari sedimen ke badan air (C_a) selama penggelaran berlangsung konstan, maka pengembangan

selanjutnya adalah konsentrasi air pori interfisial antara DGT dan sedimen diasumsikan pada keadaan *steady state*, maka Ca dihitung sebagai massa logam yang diadsorbsi oleh DGT (persamaan 1.sub 2.5.1) sebagai M_{DGT} . Oleh karena itu konsentrasi terukur dalam perangkat DGT (C_{DGT}) (persamaan 2 sub 2.5.1) adalah konsentrasi ion pori dekat dengan DGT dan C_{DGT} adalah konsentrasi rata-rata Ca selama penggelaran.

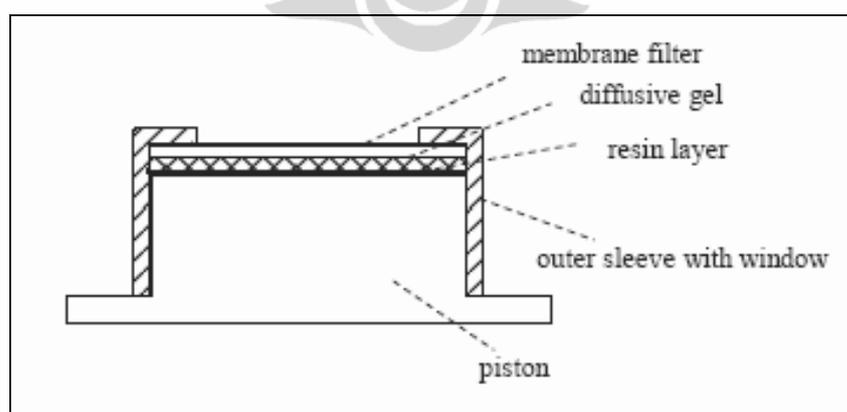
Dalam prakteknya kondisi *steady state* tidak terjadi selama penggelaran (Ca selalu berubah selama waktu penggelaran) dan terjadi perbedaan yang cukup besar antara Ca dan DGT terukur. Oleh sebab itu untuk selanjutnya istilah C_{DGT} dinyatakan sebagai konsentrasi DGT terukur yang setara dengan konsentrasi rata-rata air pori interfisial dengan waktu penyebaran.(Harper et.al dalam Hao Zhang)

2.5.4. Petunjuk Penggunaan DGT dalam Mengukur Logam

2.5.4.1. Penyimpanan bahan

Sebelum digunakan chelex gel disimpan dalam MQ atau air bebas ion dalam lemari es (4°C), sedangkan difusif gel disimpan dalam 0,01 – 0,1 M NaNO_3 (atau NaCl) pada suhu kamar.

2.5.4.2. Perakitan perangkat DGT



Gambar 2.6 : skema representasi perakitan perangkat DGT

Tata cara perakitan DGT adalah sebagai berikut pertama membran filter disk ($d = 2,5 \text{ cm}$) dibasahi dengan air bebas ion, kemudian atur

membran gel dan penyaring pada dasar perangkat DGT, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.6. Tempatkan chelex gel pada dasar pertama dan pastikan resin menghadap ke atas. Kemudian tempatkan gel di atas chelex gel diikuti oleh membran penyaring. Letakkan tutup dan pastikan dalam posisi horizontal, kemudian ditekan ke bawah sampai dasar.

2.5.4.3. Tata cara Menganalisa DGT

Untuk mengambil resin gel setelah penggelaran sekrup tutup dibuka dengan cara diputar kemudian melepaskan filter dan lapisan gel. Lapisan paling bawah adalah resin gel. Tempatkan resin gel pada tabung sampel (tabung sentrifus 1,5 mL), kemudian tambahkan 1,0 mL larutan 1 M HNO_3 . dan pastikan resin gel sepenuhnya tenggelam dalam lautan HNO_3 . Dibiarkan selama lebih kurang 24 jam sebelum analisis. Alikuot dipipet dari tabung sampel dan diencerkan minimal 5 kali dengan air bebas ion, kemudian dilakukan analisis dengan AAS.

2.6. Atomik Absorpsi Spektrofotometer

Radiasi elektromagnetik dapat digunakan untuk menyelidiki sifat dari suatu zat serta mengetahui jumlah zat pada sampel. Interaksi radiasi elektromagnetik dengan atom atau molekul mengganggu elektron pada orbit dari atom atau molekul.

Perhitungan secara kuantitatif dari perubahan radiasi elektromagnetik tersebut dengan menggunakan instrumentasi optik merupakan basis dari spektroskopi. Seperti lazimnya metoda atau teknik pengukuran, proses perhitungan akan melibatkan serentetan kejadian terpadu. Pertama zat yang akan diukur diidentifikasi (berupa atom atau molekul) kemudian dibuat interaksi antara radiasi elektromagnetik pada suatu panjang gelombang dengan jenis zat tersebut. Informasi dari zat kemudian ditransmisikan ke photodetektor yang bertindak sebagai transducer yang merubah besaran tersebut menjadi besaran listrik agar mudah diidentifikasi. Dengan kata lain secara kuantitatif energi yang diserap oleh zat akan identik dengan jumlah

zat perkandungan zat tersebut, sedangkan secara kualitatif panjang gelombang dimana energi dapat diserap akan menunjukkan jenis zatnya.

Berdasarkan serapan yang terjadi, spektrofotometer dapat dibagi menjadi :

- a. Serapan atom (Jenis: Spektrofotometer serapan atom/AAS)
- b. Serapan Molekul (Jenis: Spektrofotometer UV-Vis)

Sedangkan menurut spektrum dimana alat bekerja, nama alatnya adalah :

- a. X-ray (diffraction) spektrometer
- b. Vakum ultraviolet spektrometer
- c. Ultraviolet-visibel spektrofotometer (Spektrofotometer UV-Vis)
- d. Infra red spektrofotometer (Spektrofotometer IR)

Pada dasarnya spektrofotometer tersusun dari beberapa bagian yaitu: sumber cahaya, monokromator, tempat sampel, detektor/ sensor cahaya, dan Sistem pembacaan/komponen elektronik pemroses data.

2.6.1. Komponen Dasar

Sumber cahaya/radiasi yang akan memancarkan sinar radiasi elektromagnet pada panjang gelombang yang diinginkan. Pada umumnya sumber yang digunakan dalam instrument AAS yaitu sumber kontinu.. Sumber radiasi yang kini banyak di pakai adalah *Hallow Cathode Lamp* (HCL) atau lampu ketoda berongga. Atomizer, yang terdiri dari :

- *Nebulizer*, yaitu alat yang langsung kontak dengan larutan sampel yang biasanya mengandung asam. Nebulizer berfungsi untuk mengubah larutan menjadi aerosol. Sistem Nebulizer Burner adalah jantungnya AAS, karena disinilah efisiensi pengatoman ditentukan, jadi akan langsung berpengaruh terhadap kepekaan analisis.
- *Spray Chamber*, yaitu alat dalam AAS yang berfungsi untuk membuat campuran yang sehomogen mungkin antara gas oksigen, bahan bakar, serta aerosol yang mengandung sampel sebelum mencapai burner (nyala). Bentuk *spray chamber* sangat mempengaruhi kepekaan analisis yang dapat dicapai. Butir-butir cairan yang terbentuk dari spray chamber dengan ukuran lebih

besar dari 5 mikron akan mengembun kembali dan dibuang melalui katup pembuangan. Butir butir yang kecil akan menghasilkan kepekaan lebih tinggi karena lebih mudah diuapkan pelarutnya dan lebih mudah untuk diatomisasikan.

- *Burner*, dimana bentuknya harus dapat mencegah bahaya *Blow Black* (masuknya nyala ke dalam spray chamber). Burner harus selalu bersih untuk menjamin kepekaan yang tinggi. Populasi atom terbanyak berada dalam nyala 0,5 – 1 cm dari dasar nyala.
- *Sistem optik*, yang berfungsi mengumpulkan cahaya dari sumbernya, melewatkan ke sampel dan kemudian kemonokromator. Sistem optik dapat berupa single beam maupun double beam.
- *Monokromator*, fungsi monokromator dalam alat ini bukan untuk mengubah cahaya dari sumber sinar, tetapi untuk mengubah cahaya dari nyala pembakarannya menjadi sinar monokromatis..
- *Detektor*, tipe detektor pada AAS biasanya memakai tabung *photomultiplier*. Tenaga listrik yang dihasilkan dari detektor kemudian diteruskan keamflifier setelah itu baru diteruskan ke sistem pembacaan. Skala yang dibaca dalam satuan % T atau absorbans yang dapat dibaca dalam monitor.

2.6.2. Hubungan antara Serapan Atom dengan Konsentrasi

Apabila seberkas cahaya tepat mengenai suatu medium yang mengandung atom-atom dalam keadaan dasar dari suatu unsur, maka sebagian cahaya ini akan diabsorbsi. Banyaknya cahaya yang diabsorbsi sebanding dengan banyaknya atom-atom dalam keadaan dasar.

$$\ln \frac{I_t}{I_o} = k \cdot b \cdot C$$

$$2,303 \log \frac{I_t}{I_o} = - k \cdot b \cdot C$$

$$\log \frac{I_t}{I_o} = \frac{k \cdot b \cdot C}{2,303}$$

$$\log \frac{I_t}{I_o} = -\epsilon b C$$

Dimana : I_o adalah Intensitas sinar mula-mula sebelum melewati sampel

I_t adalah Intensitas sinar yang ditransmisikan

ϵ adalah absorptivitas molar,

k adalah konstanta,

b adalah panjang nyala api.

Apabila konsentrasi (C) dalam satuan g/L maka ϵ dapat diganti dengan a yang disebut sebagai absorpsifitas spesifik.

Transmitans adalah perbandingan intensitas cahaya yang ditransmisikan ketika melewati sampel (I_t) dengan intensitas cahaya mula-mula sebelum melewati sample (I_o)

$$T = I_t / I_o$$

$$\log T = -\epsilon b C$$

$-\log T$ disebut juga sebagai $A = \text{absorbansi}$, sehingga :

$$-\log T = A$$

$$A = \epsilon b C$$

Persamaan linier ini disebut hukum Lambert – Beer.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 METODE PENELITIAN

Sampel sedimen diambil dari muara sungai, dimana muara sungai yang menjadi lokasi penelitian adalah muara sungai Angke yaitu Cengkareng Drain. Sampel sedimen diambil dengan menggunakan alat pieterson grab, sampel diambil dari 3 titik lokasi sampel, yaitu bagian tengah (CD.1), bagian kanan (C D.2) dan bagian kiri (CD.3) dengan kedalaman 10 – 15 m. Sedimen yang diperoleh diperlakukan dengan menggunakan ekstraksi bertahap dan metode DGT.

Spesiasi logam berat Cu dan Zn dengan menggunakan ekstraksi bertahap dan untuk mengetahui bagaimana migrasi dari logam berat tersebut ke perairan dengan metode DGT, serta analisis kandungan logam berat dengan AAS (Atomik Absorpsi Spektrophotometer)

3.2. ALAT DAN BAHAN

3.2.1. Alat

Alat-alat yang digunakan dalam pengambilan sampel adalah sebagai berikut : perahu, pieterson grab, box es, dirigen, tabung DO, GPS, jaket pelampung, spidol permanent, label, sarung tangan, dan Surat jalan.

Alat-alat yang digunakan dalam spesiasi logam Cu dan Zn dengan metode ekstraksi bertahap adalah sebagai berikut :

- Tabung sentrifuge
- Tabung reaksi
- Beaker teflon
- Botol reagen
- Labu volumetri
- Oven
- Waterbath
- Neraca
- Alat sentrifus
- Hot plat
- lumpang/mortal
- Beaker
- AAS

Alat-alat yang digunakan untuk mengetahui migrasi logam Cu dan Zn dari sedimen ke perairan dengan metode DGT adalah sebagai berikut :

- DGT disk
- DGT probe
- Tabung sampel
- Tali
- Indikator universal
- Termometer
- Pinset
- Katter
- Tabung sentrifus
- Tabung gas N₂
- Pipet volumetri
- AAS

3.2.2. Bahan

- Sedimen
- Air laut
- Aquades
- Asam asetat glasial
- Hidroksilamin hidroklorida
- Hidrogen peroksida 30 %
- Asam Nitrat pekat
- Asam klorida pekat
- Asam florida
- Chelex gel
- Resin
- Larutan blanko
- Larutan standart Cu
- Larutan standart Zn

3.3. PROSEDUR PENELITIAN

3.3.1. Pengambilan Sampel

Sedimen yang digunakan untuk sampel diambil dengan menggunakan alat pieteron grab dari lokasi sampling muara Sungai Angke di Cengkareng Drain pada tiga titik. Titik sampel 1 ditandai CD.1 dengan titik ordinat 06° 05' 45,4'' LU dan 106° 45' 17,1'' BT. Titik sampel 2 ditandai CD.2 dengan titik ordinat 06° 05' 24,9'' LU dan 106° 45' 51,0'' BT. Titik sampel 3 di tandai CD.3 dengan titik ordinat 06° 04' 0,70'' LU dan 106° 45' 0,92'' BT.

Selain sedimen yang diambil, air laut juga diambil untuk media penelitian di laboratorium agar sedapat mungkin keadaannya menyerupai keadaan aslinya.

3.3.2 Karakterisasi Sedimen

Pengukuran karekterisasi sedimen yang yang meliputi suhu, pH, dan salinitas dilakukan pada saat pengambilan sampel dengan menggunakan alat

refraktometer. Pengukuran karekterisasi sedimen yang meliputi kadar air dan *Lost of Ignition*, total posfat, dan total Fe dilakukan di laboratorium dengan prosedur sebagai berikut.

- Pengukuran Kadar Air
Sedimen basah ditimbang sebanyak $150 \pm 0,0002$ gram, kemudian dipanaskan dalam oven pada suhu $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam. Setelah dingin sedimen ditimbang kembali. Kemudian dilakukan perhitungan.
- Pengukuran *Lost of Ignition*
Sedimen kering ditimbang sebanyak $2 \pm 0,0002$ gram, kemudian dipanaskan dalam tanur pada suhu $550\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam. Setelah dingin sedimen ditimbang kembali. Kemudian dilakukan perhitungan.
- Total Fe dan yang lainnya diukur dengan menggunakan XRF yang ada di laboratorium Departemen Fisika FMIPA UI Salemba.

3.3.3 Pembuatan Larutan Standar

a. Pembuatan Larutan Standar Cu

Dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL larutan baku Cu 1000 ppm sebanyak 10 mL dengan menggunakan pipet volumetrik untuk memperoleh larutan Cu standar 100 ppm, dipipet kembali sebanyak 10 mL dari larutan Cu standar 100 ppm dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL sehingga dihasilkan larutan Cu standar 10 ppm, dengan cara yang sama dibuat deret larutan Cu standar 0,1 ppm, 0,5 ppm, 1 ppm, 2 ppm dan 3 ppm.

b. Pembuatan Larutan Standar Zn

Dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL larutan baku Zn 1000 ppm sebanyak 10 mL dengan menggunakan pipet volumetrik untuk memperoleh larutan Zn standar 100 ppm, dipipet kembali sebanyak 10 mL dari larutan Zn standar 100 ppm dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL sehingga dihasilkan larutan Zn Standar 10 ppm, dengan cara yang sama dibuat deret larutan Zn standar 0,1 ppm, 0,5 ppm, 1 ppm, 2 ppm dan 3 ppm.

3.3.4 Pembuatan Larutan Blanko

Larutan blanko dibuat dengan menggunakan pelarut yang sama dengan pelarut yang digunakan pada setiap tahapan fraksi. Dalam pembuatan larutan blanko tidak digunakan sampel.

3.3.5 Preparasi Sampel Dengan Ekstraksi

Proses ekstraksi kimia ini akan diterapkan pada semua perlakuan, pertama adalah mengeringkan sampel dengan cara di oven selama 12 jam pada suhu 80 °C. Kemudian sampel yang sudah kering dihaluskan dengan menggunakan mortal. Selanjutnya setiap satu gram sampel akan mengalami perlakuan sesuai dengan tahapan ekstraksi di bawah ini.

3.3.5.1. Fraksi 1 :

Ditimbang sampel kering sebanyak 1 gram dan dimasukkan ke dalam tabung sentrifus 15 mL, ditambahkan 5 mL asam asetat glasial, kemudian di diamkan selama setengah jam selanjutnya dikocok selama \pm 30 detik dan di diamkan kembali semalam pada suhu kamar, tabung beserta isinya disentrifus selama 25 – 30 menit dengan kecepatan 3000 rpm, tutup dibuka secara perlahan, larutan dipindahkan dengan cara didekantasi dari tabung sentrifus ke dalam tabung uji, lalu diukur dengan AAS sebagai **Fraksi 1**. Residu sedimen pada tabung sentrifus dicuci dengan akuabides sebanyak 10 mL dan dikocok selama 30 detik. Tabung disentrifus selama 25 – 30 menit dengan kecepatan 3000 rpm. Air pencuci dibuang dengan cara didekantasi. Diulang pencucian sekali lagi, kemudian residu disimpan untuk persiapan fraksi 2.

3.3.5.2. Fraksi 2 :

Ke dalam tabung sampel yang berisi residu fraksi 1 ditambahkan 10 mL larutan 0,25 M hidrosilamin hidroklorida ($\text{NH}_2\text{OH.HCl}$), kemudian dibiarkan selama semalam. Tabung beserta isinya tadi disentrifus selama 25 – 30 menit dengan kecepatan 3000 rpm. Tutup dibuka secara perlahan, larutan dipindahkan dengan cara didekantasi dari tabung sentrifus ke dalam tabung

uji, lalu diukur dengan AAS sebagai **Fraksi 2**. Residu sedimen pada tabung sentrifus dicuci dengan akuabides sebanyak 10 mL dan dikocok selama 30 detik. Tabung disentrifus selama 25 – 30 menit dengan kecepatan 3000 rpm. Air pencuci dibuang dengan cara didekantasi. Pencucian diulang sekali lagi, kemudian residu disimpan untuk persiapan fraksi 3.

3.3.5.3. Fraksi 3 :

Ke dalam tabung sampel dari residu fraksi 2 ditambahkan 10 mL larutan 0,04 M hidrosilamin hidroklorida ($\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$) yang telah dilarutkan dalam 25% asam asetat glasial, kemudian dikocok selama 30 detik. Dimasukkan dalam beaker yang telah diisi air dan dipanaskan dalam water bath pada suhu $80 \pm 2^\circ\text{C}$ selama 24 jam. Dibiarkan dingin pada suhu ruang. Tabung disentrifus selama 25 – 30 menit dengan kecepatan 3000 rpm. Tutup dibuka secara perlahan, larutan dipindahkan dengan cara didekantasi dari tabung sentrifus ke dalam tabung uji, lalu diukur dengan AAS sebagai **Fraksi 3**. Residu sedimen pada tabung sentrifus dicuci dengan akuabides sebanyak 10 mL dan dikocok selama 30 detik. Tabung disentrifus selama 25 – 30 menit dengan kecepatan 3000 rpm. Air pencuci dibuang dengan cara didekantasi. Sedimen dikeringkan lagi di oven pada 80°C selama 1 hari, kemudian disimpan untuk persiapan fraksi 4.

3.3.5.4 Fraksi 4 :

Sebanyak 0,5 gram residu dari fraksi 3 dimasukkan ke beaker teflon. Ditambahkan 4 mL aquaregia ($\text{HCl} : \text{HNO}_3 = 3 : 1$) lalu dipanaskan sampai hampir kering. Jika sampel berwarna kehitaman maka lanjutkan ke langkah berikutnya dan jika tidak maka di tambahkan lagi aquaregia sampai sampel berwarna kehitaman. Ditambahkan 6 mL HF ke setiap beaker, kemudian dipanaskan sampai hampir kering. Jika sampel terlihat keabu-abuan maka langsung lanjutkan ke langkah berikutnya, dan jika tidak kembali ke langkah sebelumnya. Diencerkan dengan 10 mL HCl 0,1 N. Dilakukan analisis dengan AAS.

3.3.5.5. Fraksi 5 :

Sedimen 1 gram dimasukkan dalam tabung sentrifus, kemudian ditambahkan 3 ml larutan HNO_3 0,02 M dan 2 mL larutan H_2O_2 30 %. Tabung dikocok sampai reaksi berhenti, kemudian tabung ditutup. Tabung dipanaskan dalam hot plate selama ± 2 jam, lalu dibiarkan dingin. Ditambahkan 3 mL H_2O_2 , lalu dikocok sampai reaksi berhenti. Dipanaskan lagi selama ± 3 jam, kemudian didinginkan. Ditambahkan 5 mL 1,2 M NH_4OAc dalam 10 % HNO_3 , lalu dikocok selama 30 detik. Tabung disentrifus selama 25-30 menit dengan kecepatan 3000 rpm. Larutan dipindahkan dengan cara didekantasi dari tabung sentrifus ke dalam tabung uji, lalu diukur dengan AAS sebagai **Fraksi 5**.

3.3.5.6 Destruksi Total

Sebanyak 1 gram $\pm 0,002$ gram sampel dimasukkan ke dalam *teflon bomb*, ditambahkan 4 mL aquaregia ($\text{HCl} : \text{HNO}_3 = 3 : 1$) dan 6 mL HF ke setiap teflon bomb, kemudian dipanaskan di atas hot plate sampai hampir kering. Ditambahkan kembali 4 mL aquaregia dan 6 mL HF, dan dipanaskan lagi hingga hampir kering. Diencerkan dengan 10 ml HCl 0,1 N, lalu dianalisa logam Cu dan Zn.

3.3.6 Prosedur Pengujian Migrasi Logam dengan DGT

3.3.6.1. Penggelaran DGT dalam kondisi Oxic dengan variasi waktu dan Spike larutan 0 ppm, 100 ppm, 300 ppm, 500 ppm.

Sampel CD.1, CD.2, dan CD.3 dihomogenkan dengan cara pengadukan. Sampel sebanyak masing-masing 500 gram dimasukkan ke dalam 12 tabung percobaan. Tabung 1,2, dan 3 tidak di spike. Tabung 4, 5, dan 6 dispiki larutan 100 ppm masing-masing sebanyak 100 mL. Tabung 7, 8, dan 9 dispiki dengan larutan 300 ppm masing-masing sebanyak 100 mL. Tabung 10, 11, dan 12 dispiki dengan larutan 500 ppm masing-masing sebanyak 100 mL. Kemudian setiap tabung diaduk. Setelah diaduk ke dalam setiap tabung ditambahkan air laut yang telah disaring sebanyak 900 mL. Dibiarkan sebentar menunggu jernih. Setelah jernih DGT disk digantungkan sampai terendam. Mengukur suhu airnya. Untuk tabung 1, 4, 7, dan 10 dibiarkan selama 1 hari, untuk tabung 2, 5, 8, dan 11 dibiarkan selama 3 hari,

dan untuk tabung 3, 6, 9, dan 12 dibiarkan selama 5 hari. Setelah 1 hari DGT dalam tabung 1, 4, 7, dan 10 diangkat, kemudian resin dipisahkan dari kertas saring dan gelnya kemudian direndam dalam 2 mL larutan HNO_3 1 M. Untuk tabung 2, 5, 8, dan 11 diangkat setelah 3 hari, kemudian resin dipisahkan dari kertas saring dan gelnya lalu direndam dalam 2 mL larutan HNO_3 1 M. Setelah perendaman tabung beserta isinya disentrifus selama 15 menit, kemudian alikuot dari resin dipisahkan dan diencerkan 5 kali dengan air akuades. Diukur absorbansinya dengan AAS

3.3.6.2. Penggelaran DGT dengan Aerasi Gas N_2 dengan Variasi Konsentrasi dalam waktu 3 hari

Menghomogenkan sampel CD.1, CD.2, dan CD.3 dengan cara pengadukan. Sampel sebanyak masing-masing 500 gram dimasukkan ke dalam 4 tabung percobaan. Larutan standar 500 ppm yang mengandung ion Cu^{2+} dan Zn^{2+} masing-masing 100 mL ditambahkan ke dalam tabung 2. Larutan standar 5.000 ppm yang mengandung ion Cu^{2+} dan Zn^{2+} masing-masing 100 mL dimasukkan ke dalam tabung 3. Larutan standar 10.000 ppm yang mengandung ion Cu^{2+} dan Zn^{2+} masing-masing 100 mL dimasukkan ke dalam tabung 4. Sampel dan larutan dari setiap tabung diaduk. Air laut yang telah disaring sebanyak 900 mL ditambahkan ke dalam masing-masing tabung. Dibiarkan sebentar agar jernih. Dialirkan gas N_2 ke dalam sampel selama 1 hari. Digantungkan DGT disk sampai terendam. Suhu airnya diukur. Dialirkan gas N_2 selama pegelaran DGT (3 hari). Dikontrol aliran gas setiap pagi, siang dan sore selama penggelaran DGT. Setelah 3 hari DGT dalam tabung diangkat, kemudian resin dipisahkan dari kertas saring dan gelnya. Masing-masing resin direndam di dalam 2 mL larutan HNO_3 1 M. Disentrifus selama 15 menit. Dipisahkan alikuot dari resin, kemudian diencerkan 5 x dengan air akuades. Absorbansi diukur dengan AAS.

3.3.6.3. Penggelaran DGT dengan Aerasi Gas N_2 dengan Variasi Waktu dan Konsentrasi

Sampel CD.1, CD.2, dan CD.3 dihomogenkan dengan cara pengadukan. Sampel sebanyak masing-masing 500 gram dimasukkan ke dalam 9 tabung percobaan. Larutan standar 5.000 ppm yang mengandung ion Cu dan Zn masing-masing 100 mL ditambahkan ke dalam tabung 4, 5, dan 6. Larutan standar 10.000 ppm yang mengandung ion Cu dan Zn masing-masing 100 mL dimasukkan ke dalam tabung 7, 8, dan 9. Sampel dan larutan dari setiap tabung diaduk. Air laut yang telah disaring sebanyak 900 ml ditambahkan ke dalam masing-masing tabung. Gas N₂ dialirkan ke dalam sampel selama 1 hari. DGT disk digantungkan sampai terendam pada setiap tabung. Suhu airnya diukur. Dialirkan gas N₂ selama penggelaran DGT (1 hari, 3 hari, dan 5 hari). Dikontrol aliran gas setiap pagi, siang dan sore selama penggelaran DGT. Setelah 1 hari DGT dalam tabung 1, 4, dan 7 diangkat, kemudian resin dipisahkan dari kertas saring dan gelnya. Masing-masing resin direndam dalam 2 mL larutan HNO₃ 1 M. Setelah 3 hari DGT dalam tabung 2, 5, dan 8 diangkat, kemudian resin dipisahkan dari kertas saring dan gelnya. Masing-masing resin direndam dalam 2 mL larutan HNO₃ 1 M. Setelah 5 hari DGT dalam tabung 3, 6, dan 9 diangkat, kemudian resin dipisahkan dari kertas saring dan gelnya. Masing-masing resin direndam dalam 2 mL larutan HNO₃ 1M. Disentrifus selama 15 menit. Aliquot dipisahkan dari resin, kemudian diencerkan 5 x dengan akuades. Absorbansi diukur dengan AAS.

3.3.6.4. Penggelaran DGT Probe dengan Aerasi gas N₂ selama 5 hari

Sampel CD.1, CD.2, dan CD.3 dihomogenkan dengan cara pengadukan. Sampel sebanyak 1000 gram dimasukkan ke dalam tabung percobaan. Larutan standar 10.000 ppm yang mengandung ion Cu dan Zn sebanyak 100 mL dimasukkan ke dalam tabung. Sampel dan larutan dari setiap tabung diaduk. Air laut yang telah disaring sebanyak 900 mL ditambahkan ke dalam tabung. Dibiarkan sebentar agar jernih. Gas N₂ dialirkan ke dalam sampel selama 1 hari, DGT probe ditancapkan dalam sampel. DGT disk digantungkan sampai terendam. Suhu airnya diukur. Gas N₂ dialirkan selama penggelaran DGT (1 hari, 3 hari, dan 5 hari). Aliran gas setiap pagi, siang dan sore dikontrol selama penggelaran DGT. Setelah 5 hari DGT

probe dan disk dalam tabung diangkat, kemudian resin dipisahkan dari kertas saring dan gelnya. Resin dari DGT probe dipotong setiap 1 cm. Resin direndam dalam 2 mL larutan HNO₃ 1 M. Disentrifus selama 15 menit. Alikuot dipisahkan dari resin, kemudian diencerkan 5 x dengan air akuades. Absorbansi diukur dengan AAS.

3.4. Pengujian Sampel dengan AAS

Larutan standar dan sampel yang sudah mendapat perlakuan ekstraksi dan DGT dilanjutkan dengan pengukuran absorbansi dan konsentrasi alat dengan menggunakan AAS seri AA-6300 di laboratorium afiliasi Departemen Kimia Fakultas MIPA Universitas Indonesia yang mempunyai batas deteksi untuk logam Cu 0,1 ppm per gram dengan $\lambda = 2407$ nm dan untuk logam Zn 0,02 ppm per gram dengan $\lambda = 2139$ nm .

Absorbansi larutan yang dihasilkan dari pengukuran dikalibrasi menghasilkan persamaan regresi linier. Data konsentrasi alat dari sedimen hasil pengukuran dengan AAS dihitung dengan menggunakan persamaan regresi linier kalibrasi larutan standar sebagai berikut :

$$\text{Persamaan linier} = Y = bx + a$$

$$\text{Konsentrasi Alat} = (y + a) / b$$

$$\text{Konsentrasi Sampel} = \frac{C. A \times V. D \times F. P}{M. S}$$

Ket : Y = Absorbansi

a dan b = nilai regresi linier

C.A = Konsentrasi alat

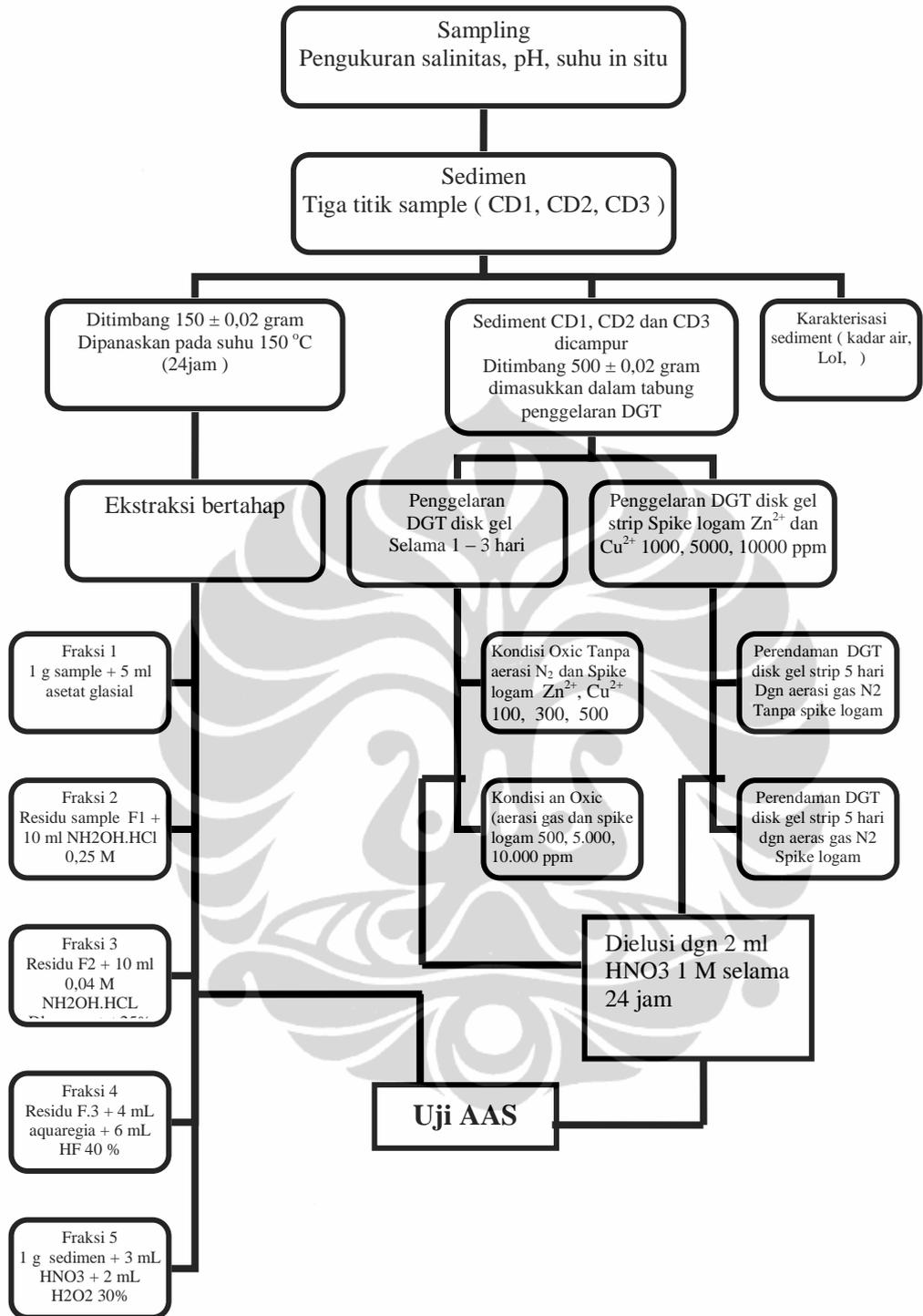
V.D = Vaktor dilute

F.P = Faktor pengenceran

M.S = Massa sampel

3.5 DESAIN PENELITIAN

Rancangan kegiatan yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah tertuang dalam skema desain penelitian sebagai berikut.



Gambar 3.1 Skema desain penelitian

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Parameter Fisik dan Kimia Air Laut

Pengukuran kualitas air di setiap stasiun yang meliputi suhu, salinitas, pH, dilakukan bersamaan pada saat pengambilan sampel sedimen dan contoh air. Kadar air dalam redimen, *Lost of Ignition* (LOI), dilakukan di laboratorium. Data hasil pengukuran kualitas air disajikan dalam Tabel 4.1.

Tabel 4.1 : Data Pengukuran Kualitas Air

No	Parameter	Hasil Pengukuran
1	Suhu	28 – 30 °C
2	Salinitas	20 – 27 ‰
3	Derajat Keasaman (pH)	6,8 – 7,0
4.	Kerapatan	1.015 – 1.019 g.L ⁻¹

Variasi suhu air laut yang berkisar 28 – 30 °C. Suhu ini masih baik untuk perkembangan dan kehidupan organisme perairan. Perkins (1974) menyatakan bahwa kisaran suhu yang dianggap layak bagi kehidupan organisme akuatik bahari adalah 25 – 32 °C.

Nilai pH perairan berkisar antara 6,8 - 7,0. Nilai pH ini menyatakan bahwa pH air bersifat mendekati normal, dalam keadaan ini kelarutan dari senyawa-senyawa logam cenderung stabil (Heryando, 1994) dan sangat mendukung untuk terjadinya laju dekomposisi pada suatu perairan (Effendi, 2003). Dengan adanya peningkatan pH pada badan air akan diikuti dengan semakin kecilnya kelarutan dari senyawa-senyawa logam (Heryando, 1994) dan akan terjadi peningkatan laju dekomposisi maka akan berdampak dengan menurunnya nilai oksigen terlarut (DO) suatu perairan (Kordi, 1996). Penurunan kadar oksigen terlarut di dalam air merupakan indikasi kuat adanya pencemaran (Jaya, 2005).

Untuk dapat bertahan hidup rata-rata biota air, diperlukan kadar oksigen terlarut minimum sebanyak 4 – 5 ppm (Surakiti, 1989). Seiring dengan rendahnya nilai DO maka biasanya akan diimbangi dengan tingginya nilai CO₂.

Nilai salinitas pada setiap stasiun relatif tinggi, berkisar 20 - 27 ‰, salinitas yang terukur masih berada dalam kisaran salinitas optimum bagi pertumbuhan organisme laut yaitu 27 ‰ (Razak, 1998). Salinitas menggambarkan

kandungan konsentrasi total ion yang terdapat pada perairan baik organik maupun anorganik.

Pengukuran kadar Si, Fe, Al, dan yang lainnya sampai V diukur dengan menggunakan XRF yang ada di laboratorium Departemen Fisika FMIPA UI Salemba. Data pengukuran karekterisasi sedimen, tercantum pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 : Data Pengukuran Karekterisasi Sedimen

No	Karekterisasi Sedimen	Hasil Pengukuran
	Kadar air	60,02 %
	Lost Of Ignition (LOI)	0,1401 g/g sample
	Kadar Si	34,35 %
	Kadar Fe	25,99 %
	Kadar Al	19,35 %
	Kadar Cl	8,28 %
	Kadar S	4,58 %
	Kadar Ca	2,56 %
	Kadar Ti	1,96 %
	Kadar K	1,59 %
	Kadar Mn	1,22 %
	Kadar V	0,15 %

Data hasil pengukuran terhadap konsentrasi logam Cu dan Zn dalam sampel air laut sebelum penggelaran DGT disajikan dalam Tabel 4.3.

Tabel 4.3 : Konsentrasi logam Cu dan Zn dalam air laut

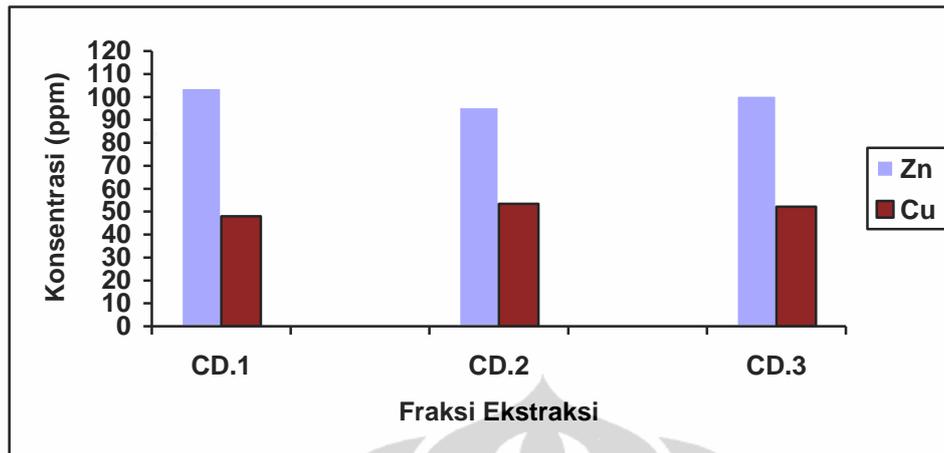
No	Sampel	Cu (ppm)	Zn (ppm)
1	CD.1	0,021	0,108
2	CD.2	0,063	0,107
3	CD.3	0,105	0,105

4.2. Hasil dari Ekstraksi Bertahap

Setelah dilakukan penelitian sebanyak 3 kali pengulangan dengan menggunakan metode ekstraksi bertahap diperoleh data konsenrasi logam Zn dalam sedimen Cengkareng Drain sebagai berikut :

Tabel 4.4. Konsentrasi Logam Cu dan Zn dalam Sedimen

Perc	Logam Zn			Logam Cu		
	CD.1	CD.2	CD.3	CD.1	CD.2	CD.3
1	104,04	92,21	88,25	51,44	46,22	46,33
2	97,30	82,75	81,60	48,66	58,38	52,91
3	108,31	111,97	132,16	50,11	53,18	52,99
Rerata	104,04	95,64	100,67	50,07	52,59	50,74



Gambar 4.1 : Grafik Konsentrasi Logam Zn dan Cu dalam Sedimen

Tabel 4.4 didapat dari hasil penjumlahan kadar logam dalam fraksi 1 sampai dengan fraksi 4 untuk setiap titik sampel, untuk CD.1 dalam percobaan pertama sebesar 104,04 ppm dihasilkan dari penjumlahan data pada lampiran 5

Dari Gambar 4.1 terlihat bahwa kadar logam Zn di semua lokasi titik sampel berkisar antara 81 ppm sampai 117 ppm. Kadar logam Zn tertinggi dijumpai di titik sampel 3 . Sedangkan kadar logam Cu di semua titik sampel relatif lebih kecil dibandingkan dengan kadar logam Zn yaitu berkisar antara 46 ppm sampai 58 ppm. Kadar dari ke dua logam Cu dan Zn jika kita bandingkan dengan nilai ambang batas (NAB) yang ditetapkan oleh Kementerian KLH dengan Kep.Men KLH No.51 Tahun 2004 untuk logam Cu sebesar 0,08 ppm dan logam Zn 0,05 ppm, atau dengan kadar normal logam Cu dalam air laut berkisar antara 0,002 -0,005 ppm dan kadar normal logam Zn dalam air laut sebesar 0,002 ppm maka kadar logam Cu dan Zn sudah melebihi nilai ambang batas. Hal ini dapat dikatakan bahwa perairan Cengkareng Drain termasuk katagori tercemar logam Cu dan Zn. Keadaan ini diperkuat dengan sedikit sekali biota laut ditemukan dalam sedimen pada saat pengambilan sampel. Kadar logam Cu dan Zn cukup tinggi yang terkandung dalam sedimen di perairan Cengkareng Drain, hal ini kemungkinan karena proses sedimentasi yang cukup luas dengan komposisi sedimen tersebut berupa lumpur, sehingga mempunyai daya absorpsi terhadap logam cukup tinggi.

4.3. Pembahasan Tiap Fraksi

Data konsentrasi logam Zn dan Cu pada tiap fraksi ekstraksi adalah sebagai berikut :

Tabel 4.5 Konsentrasi Logam Zn dan Cu pada tiap Fraksi Ekstraksi

Fraksi	Logam Zn				Logam Cu			
	CD.1	CD.2	CD.3	Rerata	CD.1	CD.2	CD.3	Rerata
F.1	12,35	13,72	11,72	12,60	7,07	8,20	8,42	7,90
F.2.	41,31	36,27	36,75	38,11	3,35	3,71	3,73	3,60
F.3	24,62	15,93	39,38	26,64	6,01	4,93	5,15	5,38
F.4	25,76	29,72	30,70	28,73	35,61	36,47	30,21	34,10
F.5	58,72	76,81	61,22	65,58	54,78	46,47	38,03	46,43

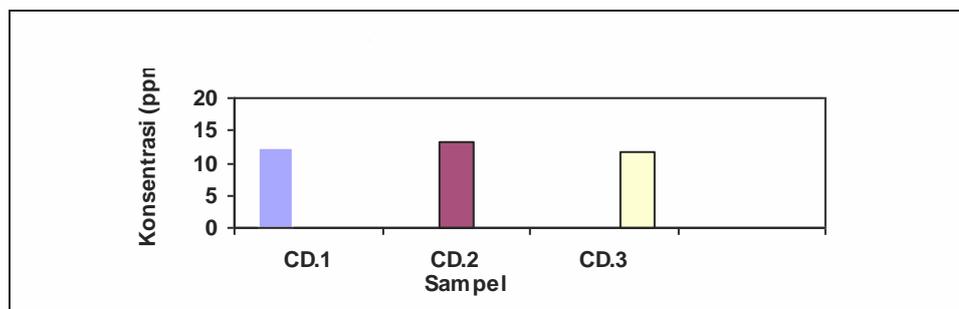
4.3.1. Fraksi 1 (Terlarut Pada Asam Lemah)

Pada fraksi 1 asam lemah diharapkan dapat melarutkan karbonat yang terikat pada logam berat di sedimen. Reaksi yang terjadi pada fraksi ini adalah:



Dimana M^{2+} merupakan logam yang terikat pada karbonat.

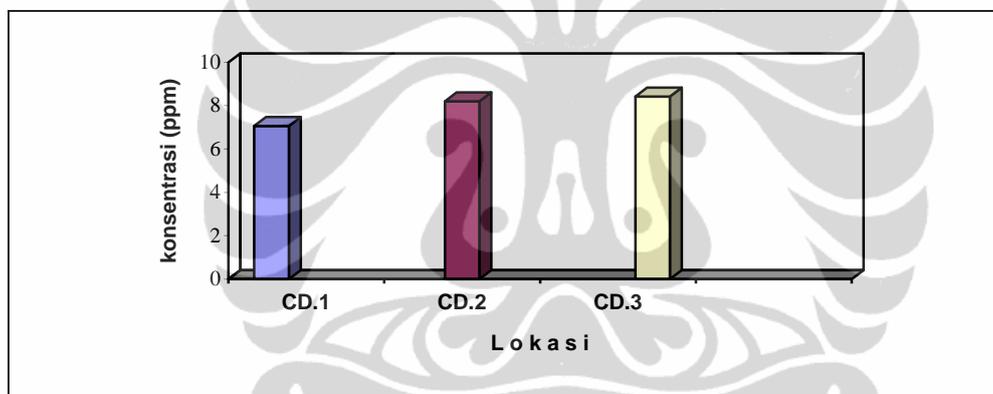
Reagen yang sering digunakan pada ekstraksi bertahap untuk melepaskan logam yang terikat pada karbonat adalah sodium asetat ataupun buffer asam asetat pada pH 5. Waktu yang dibutuhkan reagen ini untuk melarutkan karbonat bergantung pada beberapa faktor seperti ukuran partikel, tipe dan jumlah sedimen. Dalam penelitian ini waktu yang diberikan untuk proses pelarutannya karbonat adalah 16 jam. Hal ini dimaksudkan agar proses pelarutan berjalan dengan sempurna dan diharapkan seluruh karbonat pada sedimen dapat terlarut seluruhnya.



Gambar 4.2 : Hubungan Lokasi Sedimen Vs Konsentrasi Logam Zn pada Fr.1

Untuk logam Zn dalam fraksi 1 terlihat konsentrasi logam Zn untuk ke tiga titik sampel cukup merata dengan nilai sekitar 12,6 ppm dan lebih rendah bila

dibandingkan dengan konsentrasi logam Zn pada fraksi yang lain. Hal ini dimungkinkan karena logam yang terikat pada senyawa karbonat dapat terlarut kembali ke perairan dengan gejala alamiah, seperti tekanan dari ombak yang menyebabkan pengadukan pada sedimen, perubahan pH perairan. Karena pada fraksi 1 ini karbonat merupakan ikatan yang paling mudah lepas terikat pada bagian paling luar sedimen. Dengan demikian fraksi ini dapat dikaitkan dengan bioavailabilitas perairan, yaitu besarnya logam yang terlepas dari sedimen yang dapat terserap/dikonsumsi oleh biota akibat adanya gejala alamiah tersebut. Logam yang terlepas ini besar kemungkinannya akan diserap kembali oleh biota yang hidup di sedimen, seperti kerang-kerangan yang umum dikonsumsi oleh manusia, sehingga dikhawatirkan adanya efek toksik pada manusia akibat tingginya kandungan logam berat yang terdapat pada biota yang hidup di perairan tersebut.

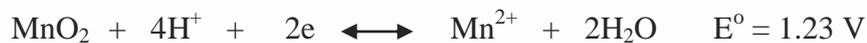


Gambar 4.3 : Hubungan Lokasi Sedimen Vs Konsentrasi Logam Cu Pada Fraksi 1

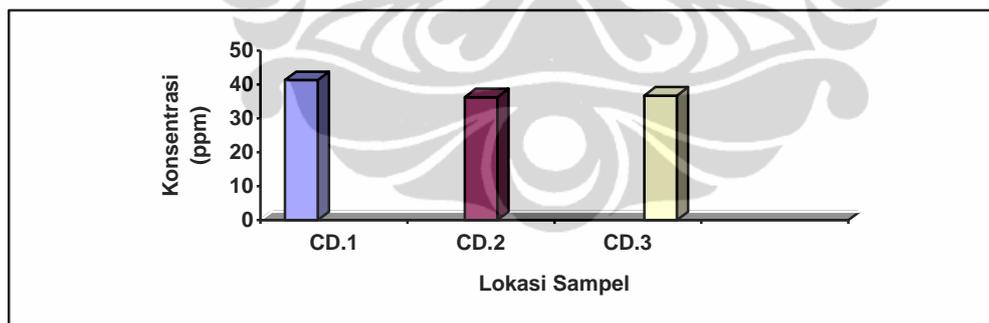
Dari Gambar 4.3 di atas kadar logam Cu rerata fraksi 1 dari ke tiga titik sampel relatif sama sebesar 8 ppm. Kemungkinan karena logam Cu mengalami sedimentasi berupa senyawa karbonat dan terikat lebih kuat dalam sedimen dibandingkan dengan logam Zn sehingga konsentrasi logam Cu pada fraksi 1 ini lebih kecil dibandingkan logam Zn. Dimana hal ini sesuai dengan nilai K_{sp} CuCO_3 sebesar 1×10^{-10} lebih kecil jika dari K_{sp} ZnCO_3 sebesar 3×10^{-8} . Karena semakin kecil harga K_{sp} maka semakin kecil kelarutannya.

4.3.2 Fraksi 2 (mudah tereduksi)

Pada fraksi ini diharapkan hidroksilamin hidroklorida dapat mereduksi Mn-oksida. Letak Fragmentasi Mn-oksida pada sedimen lebih dalam dibandingkan dengan karbonat, karena lapisan Mn oksida ini berasal dari tanah yang berada pada lingkungan sedimen, sedangkan ikatan karbonat cenderung dihasilkan dari CO₂ di perairan, ataupun akibat proses respirasi dari biota yang hidup di lingkungan sedimen.

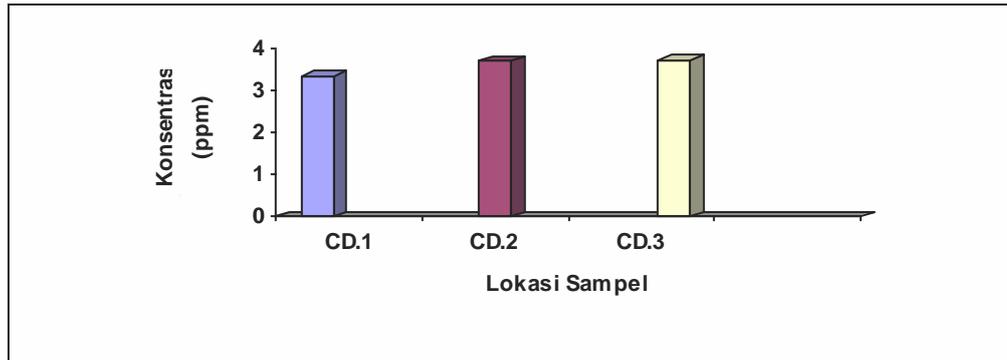


Hidroksilamin hidroklorida merupakan garam dengan rumus kimia NH₂OH.HCl. Hidroksilamin hidroklorida merupakan reagen yang paling sering digunakan untuk pelarutan fraksi mudah tereduksi. Untuk memastikan proses pelarutan Mn Oksida berjalan dengan baik maka proses perendaman dilakukan selama 16 jam. Salah satu masalah yang muncul yaitu pada saat ia melepaskan sejumlah substansi dari logam yang terikat dengan fase organik, sehingga hasil dari jejak logam pada fraksi teroksidasi mungkin tidak sesuai dari hasil yang sesungguhnya pada fraksi teroksidasi (RA. Day Jr, 1996). Untuk mencegah terjadinya hal ini maka perlakuan fraksi teroksidasi (fraksi 5) dilakukan terpisah dari fraksi-fraksi lainnya dan merupakan satu-satunya fraksi yang berdiri sendiri.



Gambar 4.4 : Hubungan Lokasi Sedimen Vs Konsentrasi Logam Zn Pada Fraksi 2

Pada Gambar 4.4 terlihat konsentrasi Zn tinggi pada semua titik sampel berkisar antara 36 ppm – 42 ppm. Tingginya konsentrasi Zn di titik lokasi sedimen menunjukkan bahwa kondisi tanah di perairan teluk Jakarta mengalami tingkat pencemaran yang tinggi, karena Mn oksida dan Fe oksida dikenal sebagai tempat pembuangan pada permukaan lingkungan untuk logam berat.



Gambar 4.5 : Hubungan Lokasi Sedimen Vs Konsentrasi Logam Cu Pada Fraksi 2

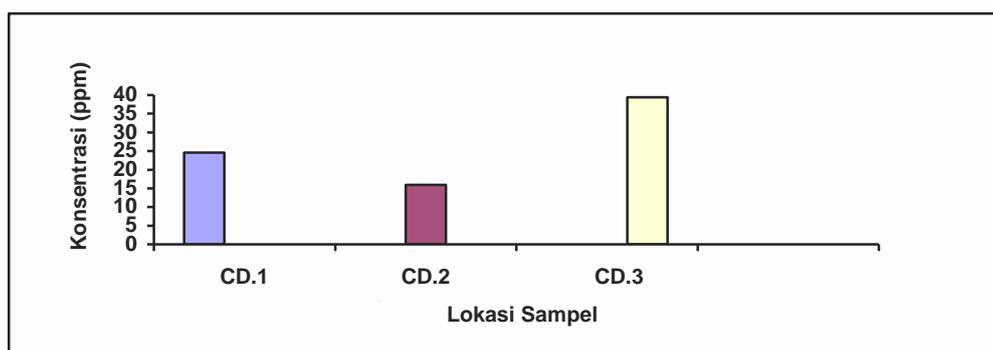
Pada Gambar 4.5 terlihat distribusi logam Cu yang merata pada seluruh titik sampel. Konsentrasi logam Cu yang diperoleh relatif kecil dengan rata-rata 3,50 ppm, dengan konsentrasi tertinggi pada CD.2 sebesar 3,73 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan logam Cu yang terionisasi dengan Mn oksida hanya sedikit. Karena Mn oksida itu sendiri berasal dari tanah berarti untuk waktu paruh yang lebih lama pengendapan logam berat di perairan ini hanya sedikit.

4.3.3. Fraksi 3 (Tingkat reduksi menengah)

Fraksi ini bertujuan untuk melarutkan Fe oksida yang terdapat pada sedimen. Dalam hal ini, kekuatan Fe-oksida cenderung lebih besar daripada Mn-oksida. Hal ini disebabkan karena potensial reduksi Fe oksida lebih kecil daripada Mn oksida sehingga Fe oksida lebih sulit tereduksi dibandingkan dengan Mn oksida.

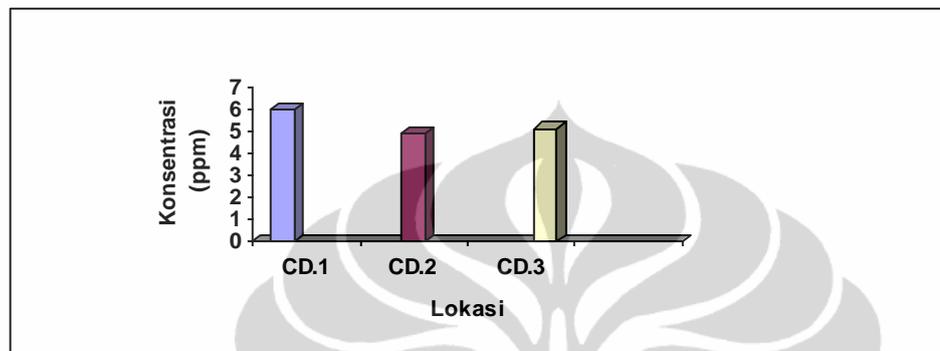


Dalam fraksi ke tiga ini sesudah penambahan reagen perlu dilakukan pemanasan selama 24 jam yang bertujuan agar seluruh Fe oksida yang ada pada sedimen dapat larut oleh ekstraktan karena ia terikat kuat pada sedimen dan tidak mudah untuk direduksi.



Gambar 4.6 : Hubungan Lokasi Sedimen Vs Konsentrasi Logam Zn Pada Fraksi 3

Pada fraksi 3 ini terlihat bahwa distribusi logam berat Zn di perairan Cengkareng Drain cukup besar dengan konsentrasi sekitar 16 ppm hingga 40 ppm. Hal ini mungkin karena logam Zn dalam fraksi ini terikat kuat pada senyawa Fe-oksida sehingga sukar terionisasi kembali ke perairan.

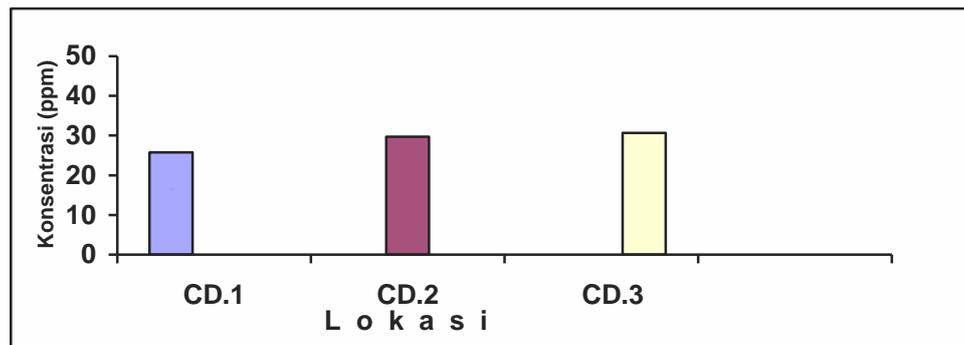


Gambar 4.7 : Hubungan Lokasi Sedimen Vs Konsentrasi Logam Cu Pada Fraksi 3

Berdasarkan Gambar 4.7 kandungan logam Cu terdistribusi merata di perairan Cengkareng Drain dengan konsentrasi yang rendah dibawah 6 ppm, hal ini dimungkinkan karena logam Cu yang terikat pada Fe oksida memiliki waktu paruh paling lama untuk menempel pada sedimen.

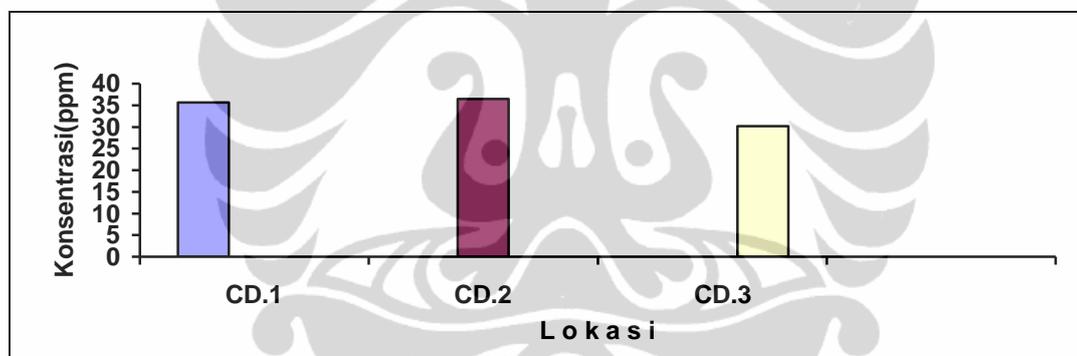
4.3.4 Fraksi 4 (Fraksi Teroksidasi)

Oksidator yang sering digunakan adalah hidrogen peroksida. H_2O_2 merupakan oksidator yang sangat kuat yang mampu melarutkan ikatan-ikatan oksida dan sulfida. Ikatan logam dengan materi organik dan sulfida dapat dilepaskan dengan kondisi oksidasi, suatu proses oksidasi biasanya digunakan untuk leaching logam yang terikat dengan fasa organik. Pada umumnya hidrogen peroksida digunakan pada pemanasan medium, yaitu sekitar $85^{\circ}C$ selama beberapa jam yang bertujuan untuk melarutkan materi organik dimana reagen akan mengekstraksi penuh pada materi organik dan reaksi sekecil mungkin mungkin pada ikatan dengan silika.



Gambar 4.8 : Hubungan Lokasi Sedimen Vs Konsentrasi Logam Zn Pada Fraksi 4

Dari Gambar 4.8 di atas memperlihatkan tingginya kandungan logam Zn di lokasi Cengkareng Drain, dengan konsentrasi mencapai 30 ppm. Jika dibandingkan dengan NAB yang ditetapkan oleh Kementerian KLH dengan Kep.Men No. 51 Tahun 2004 maka dapat dikatakan bahwa di daerah titik CD1, CD.2 dan CD.3 mengalami pencemaran.



Gambar 4.9 : Hubungan Lokasi Sedimen Vs Konsentrasi Logam Cu Pada Fraksi 4

Dari Gambar 4.9 di atas memperlihatkan untuk logam Cu juga menunjukkan kecenderungan yang sama dengan logam Zn pada fraksi ini. Dimana kadar logam Cu berkisar 30 ppm sampai 36 ppm. Kadar logam Cu tertinggi terdapat pada titik CD.2, dengan konsentrasi mencapai 36 ppm. Hal ini dapat dikatakan bahwa di daerah titik CD.2 mengalami pencemaran.

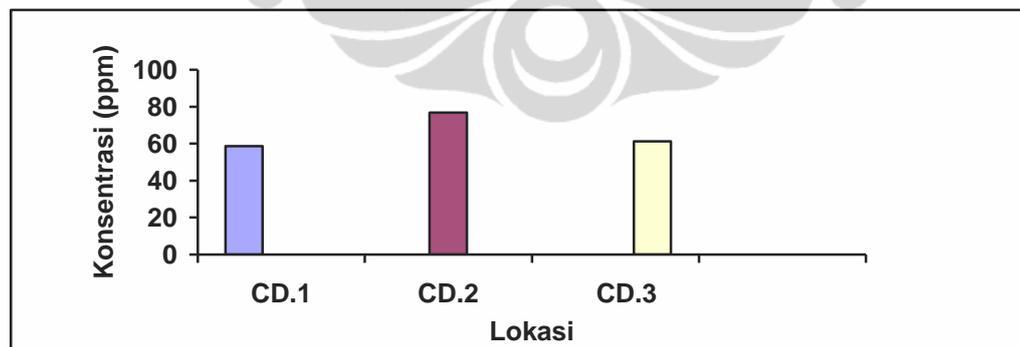
4.3.5 Fraksi 5 (Fraksi residual)

Pada fraksi ini residu didestruksi dengan menggunakan aquaregia, yaitu campuran HCl : HNO₃ (3 : 1). Dengan penambahan aquaregia diharapkan seluruh residu sedimen yang ada akan larut, kecuali aminosilika. Jika diperlukan kelarutan

total, maka asam hidroflluorida dapat digunakan sebagai langkah destruksi terakhir untuk melarutkan silka. Reagen ini spesifik untuk melarutkan ikatan-ikatan silika. Namun untuk mencegah larutnya silika dari alat yang digunakan maka sebagai wadah digunakan teflon bomb. Beaker ini terbuat dari bahan polimer dan tidak mengandung silika sehingga tidak berpengaruh pada penambahan aquaregia maupun asam fluorida.

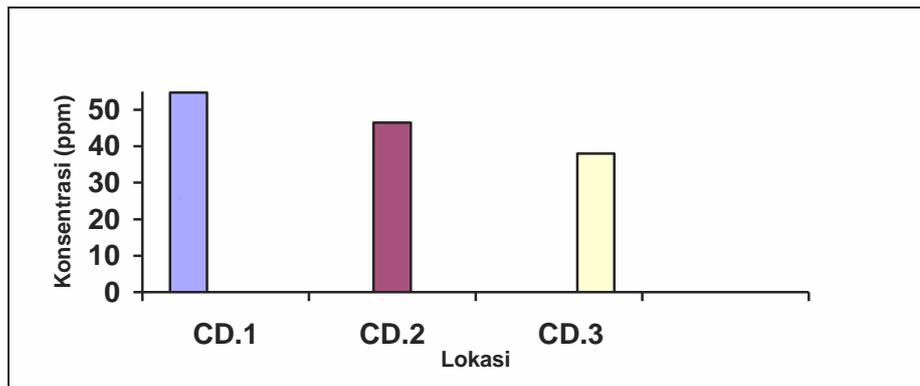
Setelah penambahan aquaregia larutan dipanaskan dengan hot plate hingga hampir kering kemudian ditambahkan HF ke dalamnya. Larutan selanjutnya dipanaskan kembali hingga hampir kering dan terlihat adanya “*white fume*”. Asap ini menunjukkan bahwa silika yang terdapat pada sedimen telah larut oleh HF. Perlakuan penambahan aquaregia dan HF pada destruksi ini terkadang perlu dilakukan berulang-ulang karena masih terdapat residu yang belum larut. Hal ini mungkin disebabkan karena residu sedimen yang tak larut tersebut memiliki ikatan sulfida yang sangat kuat sehingga sulit larut dengan penambahan aquaregia dan HF.

Terdapat beberapa kemungkinan dari kandungan logam yang diperoleh pada fraksi residual ini, karena residu sedimen yang dilarutkan diasumsikan sudah terbebas dari ikatan dengan karbonat, Mn oksida, maupun Fe oksida, sehingga asal dari sedimen ini bisa merupakan tanah, batuan, ataupun logam itu sendiri yang mengalami proses sedimentasi.



Gambar 4.10 :Hubungan lokasi sedimen Vs Konsentrasi Logam Zn pada Fraksi 5

Kandungan logam Zn pada fraksi 5 dari Gambar 4.10 terlihat cukup besar dengan konsentrasi 58 hingga 76 ppm pada ketiga titik lokasi sampling. Hal ini menunjukkan bahwa pada lokasi ini logam Zn banyak terendap sebagai sedimen dan memberikan indikasi adanya pencemaran Zn di daerah Cengkareng Drain.



Gambar 4.11 : Hubungan lokasi sedimen Vs Konsentrasi Logam Cu di Fraksi .5

Kadar rerata logam Cu pada fraksi 5 dari grafik terlihat cukup besar dengan konsentrasi berkisar antara 38 ppm sampai 54 ppm pada ketiga titik lokasi sampling. Hal ini menunjukkan bahwa pada lokasi ini logam Cu banyak terendap sebagai sedimen dan memberikan indikasi adanya pencemaran Cu di daerah Cengkareng Drain.

4.4 Destruksi Total

Konsentrasi logam Zn dan logam Cu dalam sedimen CD.1, CD.2, dan CD.3 dari hasil destruksi total disajikan pada Tabel 4.5

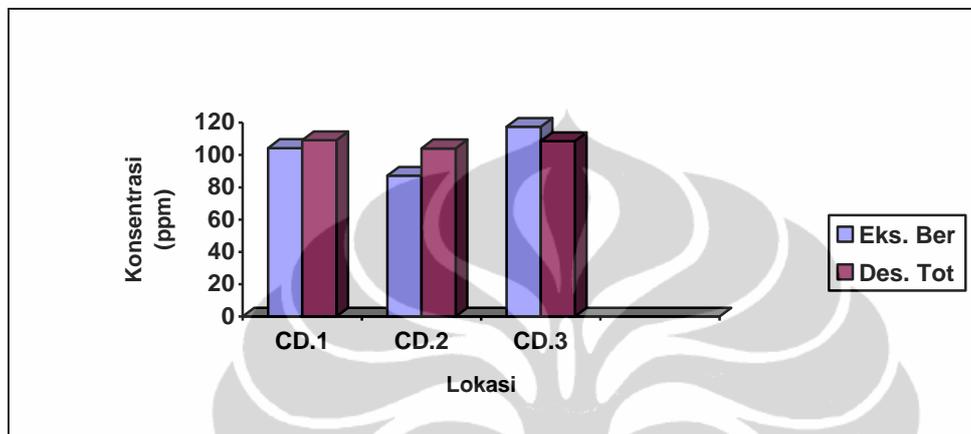
Tabel 4.6. Konsentrasi Logam Zn dan Cu dari Proses Destruksi Total

Sampel	Logam Zn				Logam Cu			
	P.1	P.2	P.3	Rerata	P.1	P.2	P.3	Rerata
CD.1	117,69	104,9	104,7	109,13	92,91	88,24	88,09	89,75
CD.2	103,12	104,6	104,5	104,08	83,24	103,06	103,06	96,12
CD.3	113,80	105,9	105,8	108,55	88,53	68,86	97,88	85,09

Metode destruksi total dilakukan dengan melakukan destruksi dari sampel awal, sehingga dapat diketahui konsentrasi total logam yang terdapat pada sedimen. Destruksi ini dilakukan untuk membandingkan apakah besar kandungan logam yang diperoleh dari hasil spesiasi sesuai dengan kandungan logam dari total sedimen. Apabila metode *sequential extraction* yang dilakukan berjalan baik seharusnya kandungan total logam melalui destruksi total sebanding dengan pengerjaan tahapan ekstraksi fraksi 1, fraksi 2, fraksi 3, dan fraksi 4.

Untuk melarutkan sedimen digunakan metode destruksi basah, yaitu dengan menggunakan aquaregia, sedangkan untuk melarutkan ikatan dengan silika digunakan asam fluorida. Hasil destruksi selanjutnya dilute dengan HCl 0,1 N dan di ukur dengan AAS.

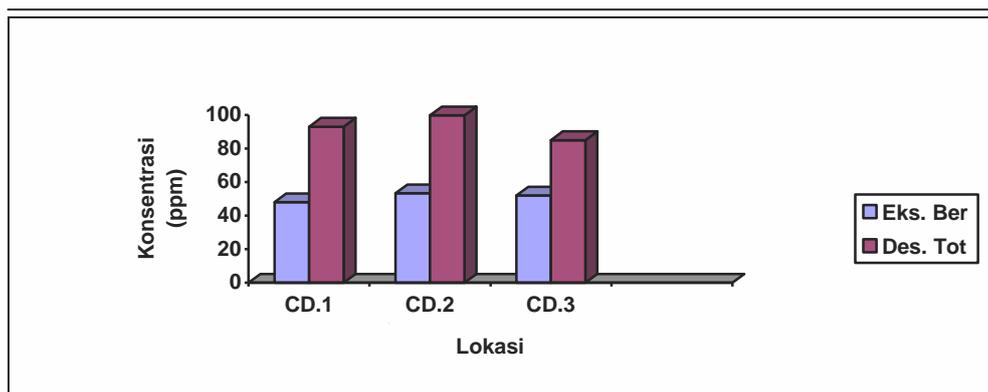
4.4.1 Perbandingan Total Logam Zn



Gambar 4.12 : Perbandingan Konsentrasi Zn metode ekstraksi bertahap dengan destruksi total.

Dari Grafik 4.13 terlihat adanya perbedaan konsentrasi total dari kedua metode, dengan kesalahan relatif (relatif eror) paling besar terdapat pada CD.2 yaitu sebesar 12,36 % dimana konsentrasi total dari hasil ekstraksi bertahap lebih kecil hal ini dimungkinkan karena proses ekstraksi pada CD.2 yang kurang sempurna, mungkin disebabkan oleh pelarutan yang kurang banyak menggunakan pelarutnya. Sedangkan kesalahan relatif yang kecil terdapat pada CD.3 yaitu sebesar 8,45 % dengan konsentrasi total hasil destruksi lebih kecil.

4.4.2 Perbandingan Total Logam Cu



Gambar 4.13 : Perbandingan Konsentrasi Cu metode ekstraksi bertahap dengan destruksi total

Dari Gambar 4.13 terlihat adanya perbedaan konsentrasi total dari kedua metode, dengan kesalahan relatif (relatif error) yang hampir sama besarnya, yang paling besar kesalahan relatifnya terdapat pada CD.2 sebesar 38 %. Perbedaan ini dikarenakan konsentrasi total dari ekstraksi bertahap yang sangat kecil hal ini karena pada fraksi 1, fraksi 2, dan fraksi 3 konsentrasi logam Cu yang dihasilkan kecil. Hal ini dimungkinkan karena proses ekstraksi yang kurang sempurna yang disebabkan oleh pelarutan yang kurang banyak menggunakan pelarutnya..

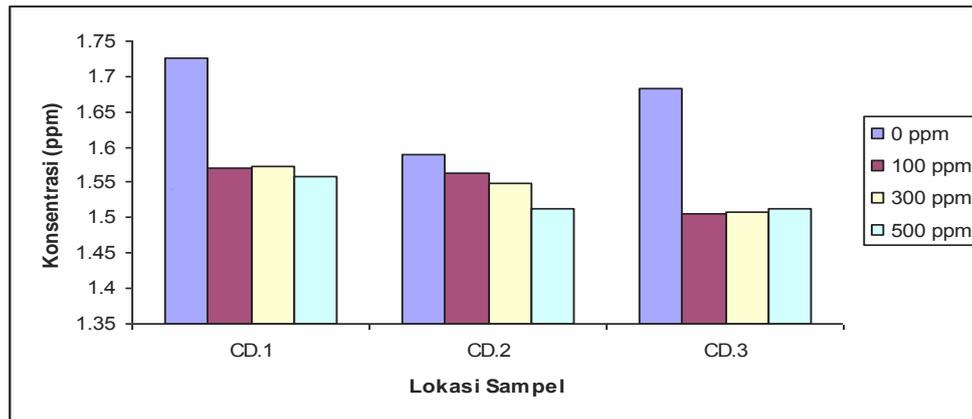
4.5 Hasil Uji Konsentrasi Logam Zn dalam Sedimen dengan DGT dengan Variasi Konsentrasi dalam waktu 1 dan 4 hari

a. Penggelaran 1 hari :

Konsentrasi logam Zn dan logam Cu dari hasil uji dengan DGT disk penggelaran 1 hari dengan spike larutan logam Zn dan Cu dengan variasi konsentrasi disajikan dalam Tabel 4.7 sebagai berikut

Tabel 4.7 : Konsentrasi Logam Zn dari Penggelaran DGT 1 hari

Titik Sampel	Logam Zn (ppm)			
	0	100	300	500
CD.1	1,725	1,570	1,537	1,558
CD.2	1,589	1,564	1,549	1,512
CD.3	1,683	1,505	1,509	1,522

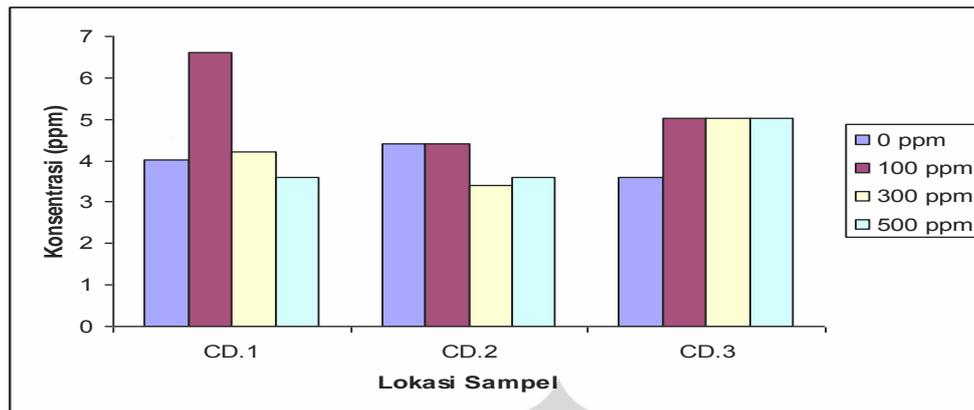


Gambar 4.14 : Hubungan Lokasi Sedimen Vs C_{DGT} Logam Zn Penggelaran 1 hari

Perlakuan spike larutan ion logam ke dalam sedimen bertujuan untuk menambah ketersediaan logam dalam sedimen, dikarenakan kadar logam Cu dan Zn pada fraksi yang mudah lepas hasil dari ekstraksi kadarnya relatif kecil sehingga dimungkinkan tidak dapat terlihat migrasi logam dari sedimen ke badan air. Berdasarkan Gambar 4.14 konsentrasi logam Zn yang diserap oleh DGT lebih besar jika dibandingkan dengan konsentrasi logam Zn dalam air laut sebelum penggelaran DGT, ini dapat dikatakan bahwa logam Zn dari sedimen ada yang bermigrasi ke badan air. Migrasi logam Zn berkisar antara 1,505 ppm sampai 1,725 ppm. Pada setiap titik sampel terlihat bahwa yang tanpa spike migrasinya lebih tinggi ini menggambarkan bahwa secara umum migrasi logam tidak terjadi meskipun sudah dilakukan spike larutan ion logam Zn²⁺, hal ini kemungkinan karena ion logam yang ditambahkan ke dalam sedimen cenderung akan terikat kuat pada sedimen.

Tabel 4.8 : Konsentrasi Logam Cu dari Penggelaran DGT 1 hari

Titik Sampel	Spike larutan Logam Cu			
	0 ppm	100 ppm	300 ppm	500 ppm
CD.1	4,009	6,615	4,210	3,608
CD.2	4,410	4,410	3,408	3,608
CD.3	3,608	5,012	5,012	5,012



Gambar 4.15 : Hubungan Lokasi Sedimen Vs C_{DGT} Logam Cu penggelaran 1 hari

Untuk logam Cu juga menunjukkan kecenderungan yang sama, konsentrasi logam Cu yang diserap oleh DGT lebih besar jika dibandingkan dengan konsentrasi logam Cu dalam air laut sebelum penggelaran DGT, ini menunjukkan telah terjadi migrasi logam Cu dari sedimen ke badan air.

Berdasarkan Gambar 4.14 dan 4.15 dapat dikatakan bahwa terjadi migrasi logam Zn dan Cu dari sedimen ke badan air atau dengan asumsi bahwa telah terjadi penyerapan logam berat oleh DGT, maka hal ini dapat dimungkinkan dapat terjadi pula pada kondisi lingkungan perairan yang sebenarnya, bahwa logam berat yang bermigrasi dari sedimen ke badan air akan diserap oleh biota laut. Berdasarkan konsentrasi logam dalam fraksi ekstraksi bertahap, maka logam yang bermigrasi dari sedimen ke badan air adalah berasal dari fraksi yang mudah lepas yaitu fraksi 1.

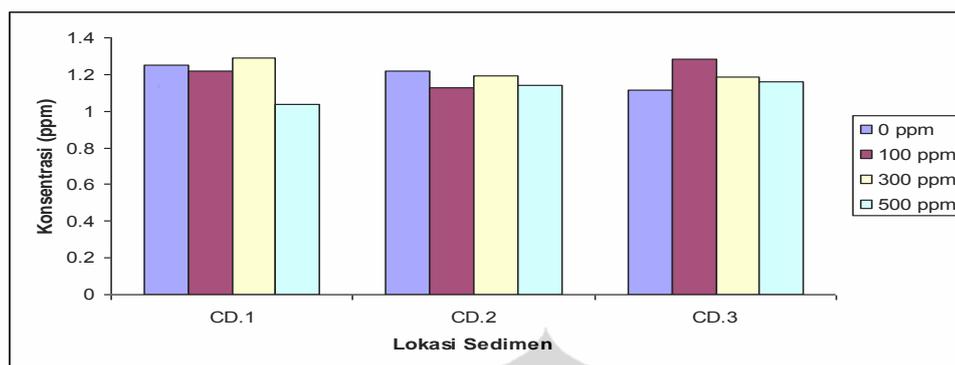
b. Penggelaran DGT 4 hari :

Konsentrasi logam Zn dan logam Cu dari hasil uji dengan DGT disk penggelaran 4 hari dengan spike larutan logam Zn dan Cu dengan variasi konsentrasi disajikan dalam Tabel 4.9 sebagai berikut :

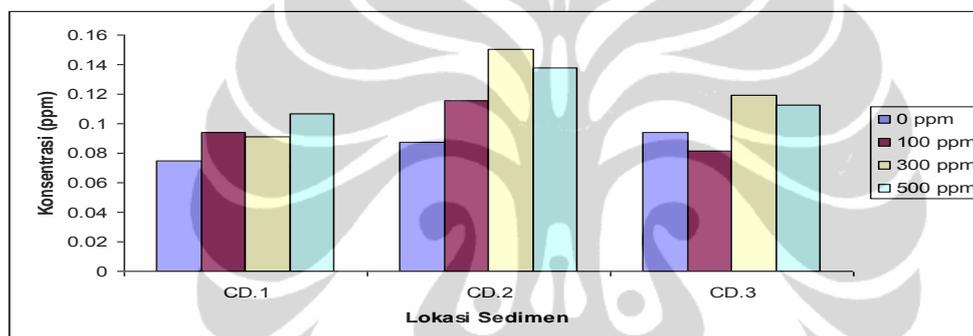
Tabel 4.9 : Konsentrasi Logam Zn dan Cu hasil Penggelaran DGT 4 Hari Kondisi Oxic.

Sampel	Logam Zn (ppm)				Logam Cu (ppm)			
	0	100	300	500	0	100	300	500
CD.1	1,249	1,220	1,288	1,037	0,075	0,094	0,091	0,106
CD.2	1,221	1,128	1,191	1,143	0,088	0,116	0,503	0,138

CD.3	1,114	1,283	1,186	1,162	0,094	0,084	0,119	0,113
------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------



Gambar 4.16 Grafik Migrasi Logam Zn dari Sedimen ke Badan Air kondisi Oxic



Gambar 4.17 Grafik Migrasi Logam Cu dari Sedimen ke Badan Air kondisi Oxic

Pada kondisi oxic dapat dikatakan terdapat oksigen terlarut dalam air. Oksigen terlarut yang ada dalam air laut juga berpengaruh terhadap kelarutan logam berat Zn dan Cu dari sedimen ke badan air.

Pada penggelaran 4 hari migrasi logam Zn ke badan air berkisar 1,037 ppm hingga 1,287 ppm, penambahan ion Zn^{2+} ke dalam sedimen tidak berpengaruh terhadap migrasi logam Zn ke badan air.

Jika migrasi logam Zn waktu 1 hari dibandingkan dengan migrasi logam Zn waktu 4 hari ternyata migrasi selama 1 hari lebih besar. Setelah 24 jam tidak ada difusi logam dari sedimen ke badan air. Hal ini kemungkinan karena dalam waktu yang lama maka ada sebagian logam yang telah terserap oleh DGT mengalami pengompleksan kembali dengan mineral-mineral pengadsorpsi seperti asam humat dan sebagainya yang akan terendapkan kembali.

Migrasi logam Cu dari sedimen ke badan air berkisar 0,075 ppm hingga 0,150 ppm, hal yang sama pada migrasi logam Cu menunjukkan penurunan migrasi dibandingkan pada penggelaran 1 hari.

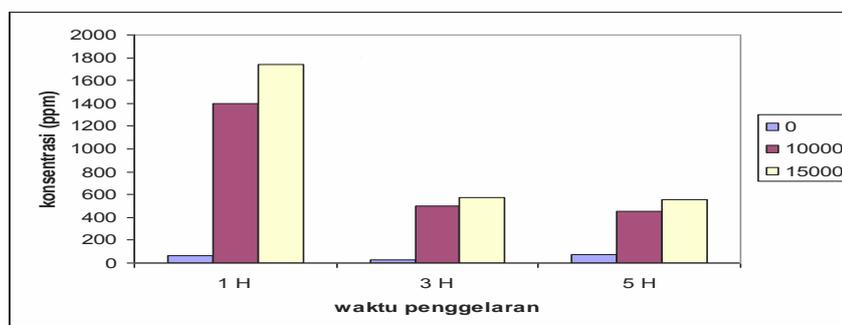
Dari data bahwa migrasi logam Cu dari sedimen ke badan air baik 1 hari atau 4 hari lebih rendah dari migrasi logam Zn, hal ini dimungkinkan karena logam Cu lebih kuat terikat pada sedimen sehingga hanya sedikit yang terion. Hal ini diperkuat dengan hasil ekstraksi bertahap, konsentrasi logam Cu pada fraksi yang mudah lepas lebih rendah dibandingkan dengan konsentrasi logam Zn pada fraksi yang sama, ini dikarenakan kelarutan CuCO_3 lebih rendah dibandingkan dengan kelarutan ZnCO_3 .

4.6. Penggelaran DGT Disk dengan Aerasi gas N_2 kondisi anoxic

Data yang diperoleh hasil penggelaran DGT Disk dengan inkubasi gas N_2 dengan variasi waktu 1 hari, 3 hari, dan 5 hari disertai spike larutan ion logam Zn^{2+} dan ion logam Cu^{2+} ke dalam sedimen dengan konsentrasi 0 ppm, 10.000 ppm, dan 15.000 ppm, sebagai berikut :

Tabel 4.10 Migrasi Logam Zn dan Cu penggelaran DGT disk 1, 3 dan 5 hari

Spike	Logam Zn (ppm)			Logam Cu (ppm)		
	1 Hari	3 Hari	5 Hari	1 Hari	3 Hari	5 Hari
0,000	61,3	30,08	73,6	10,8	14,9	17,1
10.000	1.398,2	498,1	456,7	13,2	23,3	24,4
15.000	1.738,9	574,6	559,2	21,4	31,9	31,5

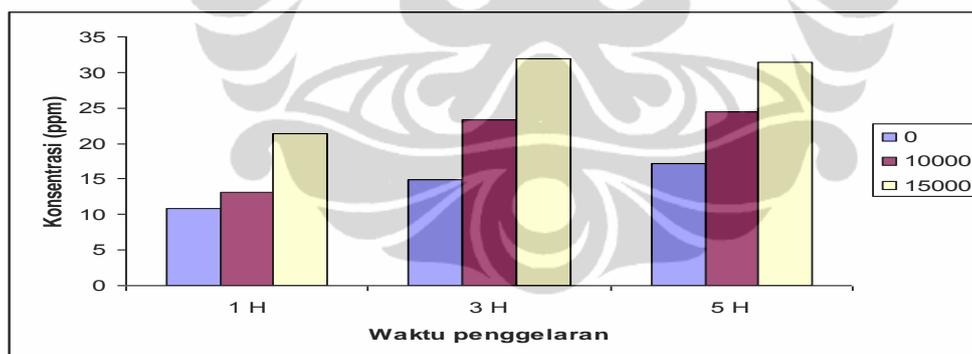


Gambar 4.18 Grafik hubungan konsentrasi Zn Vs waktu dan spike

Berdasarkan Gambar 4.18 memperlihatkan bahwa spike larutan ion logam Zn^{2+} pada kondisi anoxic mendorong terjadinya migrasi logam dari

sedimen ke badan air yang lebih tinggi, ini kemungkinan karena dengan berkurangnya atau tidak adanya oksigen terlarut dalam badan air dapat mengurangi proses interaksi logam dengan bahan organik (pengomplekan), interaksi logam dengan mineral-mineral pengadsorpsi dan sebagainya sehingga meningkatkan kelarutan dari logam yang mengakibatkan logam yang release atau migrasi dari sedimen ke badan air semakin besar. Keadaan ini mungkin dapat terjadi pada perairan yang sebenarnya, kadar logam berat di perairan akan mengalami fluktuasi sesuai kondisi lingkungannya.

Sedangkan pada penggelaran DGT selama 3 hari dan 5 hari pada kondisi anoxic walaupun mempunyai kecenderungan yang sama dengan penggelaran DGT 1 hari yaitu dengan semakin besar konsentrasi spike ion logam semakin besar migrasinya. Akan tetapi jika dibandingkan untuk konsentrasi spike yang sama dengan waktu penggelaran yang berbeda, menunjukkan bahwa pada waktu penggelaran 1 hari migrasinya lebih besar dari pada migrasi penggelaran 3 hari atau 5 hari. Ini kemungkinan karena logam yang telah diserap oleh DGT ada sebagian logam yang mengalami interaksi kembali dengan bahan organik atau mineral-mineral pengadsorpsi, kemudian akan terendapkan kembali.



Gambar 4.19 Grafik hubungan konsentrasi Cu Vs waktu dan spike

Berdasarkan Gambar 4.19 migrasi logam Cu dari sedimen ke badan air memperlihatkan kecenderungan yang sama dari ketiga variasi waktu, yaitu 1 hari, 3 hari, dan 5 hari dengan kecenderungan bahwa spike larutan ion logam Cu^{2+} mendorong terjadinya migrasi logam Cu dari sedimen ke badan air, dimana semakin besar konsentrasi spike maka semakin besar pula migrasi logam dari sedimen ke badan air. Hal ini sesuai dengan konsep pergeseran kesetimbangan, yaitu jika konsentrasi reaktan ditambah maka kesetimbangan bergeser ke arah

prodak (prodak akan bertambah). Berdasarkan hal ini dapat diasumsikan pada perairan yang sebenarnya, apabila sedimen di perairan mengandung konsentrasi logam yang tinggi maka dimungkinkan akan ada logam yang bermigrasi ke perairan dan akibatnya logam yang bermigrasi kemungkinan besar akan diserap oleh biota.

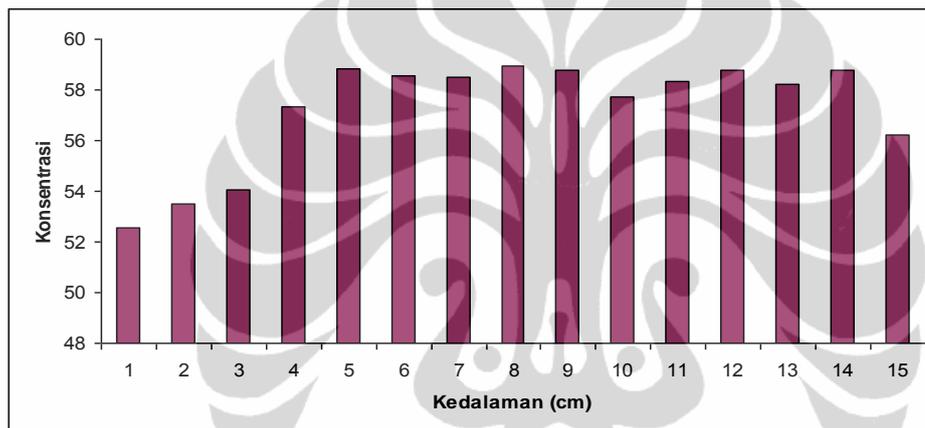
4.7. Hasil Uji Migrasi logam berat Zn dan Cu berdasarkan kedalaman Sedimen

Pengukuran konsentrasi untuk mengetahui migrasi logam berat Zn dan Cu dalam berbagai kedalaman sampel digunakan DGT probe, dengan inkubasi gas N₂ dan di gelar selama 5 hari. Penggelaran DGT probe dilakukan dalam kondisi sebagai berikut; Berat sedimen = 1000 g, spike dengan 100 ml larutan logam Zn dan Cu 15.000 ppm, tinggi sedimen setelah dicampur larutan logam 20 cm. Sebelum DGT digelar, sedimen diinkubasi dengan gas N₂ selama 24 jam, kemudian ditambahkan air laut 250 ml yang pH = 7,9. Selama penggelaran pH air laut diukur dengan pH indikator dan dicatat, hari pertama pH = 7,9, ke dua pH = 7,9, ketiga pH = 6,0, ke empat pH = 5,0 dan hari ke lima pH = 5,0. Konsentrasi logam Zn yang terserap oleh DGT probe pada berbagai kedalaman sebagai berikut :

Tabel 4.11 : Konsentrasi logam Zn di setiap ke dalaman sedimen

Kedalaman	Kons.Alat	Ce	Massa (mg)	C.DGT (ppm)
P.1 cm	3,79	37,95	103,41	52,57
P.2 cm	3,86	38,63	105,27	53,52
P.3 cm	3,90	39,02	106,33	54,05
P.4 cm	4,14	41,37	112,75	57,32
P.5 cm	4,25	42,47	115,72	58,83
P.6 cm	4,23	42,28	115,19	58,57
P.7 cm	4,22	42,23	115,08	58,51
P.8 cm	4,25	42,54	115,93	58,94
P.9 cm	4,24	42,44	115,65	58,79
P.10 cm	4,17	41,66	113,51	57,71
P.11 cm	4,21	42,10	114,72	58,32

P.12 cm	4,24	42,45	115,67	58,80
P.13 cm	4,20	42,02	114,50	58,21
P.14 cm	4,24	42,44	115,65	58,79
P.15 cm	4,06	40,60	110,64	56,25



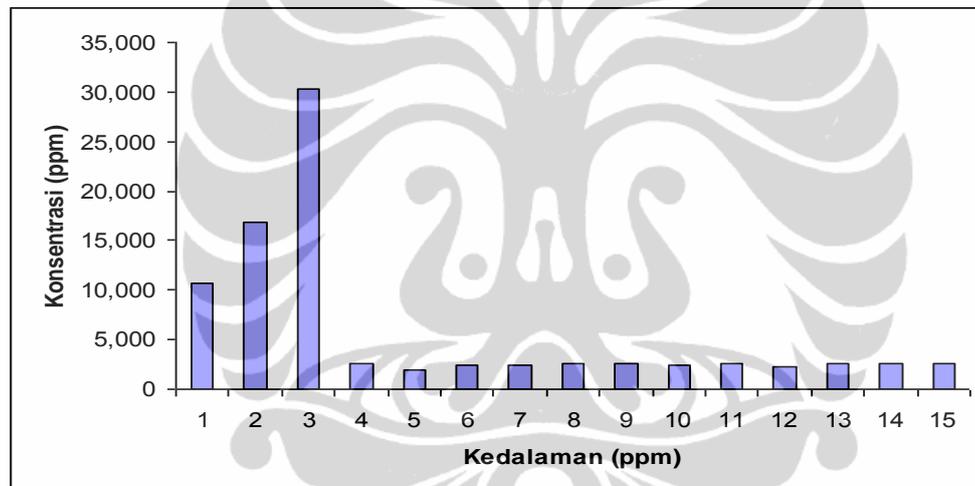
Gambar 4.20 Migrasi Logam Zn pada berbagai kedalaman sedimen

Pada penelitian ini ke dalam sampel dialirkan gas nitrogen yang bertujuan untuk menghasilkan kondisi anoxic, dimana pada kondisi ini diharapkan dapat meningkatkan logam-logam yang diamati terangkat ke permukaan. Dari data yang diperoleh untuk logam Zn, bahwa dari setiap kedalaman kadar logam Zn hampir sama, sekitar 56 ppm, sehingga dapat diasumsikan bahwa migrasi logam Zn dari sedimen ke badan air di pengaruhi oleh kondisi anoxic.

Tabel 4.12 : Konsentrasi logam Cu di setiap ke dalaman

Sampel	Abs	Kons.Alat	Ce	Massa	C _{.DGT}
P.1 cm	0,0579	0,773	7,728	21,058	10,706
P.2 cm	0,0961	1,213	12,134	33,065	16,810
P.3 cm	0,1810	2,193	21,926	59,749	30,376
P.4 cm	0,0070	0,186	1,857	5,060	2,573
P.5 cm	0,0028	0,137	1,373	3,740	1,902

P.6 cm	0,0062	0,176	1,765	4,809	2,445
P.7 cm	0,0061	0,175	1,753	4,777	2,429
P.8 cm	0,0074	0,190	1,903	5,186	2,637
P.9 cm	0,0074	0,190	1,903	5,186	2,637
P.10 cm	0,0063	0,178	1,776	4,840	2,461
P.11 cm	0,0076	0,193	1,926	5,249	2,668
P.12 cm	0,0056	0,170	1,696	4,620	2,349
P.13 cm	0,0071	0,187	1,869	5,092	2,589
P.14 cm	0,0071	0,187	1,869	5,092	2,589
P.15 cm	0,0073	0,189	1,892	5,155	2,621



Gambar 4.21 Migrasi Logam Cu pada berbagai kedalaman sedimen

Hal yang sama pada penelitian migrasi logam Cu berdasarkan kedalaman sedimen, kondisi sedimen dibuat menjadi kondisi anoxic dengan cara ke dalam sampel dialirkan gas nitrogen dengan tujuan mengurangi gas gas oksigen terlarut dengan harapan dapat meningkatkan logam-logam yang diamati terangkat ke permukaan. Dari data yang diperoleh untuk logam Cu, pada kedalaman sedimen 1 cm sampai 4 cm migrasi logam Cu lebih besar dibandingkan dengan kedalaman sedimen 5 cm sampai 15 cm, hal ini menunjukkan bahwa terdapat logam Cu dari sedimen yang bermigrasi ke permukaan dimana logam yang bermigrasi ini dimungkinkan berasal dari logam yang terikat paling lemah pada sedimen menurut metode ekstraksi bertahap adalah pada fraksi 1 yaitu fraksi yang terikat pada senyawa karbonat.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari data-data yang didapat dan setelah dilakukan pembahasan, penulis dapat menarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

Dari hasil spesiasi dengan ekstraksi bertahap terhadap sedimen dari perairan Cengkareng Drain didapat konsentrasi rata-rata total logam Zn pada CD.1 sebesar 95,65 ppm, CD.2 sebesar 87,22 ppm, CD.3 sebesar 117,48 ppm, dan konsentrasi rata-rata total logam Cu pada CD.1 sebesar 47,99 ppm, CD.2 sebesar 53,34 ppm, dan CD.3 sebesar 52,09 ppm.

Dari hasil uji dengan DGT konsentrasi logam penggelaran DGT disk 1 hari dan 4 hari lebih besar dibandingkan dengan konsentrasi logam dalam air laut, seperti C_{DGT} logam Zn pada CD.1 penggelaran DGT disk 1 hari sebesar 1,725 ppm dan penggelaran DGT disk 4 hari sebesar 1,249 ppm, dan C_{DGT} logam Cu pada CD.1 penggelaran DGT disk 1 hari sebesar 4,009 ppm, penggelaran DGT disk 4 hari sebesar 0,075 ppm sedangkan konsentrasi logam Zn dalam air laut sebesar 0,107 ppm dan konsentrasi logam Cu dalam air laut sebesar 0,063 ppm. Hal ini diasumsikan bahwa terjadi migrasi logam Zn dari sedimen ke badan air. Begitu juga dengan logam tembaga, bahkan migrasi logam Cu lebih tinggi dibandingkan dengan logam Zn. Migrasi logam berat dari sedimen ke badan air berdasarkan data yang diperoleh lebih tinggi pada kondisi anoxic. Pada kedalaman 3 cm logam Cu yang bermigrasi paling besar yaitu sebesar 0,092 ppm dan untuk Zn migrasinya merata pada setiap kedalaman rata-rata 0,6 ppm. Berdasarkan penelitian yang dilakukan di laboratorium ini, kemungkinan besar terjadi pula pada lingkungan perairan yang sebenarnya.

5.2 Saran

Guna perbaikan penelitian dalam masalah yang sama, penulis menyarankan kepada pihak yang terkait :

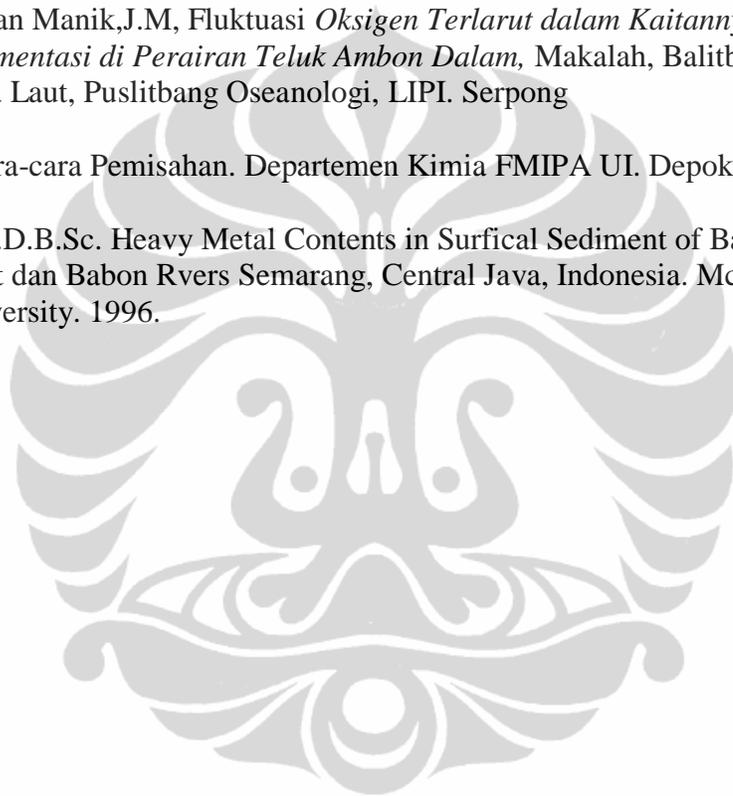
- Alat untuk pengambilan sampel seperti Ekman Grab, Refrakto dan yang lainnya tersedia di laboratorium Departemen Kimia.
- Dalam pengukuran DO agar dapat dilakukan dengan menggunakan alat DO meter, yang pada saat penelitian tidak bisa diperoleh.
- Penelitian menggunakan metode DGT untuk yang akan datang dilakukan dalam kondisi aerasi udara, sehingga bisa dibandingkan hasilnya dengan percobaan di bawah kondisi aerasi nitrogen.

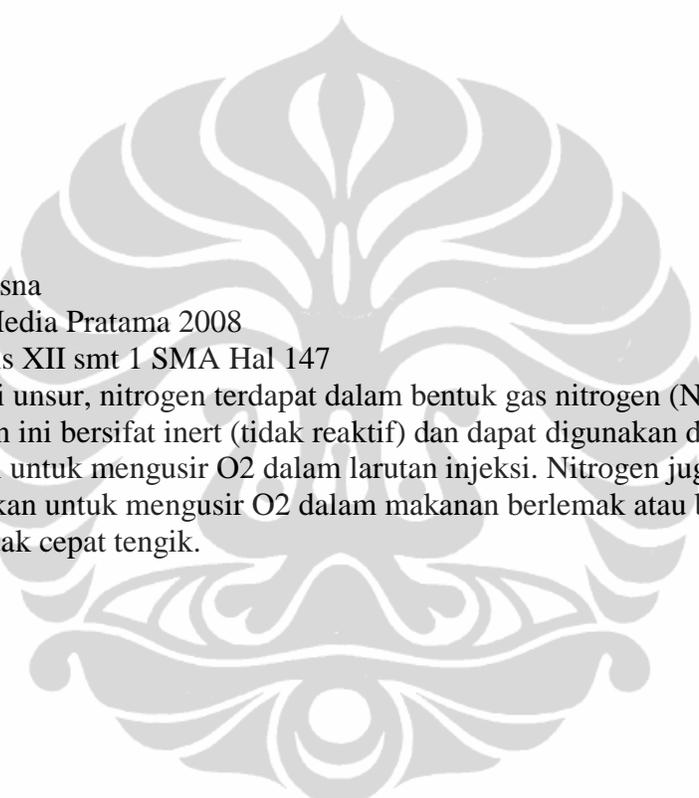


DAFTAR PUSTAKA

- Aditya,R. 2006. *Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmiun (Cd) pada Beberapa Jenis Krustasea Di Pantai Batakan dan Takisung Kabupaten Tanah Laut Kalimantan Selatan*, FMIPA Universitas Lambung Mangkurat. Banjarbaru, Kalimantan Selatan
- Darmono, 1995, *Logam Berat dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*, Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.y Jr.,A.L. Underwood. Analisis Kimia Kuantitatif. Edisi kelimaErlangga, 1996
- Deely, J.M., Fergusson, J.E. *Heavy Metal and Organic matter concentration And distribution in deted sediments of a small estuary adjacent to a small urban area. Sci. Tot. Environ., 153 : 97-111,1994.*
- Docekalova,P.Divis.*Application of diffusive gradient in thin films technique (DGT) to measurement of mercury in aquatic systems*, Faculty of Chemistry, Brno University of Tecnology, Purkyhova, Czech Republic, 2004
- Filgueiras,A.V, Lavilla, I and Bendicho, C. *Chemical Sequential extraction for metal partitioning inenvironmental solid samples.* 2002
- Hao Zhang, *DGT Research Ltd, Skelmorlie Bay Horse Road Quernmore, Lancaster LA20QJUK Inggris, 2003*
- Hutagalung HP dan Endang R, 1997, *Kandungan Logam Berat (Pb, Cd, Cu, Cr, Zn, Ni) dalam Sedimen di Muara Dadap Teluk Jakarta, Balitbang Lingkungan Laut, Puslitbang Oseanologi-LIPI-Jakarrrta.*
- Hutagalung H.P , *Heavy Metals Content in Sedimen of Jakarta Bay.* Asean Criteria and Monitoring Advances. 1994.
- Indarto,H.S. 1996. *Mengenal Sedimen Laut, Balitbang Sumberdaya Laut, Puslitbartg Oseanologi, LIP! Poka, Ambon 97233*
- Katalog alat dan bahan kimia, 2009, CV. Mitra Selaras.
- Morse, J.W. *Interactiona of trace metals with authigenic sulfide minerals: Implicoations for their bioavaibility.* Marine Chemistry, v ,46, p.1-6.1994

- Palar, Heryando.Drs. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Rineka Cipta, Jakarta.1994
- Perkins, E.J. 1974. *The Biology of Estuaries and Coastal Waters*. Academic Press, London, 676 pp.
- Reza,R.R, *Spesiasi Logam Berat Cu dan Zn di Sedimen Muara Kamal, Muara Karang, dan Cengkareng Drain*. FMIPA, UI. Depok.2007.
- Setiadi, A dan Manik,J.M, *Fluktuasi Oksigen Terlarut dalam Kaitannya dengan Proses Sedimentasi di Perairan Teluk Ambon Dalam*, Makalah, Balitbang Sumberdaya Laut, Puslitbang Oseanologi, LIPI. Serpong
- Sunardi, *Cara-cara Pemisahan*. Departemen Kimia FMIPA UI. Depok. 2006.
- Takarina, N.D.B.Sc. *Heavy Metal Contents in Surfical Sediment of Banjir Kanal Barat dan Babon Rvers Semarang, Central Java, Indonesia*. Mc Master University. 1996.





Nana Sutresna
PT Grafindo Media Pratama 2008
Kimia untuk kls XII smt 1 SMA Hal 147

1. Sebagai unsur, nitrogen terdapat dalam bentuk gas nitrogen (N_2). Gas nitrogen ini bersifat inert (tidak reaktif) dan dapat digunakan dalam industri untuk mengusir O_2 dalam larutan injeksi. Nitrogen juga digunakan untuk mengusir O_2 dalam makanan berlemak atau berminyak agar tidak cepat tengik.

Lampiran 1 : Koefisien Difusi dari ion logam dalam DGT

Tabel 1. Diffusion coefficients of metal ions in the DGT gel (15%) acrylamide & 0.3%cross-linker) at different temperatures from 1 to 35°C.

Temp	D (E-6 cm ² /sec)										
°C	Ag	Al	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
1	6.58	2.22	2.84	2.77	2.36	2.91	2.85	2.73	2.69	3.75	2.84
2	6.83	2.30	2.95	2.88	2.45	3.02	2.96	2.83	2.80	3.89	2.94
3	7.09	2.39	3.06	2.99	2.54	3.13	3.07	2.94	2.90	4.04	3.05
4	7.35	2.48	3.18	3.10	2.63	3.25	3.18	3.05	3.01	4.19	3.17
5	7.62	2.57	3.29	3.21	2.73	3.36	3.30	3.16	3.12	4.34	3.28
6	7.89	2.66	3.41	3.32	2.82	3.48	3.42	3.27	3.23	4.49	3.40
7	8.17	2.75	3.53	3.44	2.92	3.61	3.54	3.39	3.34	4.65	3.52
8	8.45	2.85	3.65	3.56	3.02	3.73	3.66	3.50	3.46	4.81	3.64
9	8.74	2.94	3.78	3.68	3.13	3.86	3.79	3.62	3.58	4.98	3.77
10	9.04	3.04	3.90	3.80	3.23	3.99	3.91	3.74	3.70	5.14	3.89
11	9.34	3.14	4.03	3.93	3.34	4.12	4.04	3.87	3.82	5.31	4.02
12	9.64	3.25	4.16	4.06	3.45	4.26	4.18	4.00	3.94	5.49	4.15
13	9.95	3.35	4.30	4.19	3.56	4.39	4.31	4.12	4.07	5.67	4.29
14	10.27	3.46	4.43	4.32	3.67	4.53	4.45	4.26	4.20	5.85	4.42
15	10.59	3.57	4.57	4.46	3.79	4.68	4.59	4.39	4.33	6.03	4.56
16	10.92	3.68	4.72	4.60	3.91	4.82	4.73	4.52	4.47	6.21	4.70
17	11.25	3.79	4.86	4.74	4.03	4.97	4.87	4.66	4.60	6.40	4.85
18	11.59	3.90	5.01	4.88	4.15	5.12	5.02	4.80	4.74	6.60	4.99
19	11.93	4.02	5.15	5.02	4.27	5.27	5.17	4.95	4.88	6.79	5.14
20	12.28	4.14	5.30	5.17	4.39	5.42	5.32	5.09	5.02	6.99	5.29
21	12.64	4.26	5.46	5.32	4.52	5.58	5.47	5.20	5.17	7.19	5.44
22	13.00	4.38	5.61	5.47	4.65	5.74	5.63	5.39	5.32	7.40	5.60
23	13.36	4.50	5.77	5.63	4.78	5.90	5.79	5.54	5.47	7.61	5.76
24	13.73	4.62	5.93	5.78	4.91	6.06	5.95	5.69	5.62	7.82	5.92
25	14.11	4.75	6.09	5.94	5.05	6.23	6.11	5.85	5.77	8.03	6.08
26	14.49	4.88	6.26	6.10	5.19	6.40	6.28	6.01	5.93	8.25	6.24
27	14.88	5.01	6.43	6.27	5.32	6.57	6.45	6.17	6.09	8.47	6.41
28	15.27	5.14	6.60	6.43	5.47	6.74	6.62	6.33	6.25	8.69	6.58
29	15.67	5.28	6.77	6.60	5.61	6.92	6.79	6.50	6.41	8.92	6.75
30	16.08	5.41	6.94	6.77	5.75	7.10	6.96	6.66	6.58	9.15	6.92
31	16.49	5.55	7.12	6.94	5.90	7.28	7.14	6.83	6.74	9.39	7.10
32	16.90	5.69	7.30	7.12	6.05	7.46	7.32	7.00	6.91	9.62	7.28
33	17.32	5.83	7.48	7.29	6.20	7.65	7.50	7.18	7.09	9.86	7.46
34	17.75	5.98	7.67	7.47	6.35	7.84	7.69	7.36	7.26	10.10	7.64
35	18.18	6.12	7.85	7.66	6.51	8.03	7.87	7.53	7.44	10.35	7.83

Lampiran 2 : Data Pengukuran Karakteristik air dan Sedimen

Karakteristik Air :

NO	PARAMETER	CD.1	CD.2	CD.3
1	Suhu (°C)	28	29	30
2	Salinitas	21 - 24	20 - 26	20 - 27
3	Derajat Keasaman	6,8 (6 - 7)	6,8 (6 - 7)	6,9 (6 - 7)
4	Kerapatan	1,017	1,015	1,019

Karakteristik Sedimen :

Kadar air :

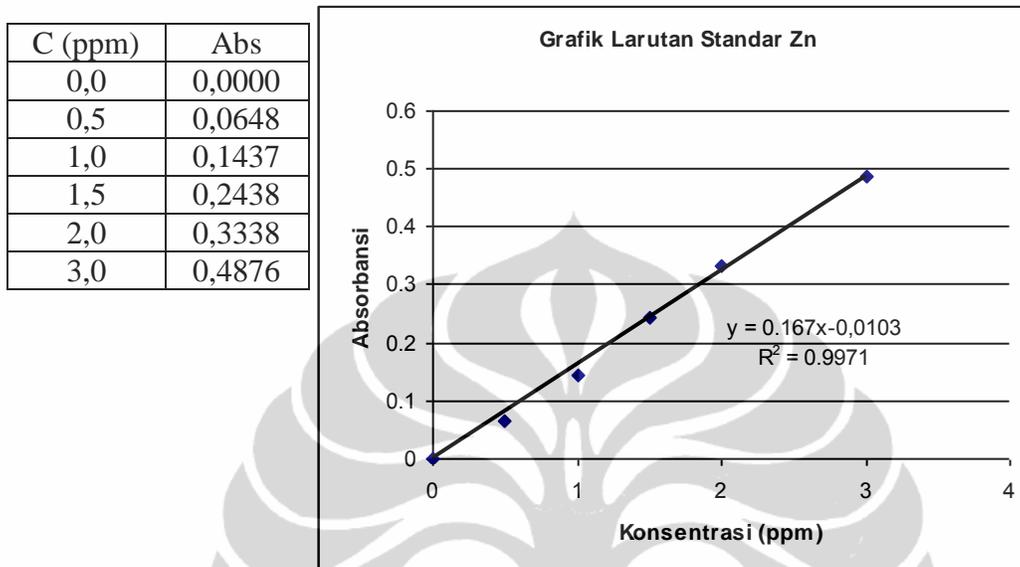
Sampel	Massa Sedimen		Prosen
	Sebelum dioven	Sesudah dioven	
CD.1	36,256	14,853	58,86
CD.2	48,190	18,896	60,79
CD.3	46,883	18,553	60,43
		Rata-rata	60,02

LOI :

Sampel	Massa Sedimen		g/g sampel
	Sebelum dioven	Sesudah dioven	
CD.1	1,0001	0,857	14,27
CD.2	1,0002	0,861	13,89
CD.3	1,0002	0,863	13,96
		Rata-rata	0,1401

Lampiran 3 : Data Pengukuran Aas Larutan Sampel CD.1 Logam Zn

Larutan Standar Logam Zn



Data Absorbansi dan konsentrasi alat Sampel CD.1 Logam Zn

Fraksi	Logam Zn dalam Sampel CD.1							
	Blanko		Percobaan 1		Percobaan 2		Percobaan 3	
	Abs	Con	Abs	Con	Abs	Con	Abs	Con
F.1	0,029	0,269	0,367	2,858	0,370	2,277	0,371	2,283
F.2	0,059	0,406	0,736	3,550	0,726	3,931	0,812	4,924
F.3	0,162	0,884	0,415	2,544	0,408	2,505	0,380	2,337
F.4	0,002	0,142	0,647	3,133	0,350	2,157	0,397	2,439
F.5	0,150	0,083	0,995	4,747	1,127	6,810	1,099	5,934

Konsentrasi Logam Zn dalam CD.1

Fr	Konsentrasi Alat			V.D	F.P	M.S	Konsentrasi Logam		
	P.1	P.2	P.2				P.1	P.2	P.3
F.1	2,858	2,277	2,283	5	1	1,0002	14,24	11,38	11,42
F.2	3,550	3,931	4,924	10	1	1,0002	35,49	39,30	49,14
F.3	2,544	2,505	3,534	10	1	1,0002	25,44	25,05	23,36
F.4	3,133	2,157	2,439	10	1	1,0002	31,33	21,57	24,39
F.5	4,747	6,810	5,934	13	1	1,0002	61,71	60,38	54,06

Lampiran 4 : Data Pengukuran AAS Larutan Sampel CD.2 Logam Zn

Data Absorbansi dan konsentrasi alat Sampel CD.2 Logam Zn

Fraksi	Logam Zn dalam Sampel CD.2							
	Blanko		Percobaan 1		Percobaan2		Percobaan 3	
	Abs	Cons	Abs	cons	Abs	Cons	Abs	Cons
F.1	0,029	0,269	0,403	2,002	0,447	2,46	0,619	3,769
F.2	0,059	0,406	0,549	2,678	0,788	4,26	0,699	3,940
F.3	0,162	0,884	0,418	2,072	0,075	0,51	0,357	2,199
F.4	0,150	0,830	0,720	3,472	0,370	2,28	0,519	3,169
F.5	0,002	0,142	0,947	4,527	1,265	6,76	1,065	6,441

Konsentrasi Logam Zn dalam CD.2

Fr	Konsentrasi Alat			V.D	F.P	M.S	Konsentrasi Logam		
	P.1	P.2	P.2				P.1	P.2	P.2
F.1	2,002	2,46	3,769	5	1	1.0002	10,01	12,31	18,84
F.2	2,678	4,26	3,948	10	1	1.0002	26,77	42,58	39,46
F.3	2,072	0,51	2,199	10	1	1.0002	20,71	5,10	21,99
F.4	3,472	2,27	3,169	10	1	1.0002	34,72	22,76	31,68
F.5	4,527	6,76	6,441	13	1	1.0002	58,83	87,88	83,73

Lampiran 5 : Data Pengukuran AAS Larutan Sampel CD.3 logam Zn

Data Absorbansi dan konsentrasi alat Sampel CD.3 Logam Zn

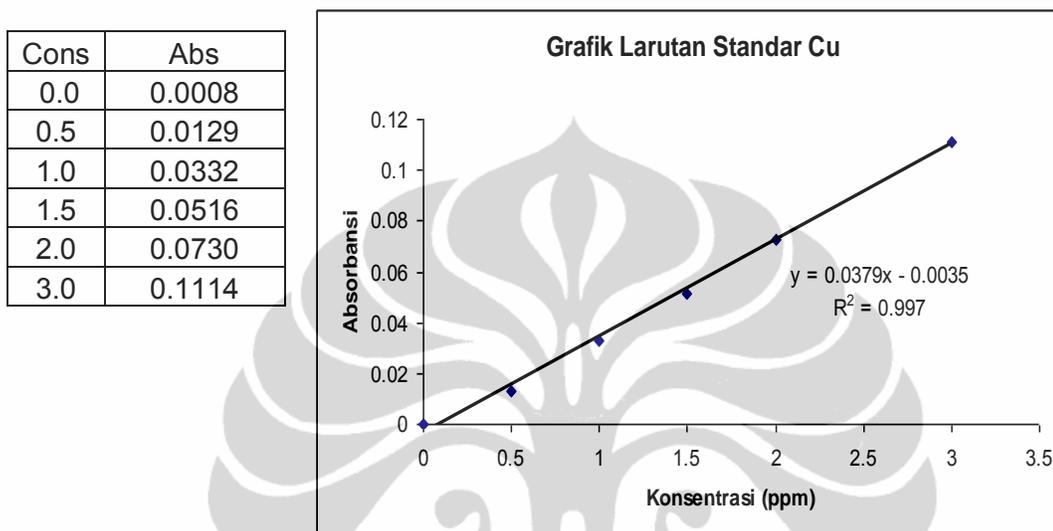
Fraksi	Logam Zn dalam Sampel CD.3							
	Blanko		Percobaan 1		Percobaan2		Percobaan 3	
	Abs	Coms	Abs	Cons	Abs	Cons	Abs	Cons
F.1	0,029	0,269	0,258	1,330	0,199	1,160	0,749	4,546
F.2	0,059	0,406	0,516	2,528	0,787	4,250	0,699	4,248
F.3	0,162	0,884	0,425	2,104	0,804	4,857	0,804	4,857
F.4	0,150	0,830	0,732	3,530	0,732	3,530	0,449	2,151
F.5	0,002	0,142	0,868	4,159	1,243	6,650	0,987	6,646

Konsentrasi Logam Zn dalam CD.3

Fr	Konsentrasi Alat			V.D	F.P	M.S	Konsentrasi Logam		
	P.1	P.2	P.2				P.1	P.2	P.2
F.1	1,330	1,160	4,546	5	1	1,0002	6,646	5,79	22,724
F.2	2,528	4,250	4,248	10	1	1,0002	25,27	42,51	42,48
F.3	2,104	4,857	4,857	10	1	1,0002	21,03	48,56	48,56
F.4	3,530	3,530	2,151	10	1	1,0002	35,30	35,30	21,51
F.5	4,159	6,650	6,646	13	1	1,0002	54,06	66,47	63,13

Lampiran 6 : Data Pengukuran AAS Logam Cu dalam CD.1

Larutan Standar Logam Cu



Data Absorbansi dan konsentrasi alat Sampel CD.3 Logam Zn

Fraksi	Logam Zn dalam Sampel CD.3							
	Blanko		Percobaan 1		Percobaan 2		Percobaan 3	
	Abs	Cons	Abs	Cons	Abs	Cons	Abs	Cons
F.1	0,029	0,269	0,093	0,915	0,085	2,848	0,871	1,326
F.2	0,059	0,406	0,003	0,376	0,010	0,195	0,112	0,436
F.3	0,162	0,884	0,007	0,630	0,007	0,414	0,099	0,354
F.4	0,150	0,830	0,109	3,959	0,118	1,980	0,980	3,312
F.5	0,002	0,142	0,193	3,682	0,117	4,203	0,397	3,182

Konsentrasi Logam Zn dalam CD.3

Fr	Konsentrasi Alat			V.D	F.P	M.S	Konsentrasi Logam		
	P.1	P.2	P.3				P.1	P.2	P.3
F.1	0,915	2,846	1,326	5	1	1,0002	4,572	10,006	6,646
F.2	0,376	0,195	0,436	10	1	1,0002	3,755	26,770	25,27
F.3	0,630	0,414	0,354	10	1	1,0002	6,302	20,710	21,03
F.4	3,959	1,993	3,212	10	1	1,0002	36,82	34,708	35,29
F.5	3,682	4,203	3,1825	13	1	1,0002	51,46	58,833	54,06

Lampiran 7 : Data Pengukuran 10AAS Larutan Sampel CD.2 Logam Cu.

Fraksi	Logam Cu dalam Sampel CD.2							
	Blanko		Percobaan 1		Percobaan2		Percobaan 3	
	Abs	Cons	Abs	Cons	Abs	Cons	Abs	Cons
F.1	0,029	0,269	0,667	1,611	0,447	1,414	0,871	1,898
F.2	0,059	0,406	0,736	0,339	0,788	0,247	1,112	0,528
F.3	0,162	0,884	0,520	0,528	0,075	0,470	1,099	0,482
F.4	0,150	0,830	0,995	2,662	1,265	3,437	0,397	3,332
F.5	0,002	0,142	0,647	3,194	0,037	4,416	0,980	4,628

Konsentrasi Logam Cu dalam CD.2

Fr	Konsentrasi Alat			V.D	F.P	M.S	Konsentrasi Logam		
	P.1	P.2	P.3				P.1	P.2	P.3
F.1	1,611	1,414	1,898	5	1	1.0002	8,055	7,068	9,489
F.2	0,339	0,247	0,528	10	1	1.0002	3,391	2,469	5,279
F.3	0,528	0,470	0,482	10	1	1.0002	5,279	4,702	4,820
F.4	2,662	3,437	3,332	10	1	1.0002	26,62	34,37	33,32
F.5	3,194	4,416	4,628	13	1	1.0002	41,522	57,408	60,164

Lampiran 8 : Data Pengukuran AAS logam Cu dalam CD.3

Data Absorbansi dan konsentrasi alat Sampel CD.3 Logam Cu

Fraksi	Logam Cu dalam Sampel CD.3							
	Blanko		Percobaan 1		Percobaan 2		Percobaan 3	
	Abs	Cons	Abs	Cons	Abs	Cons	Abs	Cons
F.1	0,029	0,269	0,0735	2,031	0,199	1,255	0,174	1,497
F.2	0,059	0,406	0,0111	0,377	0,078	0,338	0,021	0,405
F.3	0,162	0,884	0,0192	0,592	0,080	0,459	0,028	0,492
F.4	0,150	0,830	0,1083	2,956	0,173	1,206	0,449	2,811
F.5	0,002	0,142	0,1110	3,027	0,243	3,894	0,987	4,490

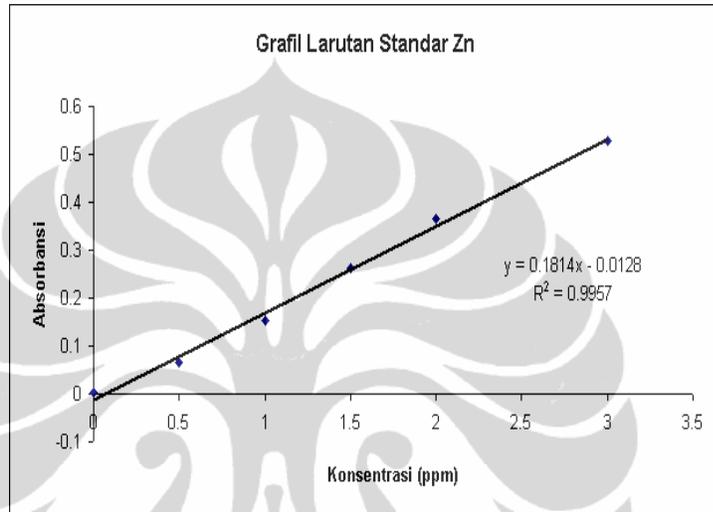
Konsentrasi Logam Cu dalam CD.3

Fr	Konsentrasi Alat			V.D	F.P	M.S	Konsentrasi Logam		
	P.1	P.2	P.3				P.1	P.2	P.3
F.1	2,031	1,255	1,497	5	1	1,0002	10,151	6,274	7,483
F.2	0,377	0,338	0,405	10	1	1,0002	3,772	3,376	4,053
F.3	0,592	0,459	0,492	10	1	1,0002	5,921	4,597	4,922
F.4	2,956	1,206	2,811	13	1	1,0002	30,266	15,679	36,53
F.5	3,027	3,894	4,490	10	1	1,0002	38,423	38,935	44,89

Lampiran 9 : Percoban DGT Variasi 1 Hari Analisis Logam Zn

Data AAS Larutan Standar Zn

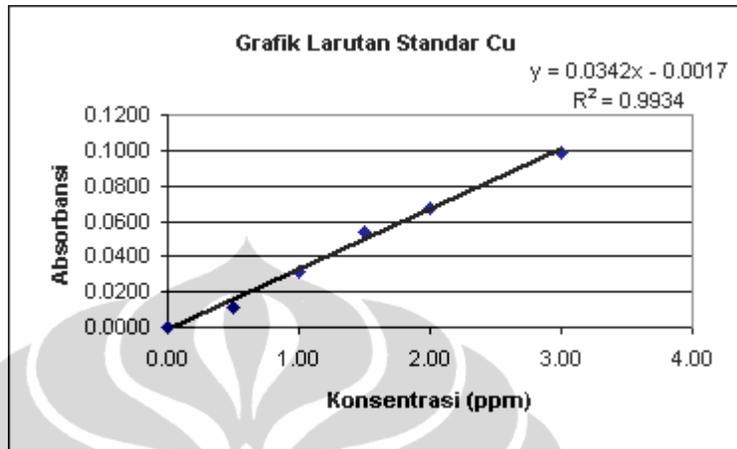
0	0.0019
0.5	0.0644
1	0.1541
1.5	0.2622
2	0.3641
3	0.5277



Lampiran

**Data Pengukuran
AAS Larutan
Standar Cu**

Cons	Abs
0.00	0.0001
0.50	0.0112
1.00	0.0316
1.50	0.0541
2.00	0.0675
3.00	0.0990



Data AAS dan Hasil Uji Logam Cu Dengan DGT Disk

Sampel	Abs	Cons Alat	Ce(ppm)	Massa(µg)	Cons DGT(ppm)
CD.1 0	0.0003	0.0585	0.2924	0.7895	4.0093
CD.1 100	0.0016	0.0965	0.4825	1.3026	6.6154
CD.1 300	0.0004	0.0614	0.3070	0.8289	4.2098
CD.1 500	0.0001	0.0526	0.2632	0.7105	3.6084
CD.2 0	0.0005	0.0643	0.3216	0.8684	4.4103
CD.2 100	0.0005	0.0643	0.3216	0.8684	4.4103
CD.2 300	0.0000	0.0497	0.2485	0.6711	3.4079
CD.2 500	0.0001	0.0526	0.2632	0.7105	3.6084
CD.3 0	0.0001	0.0526	0.2632	0.7105	3.6084
CD.3 100	0.0008	0.0731	0.3655	0.9868	5.0117
CD.3 300	0.0008	0.0731	0.3655	0.9868	5.0117
CD.3 500	0.0008	0.0731	0.3655	0.9868	5.0117

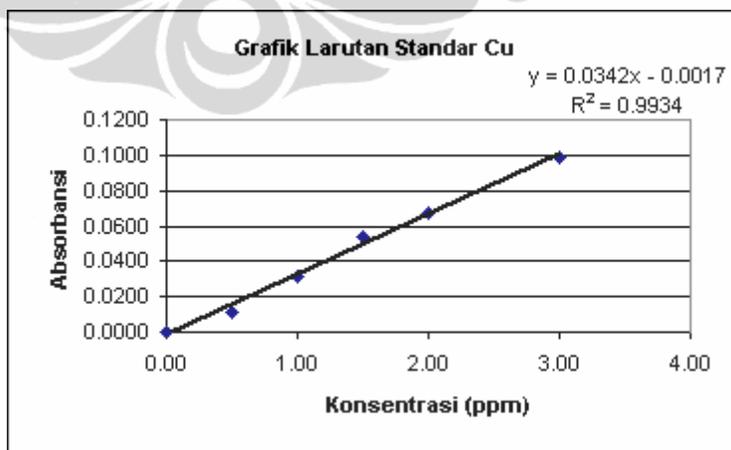
Data AAS dan Hasil Uji Logam Zn Dengan DGT Disk

Sampel	Abs	Cons Alat(ppm)	Ce(ppm)	Massa(μg)	Cons DGT(ppm)
CD.1 0	0.0179	0.1692	0.8462	0.0023	1.725
CD.1 100	0.0078	0.1136	0.5678	0.0015	1.570
CD.1 300	0.0056	0.1014	0.5072	0.0014	1.537
CD.1 500	0.0070	0.1092	0.5458	0.0015	1.558
CD.2 0	0.0090	0.1202	0.6009	0.0016	1.589
CD.2 100	0.0074	0.1114	0.5568	0.0015	1.564
CD.2 300	0.0064	0.1058	0.5292	0.0014	1.549
CD.2 500	0.0040	0.0926	0.4631	0.0013	1.512
CD.3 0	0.0152	0.1544	0.7718	0.0021	1.683
CD.3 100	0.0035	0.0899	0.4493	0.0012	1.505
CD.3 300	0.0038	0.0915	0.4576	0.0012	1.509
CD.3 500	0.0046	0.0959	0.4796	0.0013	1.522

Lampiran 10 : Data Percobaan DGT Variasi 1 hari Analisis Logam Cu

**Data Pengukuran
AAS Larutan
Standar Cu**

Cons	Abs
0.00	0.0001
0.50	0.0112
1.00	0.0316
1.50	0.0541
2.00	0.0675
3.00	0.0990



Data AAS dan Hasil Uji Logam Cu Dengan DGT Disk

Sampel	Abs	Cons Alat	Ce(ppm)	Massa(μ g)	Cons DGT(ppm)
CD.1 0	0.0003	0.0585	0.2924	0.7895	4.0093
CD.1 100	0.0016	0.0965	0.4825	1.3026	6.6154
CD.1 300	0.0004	0.0614	0.3070	0.8289	4.2098
CD.1 500	0.0001	0.0526	0.2632	0.7105	3.6084
CD.2 0	0.0005	0.0643	0.3216	0.8684	4.4103
CD.2 100	0.0005	0.0643	0.3216	0.8684	4.4103
CD.2 300	0.0000	0.0497	0.2485	0.6711	3.4079
CD.2 500	0.0001	0.0526	0.2632	0.7105	3.6084
CD.3 0	0.0001	0.0526	0.2632	0.7105	3.6084
CD.3 100	0.0008	0.0731	0.3655	0.9868	5.0117
CD.3 300	0.0008	0.0731	0.3655	0.9868	5.0117
CD.3 500	0.0008	0.0731	0.3655	0.9868	5.0117

Lampiran 11 : Contoh Perhitungan Ce, M, dan CDGT

Data Absorbansi (Y) = 0,0003

Konsentrasi alat (X) dihitung dengan persamaan :

$$\begin{aligned} Y &= 0,0342X - 0,0017 \\ X &= (0,0003 + 0,0017) / 0,0342 \\ &= 0,0585 \text{ ppm} \end{aligned}$$

Konsentrasi alat = 0,0585 ppm

Menghitung Ce :

$$\begin{aligned} Ce &= 5 \times \text{Konsentrasi alat} \\ &= 5 \times 0,0585 \text{ ppm} \\ &= 0,2925 \text{ ppm} \end{aligned}$$

Massa logam dalam sampel dihitung dengan persamaan :

$$\begin{aligned} M &= Ce (V \text{ HNO}_3 + V \text{ gel}) / fe \\ &= 0,2925 \mu\text{g}/\text{dm}^3 (2 \text{ ml} + 0,16 \text{ ml}) / 0,8 \\ &= 0,7895 \mu\text{g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{\text{DGT}} &= M \cdot \Delta g / (D \cdot t \cdot A) \\ &= 0,7895 \mu\text{g} \cdot 0,93 \text{ mm} / 6,92 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{det} \times 86400 \text{ det} \times 3,14 \text{ cm}^2 \\ &= 0,7895 \mu\text{g} \cdot 0,93 \text{ mm} \times 1 \text{ cm}/10 \text{ mm} / 1,831 \text{ cm}^4 \\ &= 0,734 \cdot 10^{-5} \mu\text{g} \cdot \text{cm} / 1,831 \text{ cm}^4 \\ &= 4,0093 \mu\text{g} / \text{cm}^3 \\ &= 4,0093 \text{ ppm} \end{aligned}$$

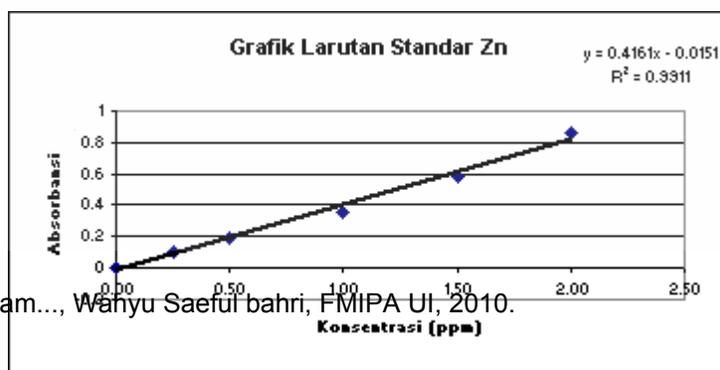


Lampiran 12 : Data Percobaan DGT Variasi 4 hari dalam Kondidi Oxid

PERCOBAAN DGT VARIASI KONSENTRASI DALAM WAKTU 82 JAM

Data AAS Larutan Standar Zn

kons	Abs
------	-----



Spesiasi logam..., Wahyu Saeful bahri, FMIPA UI, 2010.

0.00	0.0018
0.25	0.0998
0.50	0.1969
1.00	0.3536
1.50	0.5866
2.00	0.8553

Data AAS dan Hasil Uji Logam Zn Dengan DGT Disk

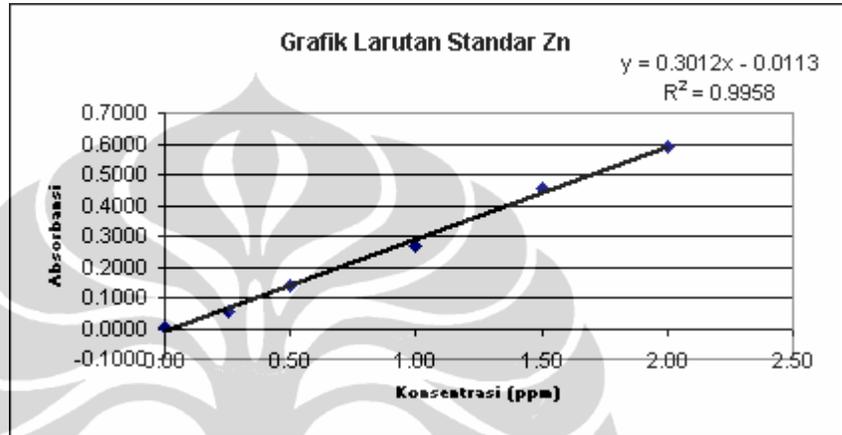
Sampel	Abs	Cons Alat(ppm)	Ce(ppm)	Massa(µg)	Cons DGT(ppm)
CD.1 0	0.0108	0.0622	0.3112	0.8403	1.2490
CD.1 100	0.0102	0.0608	0.3040	0.8208	1.2201
CD.1 300	0.0116	0.0642	0.3208	0.8663	1.2876
CD.1 500	0.0064	0.0517	0.2584	0.6975	1.0368
CD.2 0	0.0102	0.0608	0.3040	0.8208	1.2201
CD.2 100	0.0083	0.0562	0.2812	0.7592	1.1285
CD.2 300	0.0096	0.0594	0.2968	0.8014	1.1911
CD.2 500	0.0086	0.0570	0.2848	0.7689	1.1429
CD.3 0	0.0080	0.0555	0.2776	0.7495	1.1140
CD.3 100	0.0115	0.0639	0.3196	0.8630	1.2828
CD.3 300	0.0095	0.0591	0.2956	0.7981	1.1863
CD.3 500	0.0090	0.0579	0.2896	0.7819	1.1622

Lampiran 13 :

PERCOBAAN DGT VARIASI BABEL NITROGEN DALAM WAKTU 72 JAM

Larutan Standar Zn

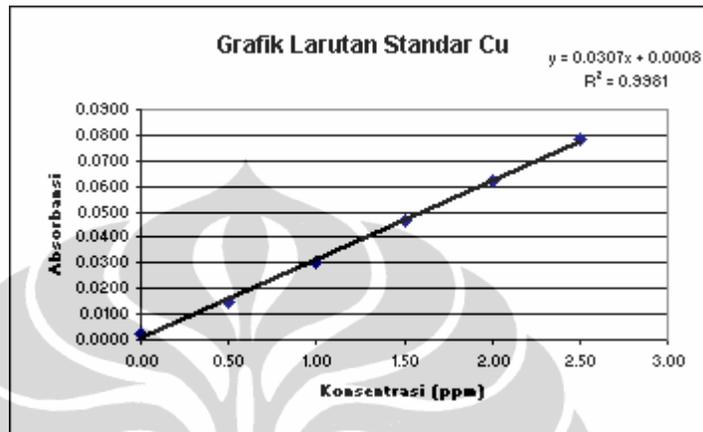
Kons	Abs
0.00	0.0032
0.25	0.0535
0.50	0.1410
1.00	0.2676
1.50	0.4580
2.00	0.5898



Sampel	Abs	Cons Alat(ppm)	Ce(ppm)	Massa(ug)	Cons DGT(ppm)
AL 0	0.0028	0.0468			
AL 500	0.0119	0.0770			
AL 5000	1.1925	3.9967			
AL 10000	1.3257	4.4389			
S 0	0.0071	0.0611	0.3054	0.8247	1.3961
S 500	0.0081	0.0644	0.3220	0.8695	1.4720
S 5000	0.0095	0.0691	0.3453	0.9323	1.5782
S 10000	0.0713	0.2742	1.3712	3.7022	6.2672

Larutan Standar Cu

Kons	Abs
0.00	0.0027
0.50	0.0149
1.00	0.0303
1.50	0.0463
2.00	0.0624
2.50	0.0785

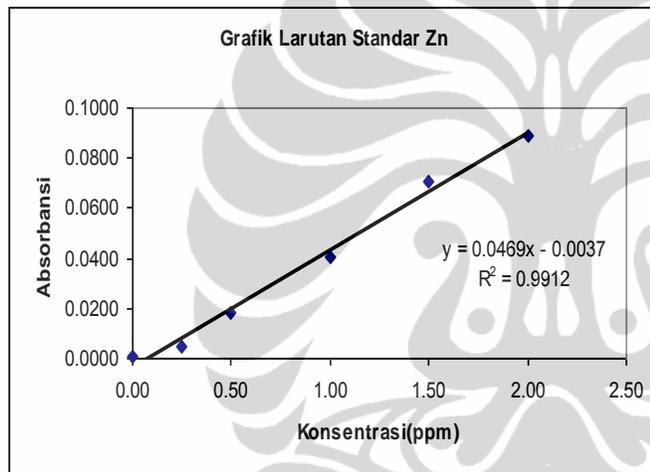


Sampel	Abs	Cons Alat(ppm)	Ce(ppm)	Massa(ug)	Cons DGT(ppm)
AL 0	0.0052	0.1433			
AL 500	0.0050	0.1368			
AL 5000	0.0076	0.2215			
AL 10000	0.0206	0.6450			
S 0	0.0037	0.0945	0.4723	1.2752	2.1588
S 500	0.0046	0.1238	0.6189	1.6710	2.8287
S 5000	0.0047	0.1270	0.6352	1.7150	2.9032
S 10000	0.0136	0.4169	2.0847	5.6287	9.5284

Lampiran :

Logam Zn (Standar)

Cons	Abs
0.00	0.0007
0.25	0.0048
0.50	0.0180
1.00	0.0403
1.50	0.0706
2.00	0.0892



Data Pengukuran AAS Logam Zn dalam air laut

Cons	Abs	kons. Alat
0	0.0020	0.1215
10000	0.1092	2.4072
15000	0.1979	4.2985

Data Pengukuran AAS Logam Zn dengan Disk Gel Inkubasi N2

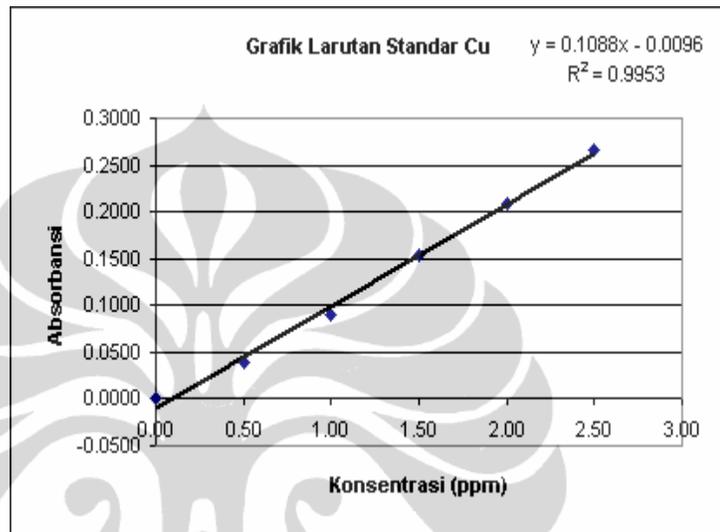
Cons (ppm)	Waktu					
	1 hari		3 hari		5 hari	
	absorban	cons. Alat	absorban	cons. Alat	absorban	cons. Alat
0	0.0378	0.8849	0.0574	1.3028	0.1457	3.1855
10000	0.9430	20.1855	1.0080	21.5714	0.9240	19.7804

15000	1.1737	25.1045	1.1635	24.8870	1.1322	24.2196
-------	--------	---------	--------	---------	--------	---------

Lampiran :

Logam Cu(Standar)

Cons	Abs
0.00	0.0005
0.50	0.0386
1.00	0.0899
1.50	0.1545
2.00	0.2095
2.50	0.2660



Data pengukuran absorbansi dan Konsentrasi sampel

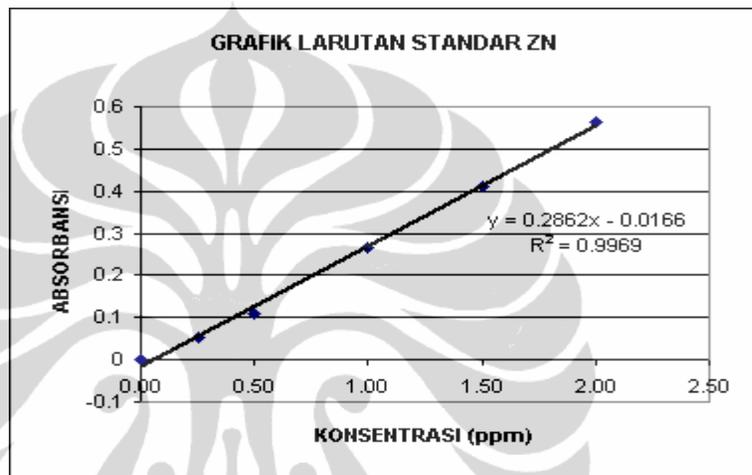
Cons (ppm)	Waktu					
	1 hari		3 hari		5 hari	
	absorban	cons. Alat	absorban	cons. Alat	absorban	cons. Alat
0	0.0036	0.1557	0.0064	0.2154	0.0079	0.2473
10000	0.0052	0.1898	0.0121	0.3369	0.0128	0.3518
15000	0.0108	0.3092	0.0179	0.4606	0.0176	0.4542

Lampiran :

PERCOBAAN MENGGUNAKAN DGT PROBE DAN DGT DISK
PERLAKUAN DENGAN BABEL N2 DALAM WAKTU 5 HARI

Data Pengukuran AAS Larutan Standar Zn

KONS	ABS
0.00	0.0009
0.25	0.0546
0.50	0.1077
1.00	0.2646
1.50	0.4107
2.00	0.5647



Data Pengukuran AAS dan Data Perhitungan Kadar Logam Zn

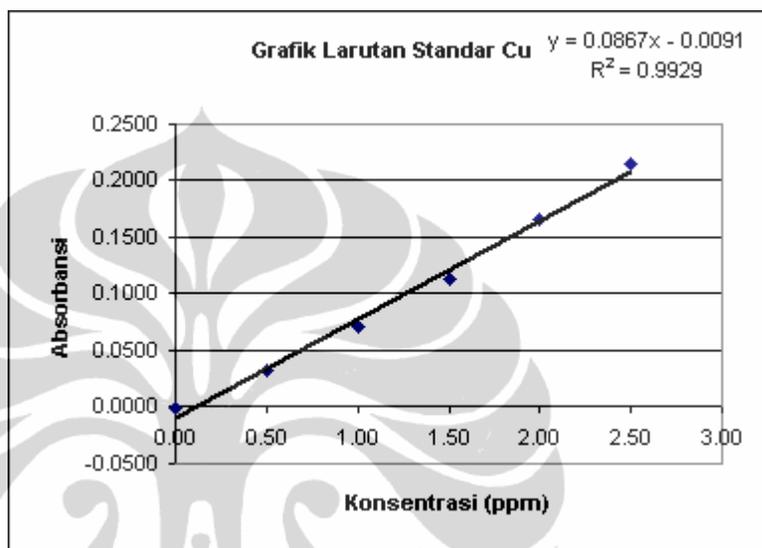
Sampel	Abs	Kons.Alat	Ce	Massa	Kons. DGT
BLANKO	0.057	0.257	2.572	7.008	3.563
DISK	1.135	4.023	40.234	109.638	55.740
P.1 cm	1.070	3.795	37.949	103.411	52.574
P.2 cm	1.089	3.863	38.630	105.268	53.518
P.3 cm	1.100	3.902	39.018	106.325	54.055
P.4 cm	1.168	4.138	41.377	112.751	57.322
P.5 cm	1.199	4.247	42.467	115.722	58.833
P.6 cm	1.193	4.227	42.275	115.198	58.566
P.7 cm	1.192	4.223	42.233	115.084	58.508
P.8 cm	1.201	4.254	42.544	115.932	58.939
P.9 cm	1.198	4.244	42.439	115.646	58.794
P.10 cm	1.176	4.166	41.656	113.513	57.710
P.11 cm	1.188	4.210	42.100	114.722	58.324
P.12 cm	1.198	4.245	42.446	115.665	58.804
P.13 cm	1.186	4.202	42.020	114.503	58.213

P.14 cm	1.198	4.244	42.439	115.646	58.794
P.15 cm	1.145	4.060	40.601	110.638	56.248

Lampiran :

Data Pengukuran AAS Larutan Standar Cu

KONS	ABS
0.00	-0.0004
0.50	0.0320
1.00	0.0712
1.50	0.1130
2.00	0.1657
2.50	0.2146



Data Pengukuran AAS dan Data Perhitungan Kadar Logam Cu

Sampel	Abs	Kons.Alat	Ce	Massa	Kons. DGT
BLANKO	0.0080	0.197	1.972	5.375	2.732
DISK	0.0475	0.653	6.528	17.790	9.044
P.1 cm	0.0579	0.773	7.728	21.058	10.706
P.2 cm	0.0961	1.213	12.134	33.065	16.810
P.3 cm	0.1810	2.193	21.926	59.749	30.376
P.4 cm	0.0070	0.186	1.857	5.060	2.573
P.5 cm	0.0028	0.137	1.373	3.740	1.902
P.6 cm	0.0062	0.176	1.765	4.809	2.445
P.7 cm	0.0061	0.175	1.753	4.777	2.429
P.8 cm	0.0074	0.190	1.903	5.186	2.637
P.9 cm	0.0074	0.190	1.903	5.186	2.637
P.10 cm	0.0063	0.178	1.776	4.840	2.461
P.11 cm	0.0076	0.193	1.926	5.249	2.668
P.12 cm	0.0056	0.170	1.696	4.620	2.349
P.13 cm	0.0071	0.187	1.869	5.092	2.589

P.14 cm	0.0071	0.187	1.869	5.092	2.589
P.15 cm	0.0073	0.189	1.892	5.155	2.621

