

933/FT.01/SKRIP/07/2010



UNIVERSITAS INDONESIA

**DESAIN *IN SITU CAPPING* DALAM PENANGANAN
LIMBAH SEDIMEN TERKONTAMINASI LOGAM BERAT,
STUDI KASUS: TELUK JAKARTA**

SKRIPSI

ISTIFARA.R

0606072370

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

DEPOK

JULI 2010



UNIVERSITAS INDONESIA

**DESAIN *IN SITU CAPPING* DALAM PENANGANAN
LIMBAH SEDIMEN TERKONTAMINASI LOGAM BERAT,
STUDI KASUS: TELUK JAKARTA**

SKRIPSI

ISTIFARA.R

0606072370


**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
KEKHUSUSAN MANAJEMEN SUMBER DAYA AIR
DEPOK
JULI 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Istifara.R

NPM : 0606072370

Tanda Tangan : 

Tanggal : 6 Juli 2010


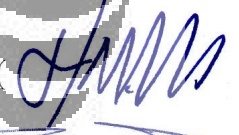


HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Istifara.R
NPM : 0606072370
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Desain *In Situ Capping* dalam Penanganan Limbah Sedimen Terkontaminasi Logam Berat, studi kasus: Teluk Jakarta

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Herr Soeryantono, M.Sc, Ph.D ()
Pembimbing : Dr.Ir. Djoko M.Hartono, SE, M.Eng ()
Penguji : Ir. El Khobar M, M.Eng ()
Penguji : Ir.Siti Murniningsih, Msi ()

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 6 Juli 2010

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk dapat menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Bpk. Herr selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (2) Bpk. Djoko selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (3) Ayah, Bunda, Sirli dan Uwi yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral;
- (4) Para sahabat, dan kekasih saya yang telah banyak membantu dan mendukung saya dalam menyelesaikan skripsi ini;
- (5) Teman-teman di Lab Sungai & Hidraulika, Afiliasi MIPA, Mektan dan Struktur & Bahan yang telah banyak membantu dan mendukung saya dalam menyelesaikan skripsi ini

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Depok, 6 Juli 2010



Penulis

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

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

Nama : Istifara.R
NPM : 0606072370
Program Studi : Sipil
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

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 :

Desain *In Situ Capping* dalam Penanganan Limbah Sedimen Terkontaminasi Logam Berat, studi kasus: Teluk Jakarta

berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan 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 : 6 Juli 2010

Yang menyatakan



(Istifara.R)

ABSTRAK

Nama : Istifara.R
Program Studi : Teknik Sipil
Judul : Desain In Situ Capping dalam Penanganan Limbah Sedimen Terkontaminasi Logam Berat, studi kasus: Teluk Jakarta

Perairan Teluk Jakarta merupakan salah satu perairan di Indonesia yang padat dengan berbagai jenis kegiatan manusia. Disamping itu Perairan Teluk Jakarta juga merupakan badan air terakhir yang menampung limbah dari industri-industri dan pembuangan sampah yang ada di Jakarta dan sekitarnya yang membuang limbahnya secara langsung maupun tidak langsung yaitu melalui 13 sungai yang bermuara ke Teluk Jakarta. *In-Situ Capping* (ISC) adalah salah satu metode remediasi yang dapat digunakan untuk menangani sedimen terkontaminasi pada badan air dengan menutup (*capping*) limbah sedimen terkontaminasi yang terdeposit di tempat tersebut (in-situ) dengan sebuah lapisan penghalang. Dalam penelitian ini didapatkan desain cap sebesar 35-45 cm mampu menjadi penghalang bagi logam berat terhadap badan air dengan presentase pengurangan sebesar 37,28-95,98%. Dimana kondisi diatas diukur dari uji konsolidasi dengan metode analisis yang digunakan ialah analisis *Atomic Adsorption Spectroscopy*.

Kata Kunci:

In Situ Capping; Logam Berat, AAS, Teluk Jakarta, Sedimen.

ABSTRACT

Nama : Istifara.R
Program Studi : Teknik Sipil
Judul : An In Situ Capping Design for Remediation of The
contaminated Sediment, case study : Jakarta Bay

Jakarta Bay is one of the most crowded bay in Indonesia, it's fully loaded by variation of human activity. Beside that the bay is also collects the industrial and domestic waste from the 13 rivers . In-situ capping (ISC) is a remediation method for the contaminated sediments by capped the contamination sediments deposit there (in-situ). In this study, the design of the adequate thickness of cap is 35-45 cm with 37.28-95,98% reducing the initial concentration of the heavy metals. Such condition tested by the consolidation test and the analysis method to quantify the amount of the heavy metals trapped in the cap measured by the *Atomic Adsorption Spectroscopy* (AAS) analysis .

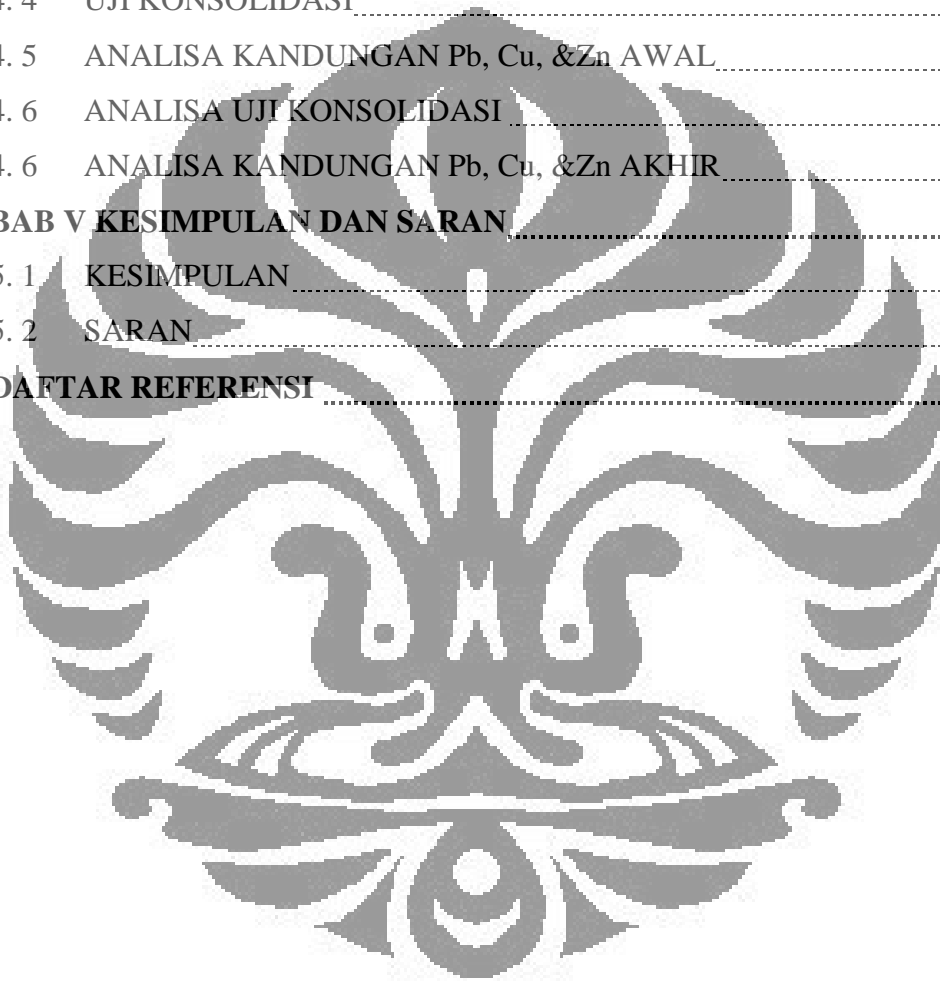
Keywords:

In Situ Capping ; Remediation, Heavy Metals, AAS, Jakarta Bay, Sediments.

DAFTAR ISI

| | |
|---|------------|
| HALAMAN SAMPUL | i |
| HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS | ii |
| HALAMAN PENGESAHAN | iii |
| KATA PENGANTAR | iv |
| HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI | v |
| ABSTRAK | vi |
| ABSTRACT | vii |
| DAFTAR ISI | ix |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| DAFTAR TABEL | xii |
| DAFTAR GRAFIK | xii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xiv |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 LATAR BELAKANG PERMASALAHAN | 4 |
| 1.2 TUJUAN PENELITIAN | 4 |
| 1.3 BATASAN PENELITIAN | 4 |
| 1.4 METODOLOGI PENELITIAN | 5 |
| 1.5 SISTEMATIKA PENULISAN | 6 |
| 1.6 MANFAAT PENELITIAN | 6 |
| BAB II <i>IN SITU CAPPING</i> | 7 |
| 2.1 LIMBAH SEDIMEN TERKONTAMINASI | 8 |
| 2.2 MACAM TEKNIK PERBAIKAN | 9 |
| 2.3 PENGERTIAN <i>IN SITU CAPPING</i> | 12 |
| 2.4 PENCEMARAN LOGAM BERAT | 15 |
| 2.5 PARAMETER DESAIN ISC | 20 |
| BAB III RANCANGAN PERCOBAAN DESAIN KETEBALAN ISC | 21 |
| 3.1 PENGAMBILAN SAMPEL | 23 |
| 3.2 TES KOLOM | 24 |
| 3.3 FABRIKASI KOLOM | 25 |
| 3.4 PROSEDUR TES KOLOM | 25 |
| 3.4.1 Tes Konsolidasi | 26 |

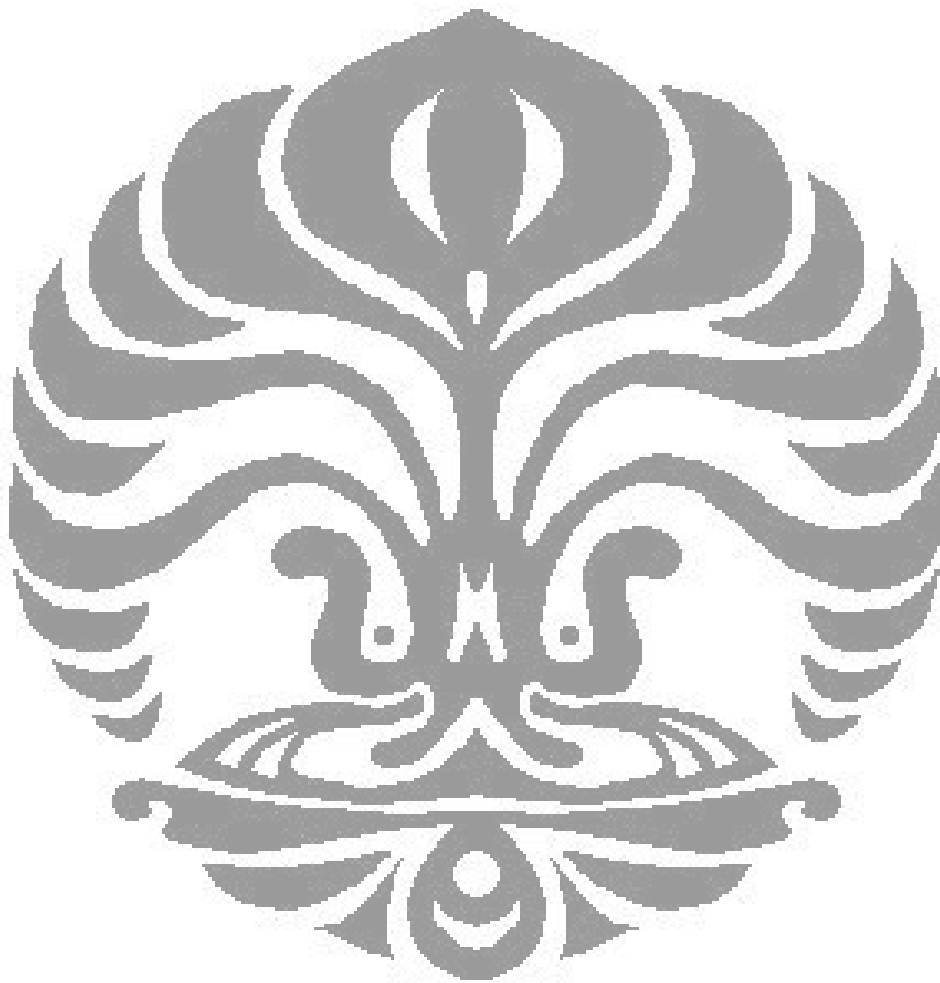
| | |
|---|-----------|
| 3. 4. 2 <i>Coring</i> Kolom..... | 27 |
| 3. 4. 3 Analisa Kandungan Logam Berat..... | 27 |
| 3. 5 JADWAL PENELITIAN | 28 |
| BAB IV PELAKSANAAN DAN ANALISA UJI LABORATORIUM..... | 29 |
| 4. 1 PENGAMBILAN SAMPEL..... | 33 |
| 4. 2 MENGUKUR KANDUNGAN Pb, Zn, &Cu DALAM SEDIMEN..... | 37 |
| 4. 3 MENGUKUR KANDUNGAN Pb, Zn, &Cu DALAM AIR LAUT..... | 40 |
| 4. 4 UJI KONSOLIDASI..... | 47 |
| 4. 5 ANALISA KANDUNGAN Pb, Cu, &Zn AWAL..... | 52 |
| 4. 6 ANALISA UJI KONSOLIDASI..... | 54 |
| 4. 6 ANALISA KANDUNGAN Pb, Cu, &Zn AKHIR..... | 59 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..... | 60 |
| 5. 1 KESIMPULAN..... | 60 |
| 5. 2 SARAN..... | 61 |
| DAFTAR REFERENSI..... | 65 |



DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 1.1 Proses Sedimentasi..... | 2 |
| Gambar 1.2 <i>In-Situ Capping</i> (ISC) dan Limbah Sedimen Terkontaminasi..... | 3 |
| Gambar 2.1 Penggalian Lapisan Sedimen Terkontaminasi oleh Cacing..... | 8 |
| Gambar 2.2 Desain Lapisan ISC..... | 10 |
| Gambar 2.3 Ikatan Antara Partikel <i>Cap</i> & Kontaminan..... | 11 |
| Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian..... | 21 |
| Gambar 3.2 Lokasi Pengambilan Sampel..... | 23 |
| Gambar 3.3 Ukuran dan Bentuk 3D Tabung..... | 25 |
| Gambar 3.4 Komponen Instrumen AAS..... | 27 |
| Gambar 3.5 Jadwal Penelitian..... | 27 |
| Gambar 4.1 Peralatan Sampel..... | 30 |
| Gambar 4.2 Pola Sebaran Massa Air Sungai di Muara..... | 32 |
| Gambar 4.3 Pengeringan Sedimen..... | 34 |
| Gambar 4.4 Penimbangan Sampel..... | 34 |
| Gambar 4.5 Menghilangkan Kandungan Organik pada Sampel..... | 35 |
| Gambar 4.6 Mentera Sampel Sedimen..... | 35 |
| Gambar 4.7 Larutan Standar Pb dan Demineralisasi..... | 36 |
| Gambar 4.8 Lampu dan proses pembakaran AAS..... | 37 |
| Gambar 4.9 Penyaringan Sampel Air Laut..... | 38 |
| Gambar 4.10 Pengukuran Nilai Ph..... | 38 |
| Gambar 4.11 Larutan APDC dan MIBK..... | 39 |
| Gambar 4.12 Fase Air & Organik pada Air Laut di titik 1,2,3..... | 39 |
| Gambar 4.13 Fase Air & Organik pada Air Laut Awal..... | 39 |
| Gambar 4.14 Pengecekan Tabung..... | 41 |
| Gambar 4.15 Pasir Uji..... | 41 |
| Gambar 4.16 Pembuatan Larutan NaOH..... | 41 |
| Gambar 4.17 Uji Warna Organik..... | 42 |
| Gambar 4.18 Uji Saringan Agregat Halus..... | 42 |

| | |
|---|----|
| Gambar 4.19 Bagian Bawah Tabung | 44 |
| Gambar 4.20 Penuangan Pasir & Air Laut kedalam Tabung..... | 45 |
| Gambar 4.21 Pengukuran Konsolidasi Cap | 45 |
| Gambar 4.22 Pengambilan Sampel Air Laut Kandungan Akhir | 46 |
| Gambar 4.23 Pengambilan Sampel Pasir Kandungan Akhir | 47 |

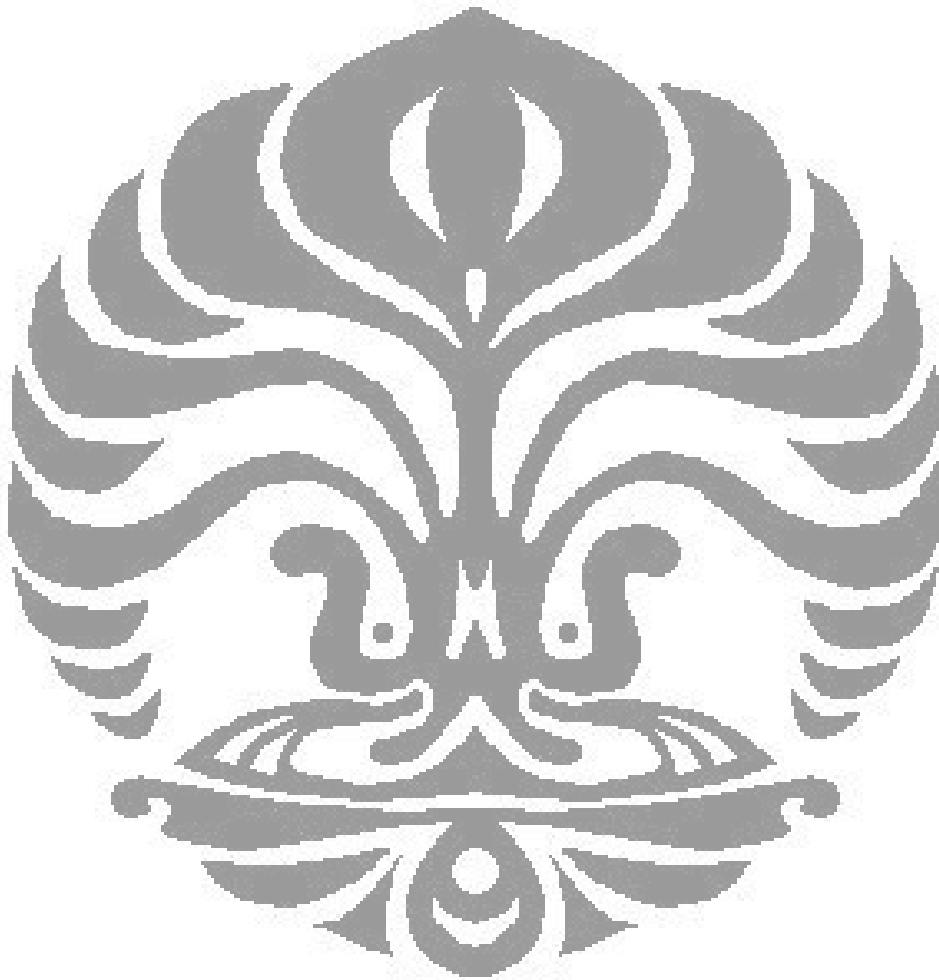


DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2.1 Baku Mutu Air Laut Untuk Pelabuhan | 14 |
| Tabel 2.2 Baku Mutu Air Laut Untuk Wisata Bahari | 15 |
| Tabel 4.1 Gradasi Butiran Pasir | 43 |
| Tabel 4.2 Rangkuman Pencatatan Ketinggian Cap..... | 46 |
| Tabel 4.3 Kandungan Logam Awal pada Pasir & Sedimen | 49 |
| Tabel 4.4 Kadar logam berat dalam sedimen di Teluk Jakarta 2003 | 50 |
| Tabel 4.5 <i>Lagoon Total Consolidation Percentage</i> | 54 |
| Tabel 4.6 Kandungan Logam pada Sampel Sedimen & Pasir (cap) | 55 |
| Tabel 4.7 Kandungan Logam Pb Akhir pada Cap | 55 |
| Tabel 4.8 Kandungan Logam Zn Akhir pada Cap | 56 |
| Tabel 4.9 Kandungan Logam Cu Akhir pada Cap | 57 |
| Tabel 4.10 Kandungan Logam Awal pada Air laut | 58 |
| Tabel 4.11 Kandungan Pb pada Air laut Akhir | 58 |
| Tabel 4.12 Kandungan Zn pada Air laut Akhir | 58 |
| Tabel 4.13 Kandungan Cu pada Air laut Akhir | 59 |

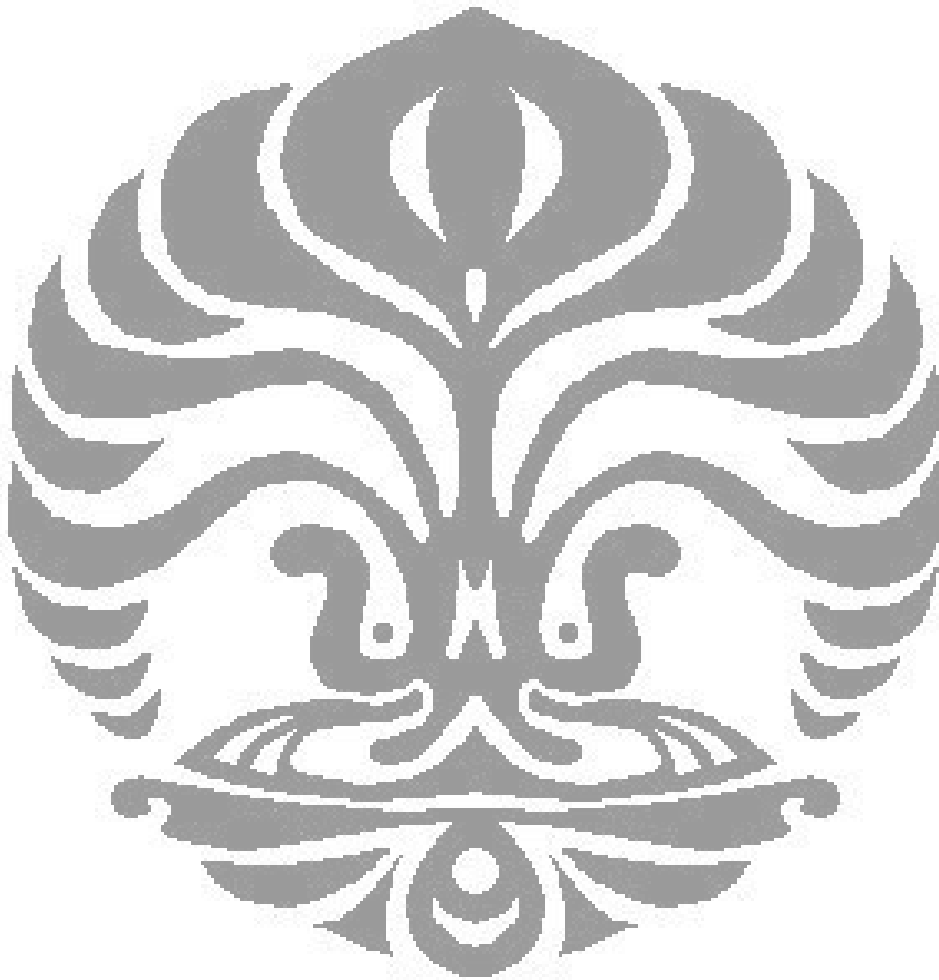
DAFTAR GRAFIK

| | |
|---------------------------------------|----|
| Grafik 4.1 Kurva Gradasi Standar..... | 44 |
| Grafik 4.2 Kurva Konsolidasi | 53 |
| Grafik 4.3 Kandungan Pb | 55 |
| Grafik 4.4 Kandungan Zn | 56 |
| Grafik 4.5 Kandungan Cu | 57 |



DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|---|----|
| Lampiran 1. Spesifikasi Kolom | 67 |
| Lampiran 2. Pencatatan Konsolidasi..... | 68 |
| Lampiran 3. Hasil Analisa AAS | 84 |
| Lampiran 3. Hasil <i>Sieve Analysis</i> | 85 |



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG MASALAH

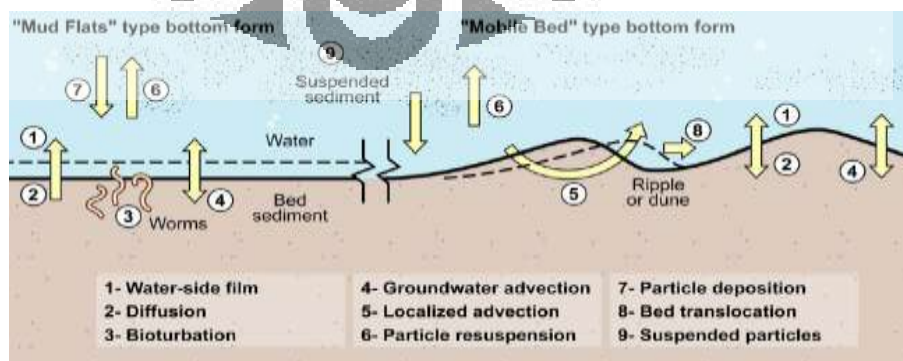
Perairan Teluk Jakarta merupakan salah satu perairan di Indonesia yang padat dengan berbagai jenis kegiatan manusia. Di perairan tersebut terdapat taman rekreasi (Ancol), beberapa industri, pabrik, tempat penangkapan ikan oleh nelayan Jakarta dan empat buah pelabuhan besar yaitu Pelabuhan Tanjung Priok, dua buah pelabuhan perikanan, dan juga pelabuhan kayu. Disamping itu Perairan Teluk Jakarta juga merupakan badan air terakhir yang menampung limbah dari industri-industri dan pembuangan sampah yang ada di Jakarta dan sekitarnya yang membuang limbahnya secara langsung maupun tidak langsung yaitu melalui 13 sungai yang bermuara ke Teluk Jakarta. Melihat potensi limbah yang ada tidak heran jika kualitas pencemarannya cukup tinggi dan korban yang disebabkan sudah begitu banyak dan sering terjadi. Mulai dari matinya ratusan ribu ikan, udang, rajungan, biota laut dan banyak lagi penghuni ekosistem pantai dan laut, sampai dengan ribuan nelayan semakin miskin hidupnya karena hilangnya mata pencaharian mereka dan juga masalah kesehatan yang diderita nelayan dan warga Jakarta yang mengkonsumsi makanan laut. Pencemaran logam berat di kawasan Teluk Jakarta saat ini sangat memprihatinkan, demikian diungkapkan pada penelitian yang dilakukan oleh Rochyatun, & Rozak 2007. Masuknya bahan pencemar akan mampu menurunkan potensi sumber daya hayati, pencemaran oleh bahan-bahan industri yang mengandung bahan berbahaya, misalnya logam berat seperti merkuri (Hg), Cadmium (Cd), plumbum (Pb) cenderung meningkatkan kasus keracunan dan gangguan kesehatan masyarakat ungkap Sugianto, Hadiaji dkk, 1991.

Pencemaran logam berat di perairan Teluk Jakarta pertama kali ditemukan oleh Yatim et al tahun 1979. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa kadar logam berat dalam air di Teluk Jakarta sudah tergolong tinggi, bahkan di beberapa lokasi seperti muara Angke kadar logam

beratnya cenderung meningkat sejalan dengan peningkatan jumlah industri di Jakarta. Kadar Hg, Pb dan Cd dalam air dan berbagai jenis biota laut yang hidup di perairan Muara Angke, Teluk Jakarta sudah melebihi nilai ambang batas yang ditetapkan.

Selanjutnya hasil penelitian Hutagalung, Horas P pada tahun 1994 menunjukkan bahwa kadar logam berat di bagian Barat teluk Jakarta lebih tinggi dibandingkan di bagian Timur Teluk Jakarta. Hasil ini menunjukkan bahwa sungai-sungai yang bermuara di bagian Barat Teluk lebih banyak mengandung logam berat dibandingkan dengan sungai-sungai yang bermuara di bagian Timur.

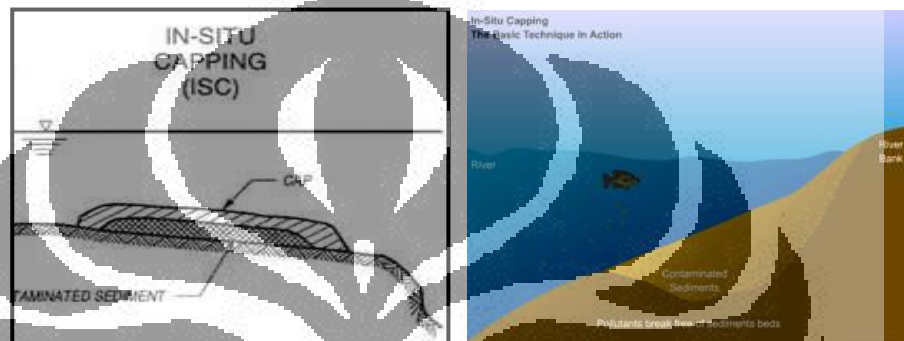
Penyebab utama logam berat menjadi bahan pencemar berbahaya yaitu logam berat tidak dapat dihancurkan (*non degradable*) oleh organisme hidup di lingkungan dan terakumulasi ke lingkungan, terutama mengendap didasar perairan membentuk senyawa kompleks bersama bahan organik dan anorganik secara adsorpsi dan kombinasi demikian ungkap Djuangsih, dkk, 1982. Faktor lingkungan perairan seperti pH, kesadahan, temperatur dan salinitas juga mempengaruhi daya racun logam berat. Penurunan pH air akan menyebabkan daya racun logam berat semakin besar. Kesadahan yang tinggi dapat mempengaruhi daya racun logam berat, karena logam berat dalam air yang berkesadahan tinggi akan membentuk senyawa kompleks yang mengendap dalam dasar perairan demikian ungkap Rochyatun, & Rozak 2007. Inilah yang disebut dengan limbah sedimen terkontaminasi, seperti terlihat pada gambar dibawah ini yang menceritakan tentang proses sedimentasi.



Gambar 1.1 Proses Sedimentasi

Sumber: Danny Reible, University of Texas, 2009

Limbah sedimen terkontaminasi ini berbahaya jika terlepas kembali ke badan air yang selanjutnya dikonsumsi oleh biota laut seperti gambar dibawah ini. Melalui rantai makanan maka biota laut yang terkontaminasi tersebut akan dikonsumsi oleh manusia dan menyebabkan gangguan kesehatan (bioakumulasi). Semakin tinggi kandungan logam berat yang terdapat dalam perairan maka akan semakin tinggi pula kandungan logam berat yang terakumulasi dalam tubuh biota laut tersebut ungkap Rai *et al*, 1981.



Gambar 1.2 *In Situ Capping dan Limbah Sedimen Terkontaminasi*

Sumber: USACE, 2003

In-Situ Capping (ISC) adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk menangani sedimen terkontaminasi pada badan air dengan menutup (*capping*) limbah sedimen terkontaminasi yang terdeposit di tempat tersebut (*in-situ*) dengan sebuah lapisan penghalang. Lapisan penghalang ini dapat berupa pasir maupun *multi layer* dengan gabungan lanau dan *geotextiles*. Lapisan ISC secara efektif dapat mengisolasi kontaminan karena lapisan ISC yang berasal dari butiran tanah yang menyediakan partikel organik dimana dapat mengikat kontaminan (proses adsorpsi). Selanjutnya partikel-partikel *cap* secara fisik mengisolasi zat beracun sehingga memperbesar jarak dan waktu sebelum mereka terlepas ke perairan. Lapisan ISC juga mencegah kontak langsung yang terjadi antara *bioturbator* dengan badan air dimana saat *bioturbator* melakukan penggalian, kontaminan yang terdapat dalam sedimen terkontaminasi ikut tergali dan akhirnya terlepas ke badan air. Terakhir dengan menyediakan lapisan yang stabil dan tanpa udara/ gas maka lapisan *cap* membantu terjadinya proses degradasi alami yang akan dialami oleh kontaminan.

Normalnya ketebalan *cap* di lapangan berkisar dari 0,6- 1,8 m. Ketebalan *cap* sangat bergantung dari faktor lingkungan yang ada seperti arus perairan, kandungan sedimen terkontaminasi, kekuatan dan kualitas material *cap* ungkap Herrenkohl *et al* 2001. Oleh karenanya diperlukan eksperimen laboratorium dalam menguji kemampuan *cap* menjadi penghalang. Dalam mendesain sebuah *cap* (penutup) terdapat parameter-parameter utama yang akan menunjukkan apakah tebal *cap* mampu menghalangi logam berat. Mulai dari isolasi fisik *cap* terhadap fluks logam berat sampai faktor erosi air laut yang terjadi di *site* yang dapat mengganggu stabilisasi *cap*. Dalam penelitian kali ini yang difokuskan adalah pengisolasian fisik *cap* terhadap fluks logam berat saja. Dimana ketebalan pengisolasian fisik ini dipengaruhi oleh konsolidasi yang terjadi pada lapisan *cap* maupun sedimen terkontaminasi yang akan mengurangi ketebalan *cap* sekaligus mengakibatkan perpindahan air pori yang akan membawa logam berat. Oleh karenanya diperlukan tes kolom yang akan menunjukkan proses konsolidasi tersebut. Setelah proses konsolidasi tersebut dilalui maka kemudian *cap* akan diukur kandungan logam beratnya untuk melihat apakah tebal *cap* yang tersisa mampu menjadi penghalang logam berat agar tidak terlepas ke badan air.

1.2 TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan dari penelitian ini ialah menjawab permasalahan latar belakang diatas yakni ; *Mendesain Ketebalan Cap yang Mampu Menjadi Penghalang Bagi Logam Berat Terhadap Badan Air.*

Ketebalan diperoleh dari uji konsolidasi yang selanjutnya akan terkuantifikasikan total logam berat yang tertahan di dalam lapisan *cap*.

1.3 BATASAN PENELITIAN

Batasan dari penelitian ini adalah skala laboratorium daripada ISC dengan pengisolasian fisik *cap* terhadap limbah sedimen terkontaminasi berupa kandungan logam berat di Teluk Jakarta.

1.4 METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian kali ini tujuan yang akan dicapai adalah mendesain ketebalan *cap* yang cukup agar dapat menjadi penghalang kimia bagi sedimen terkontaminasi logam berat untuk tidak mencemari badan air lagi. Oleh karenanya lapisan *cap* harus dapat menahan perpindahan logam berat yang mungkin terjadi. Perpindahan logam berat tersebut dapat terjadi dalam waktu kurun waktu yang lama sepanjang umur desain *cap* dan dapat terjadi dalam waktu relatif singkat yakni segera setelah peletakkan *cap*. Perpindahan yang terjadi pada waktu segera setelah peletakkan *cap* terjadi karena perpindahan air pori di lapisan *cap* dan sedimen akibat konsolidasi dan dapat mengurangi ketebalan *cap*. Dalam penelitian ini yang akan diteliti adalah waktu segera setelah peletakkan *cap*. Oleh karenanya maka diperlukan tes kolom untuk menguji konsolidasi yang terjadi. Tes kolom ini membutuhkan sebuah kolom pipa akrilik, material *cap* berupa pasir, air laut, dan sampel sedimen terkontaminasi logam berat dari Teluk Jakarta. Untuk mendapatkan sampel sedimen terkontaminasi logam berat maka dilakukan pengambilan sampel sedimen terkontaminasi *undisturbed* dengan menggunakan *hand boring* di kawasan Muara Cakung *Drain*, Marunda Jakarta Utara begitu pula dengan air laut dilokasi yang sama menggunakan wadah. Segera setelah didapatkan sampel maka sampel diujikan kandungan logam berat yang terdapat didalamnya dengan metode AAS di laboratorium Afiliasi FMIPA UI. Setelah didapatkan data kandungan awal maka percobaan dapat dimulai dan segera setelah percobaan selesai maka akan didapatkan ketebalan *cap*. Selanjutnya *cap* akan diujikan AAS kembali untuk melihat kadar logam berat yang dapat ditahan didalamnya.

1.5 SISTEMATIKA PENULISAN

Penelitian ini tersusun dari 5 bab. Pertama merupakan bab pendahuluan yang berisikan tentang latar belakang, tujuan penelitian, batasan, metodologi dan sistematika penulisan.

Kedua merupakan bab ISC yang berisikan tentang metode-metode perbaikan sedimen terkontaminasi, pengertian ISC dan parameter-parameter desain *cap*, proses kimia yang terjadi di dalam lapisan *cap* dan karakteristik logam berat.

Ketiga merupakan bab percobaan desain ketebalan *cap* yang berisi mengenai bahan-bahan yang akan diujikan yakni : bahan *capping* (pasir), sedimen terkontaminasi, dan air laut. Serta metode yang akan digunakan yakni : pembuatan *water-column*, prosedur pengujian dan analisa.

Keempat merupakan bab hasil dan pembahasan yang berisi mengenai pemaparan hasil uji di laboratorium berikut analisisnya yakni uji konsolidasi dan kandungan logam berat.

Kelima merupakan bab kesimpulan dan saran yang berisi mengenai kesimpulan dari uji laboratorium yang telah dilakukan dan saran-saran terkait dengan uji laboratorium tersebut.

1.6 MANFAAT PENELITIAN

Manfaat dari penelitian ini adalah sumbangan pemikiran bagi sektor teknik sipil pada umumnya dan lingkungan hidup pada khususnya sebagai masukan dan pengenalan sebuah metode baru untuk limbah sedimen terkontaminasi. Terakhir merupakan kontribusi riset bagi UI pada umumnya dan Departemen Teknik Sipil pada khususnya.

BAB II IN SITU CAPPING

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai pencemaran yang terjadi pada badan air, teknik perbaikannya, pengertian In Situ Capping (ISC), dan gambaran proses kimia apa yang terjadi didalam sebuah *cap* yang melatarbelakangi rancangan percobaan di bab selanjutnya dalam rangka mewujudkan tujuan mendesain ketebalan *cap* yang cukup untuk menjadi penghalang bagi logam berat untuk tidak mencemari badan air Teluk Jakarta lagi.

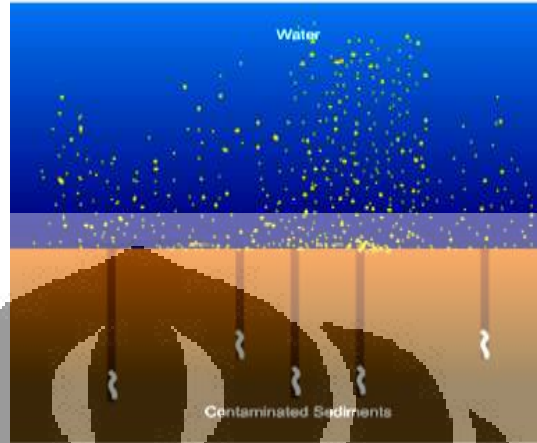
2.1 LIMBAH SEDIMEN TERKONTAMINASI

Bahan penyebab pencemaran air (*water pollution*) disebut pencemar atau cemaran (*pollutant*). Menurut sumbernya, pencemaran berasal dari alam disebut pencemar alami (*naturally pollutants*) dan pencemar yang berasal dari kegiatan manusia disebut pencemar nyata (*true pollutants* atau *corollary pollutants*). Menurut persistensi atau “*life span*”-nya, dikenal pencemar dapat atau mudah urai (*degradable pollutant*) dan sukar atau tidak terurai (*non-degradable pollutant*). Menurut jenis dan dampaknya terhadap lingkungan fisik dan atau hayati, pencemar perairan seperti yang diungkapkan Alabaster & Llyod, 1980 ; Morris, 1978 terdiri dari pencemar inorganik lamban, pencemar organik, pencemar beracun, pencemar beradioaktif, dan pencemar biologis.

Pencemaran di badan-badan air lambat laut akan mengendap menjadi sedimen di dasar perairan. Sedimen yang terbentuk dari berbagai macam pencemar inilah yang disebut dengan limbah sedimen terkontaminasi. Limbah sedimen terkontaminasi ini berbahaya jika terlepas kembali ke badan air dan dikonsumsi oleh biota laut yang kemudian melalui rantai makanan akan dikonsumsi oleh manusia.

Limbah sedimen terkontaminasi yang terbentuk dan stabil dapat terlepas ke badan air karena dipicu oleh resuspensi oleh partikel sedimen terkontaminasi di badan air, penggalian oleh cacing (*bioturbators*),

pergerakan air tanah yang naik ke lapisan sedimen, dan difusi dari polutan. Oleh karenanya diperlukan teknik perbaikan untuk menghindari dampak buruk yang diakibatkan oleh limbah sedimen terkontaminasi di perairan.



Gambar 2.1 Penggalian Lapisan Sedimen Terkontaminasi oleh Cacing

Sumber: USACE, 2003

2.2 MACAM TEKNIK PERBAIKAN

Limbah sedimen terkontaminasi di perairan dapat ditangani dengan banyak cara. Secara umum teknik-teknik perbaikan yang digunakan dapat dikelompokkan sebagai berikut menurut Sharma dan Reddy 2004 :

- *removal technology*, dan
- *nonremoval technology*.

Removal technologies dibagi menjadi 2 bagian besar berdasarkan metode pelaksanaan pemindahan yang dilakukan yakni; *mechanical dredging* dan *hydraulic dredging*. Pada *mechanical dredging* peralatan yang digunakan untuk memindahkan limbah sedimen terkontaminasi di perairan adalah alat-alat berat seperti *backhoes* sedangkan untuk *Hydraulic dredging* peralatan yang digunakan adalah pompa dan pipa untuk menghisap limbah sedimen terkontaminasi di perairan. Pada akhirnya hasil angkutan (*dredged*) dari kedua metode ini akan diolah lagi di pengolahan limbah agar aman saat dibuang.

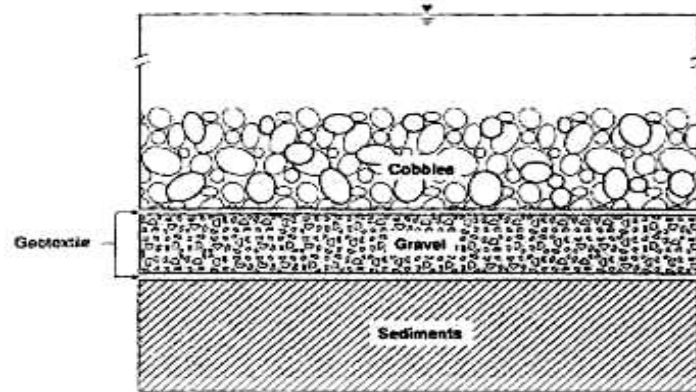
Nonremoval technologies meliputi *In-situ capping (containment)* dan *in-situ treatment*. *In-situ capping (ISC)* adalah metode yang dilakukan

untuk menghalangi limbah sedimen terkontaminasi mencemari badan air (lingkungannya) dengan menutup limbah sedimen terkontaminasi tersebut dengan sebuah lapisan penghalang. Sedangkan *In-situ treatment* adalah membuat kontaminan yang terdapat di dalam lapisan sedimen terkontaminasi secara kimia untuk membuatnya tidak dapat berpindah ataupun secara biologis membuatnya terdegradasi atau menghilangkannya seperti yang dipaparkan USEPA,1994. Salah satu contoh dari *in-situ remediation* adalah *bioremediation* dimana digunakan mikroorganisme untuk menguraikan pencemar organik, dan stabilisasi atau solidifikasi dimana *fly-ash* ataupun material pengikat lainnya diberikan untuk mengurangi jumlah pencemar yang dapat lepas.

Sebuah studi yang dilakukan oleh Reible et al 2003 mengatakan bahwa untuk kondisi site yang spesifik, *in-situ remediation* yang dapat juga berupa *in-situ capping* (ISC) menghasilkan resiko lingkungan yang lebih kecil, dan efektif dibandingkan *dredging*. Sayangnya ISC merupakan sebuah teknik yang baru dan masih sedikit jumlah pengaplikasiannya, dan bahkan sejauh yang penulis ketahui belum pernah diuji dan diaplikasikan di Indonesia. Oleh karenanya sangat diperlukan penelitian mengenai metode ini yang dapat dilakukan spesifik terhadap site yang akan dilakukan perbaikan nantinya.

2.3 PENGERTIAN *IN-SITU CAPPING*

In-Situ Capping adalah bentuk dari *In-situ remediation*. Secara harfiah berarti penutupan di tempat. ISC merupakan sebuah metode yang dilakukan untuk menghalangi limbah sedimen terkontaminasi mencemari lingkungannya (badan air) dengan menutup (*capping*) limbah sedimen terkontaminasi yang terdeposit di tempat tersebut (*in-situ*) dengan sebuah lapisan penghalang. Lapisan penghalang tersebut dapat dikonstruksikan dari sedimen yang bersih, pasir, kerikil, maupun dengan desain yang lebih kompleks yakni dengan geotekstil, *liners* maupun lapisan berlapis-lapis seperti yang diungkapkan Palermo et al 1998.



Gambar 2.2 *Desain Lapisan ISC*

Sumber: USACE, 2003

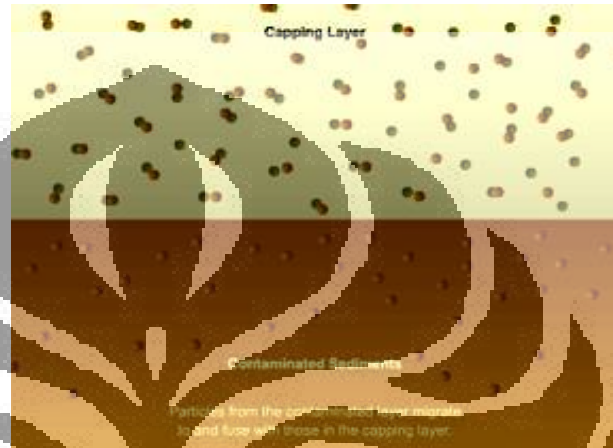
In-Situ Capping tidak merubah kontaminan menjadi substansi tidak berbahaya. Namun dengan metode pengisolasian yang dibawakannya, ia dapat memberi kesempatan bagi alam untuk mendegradasikan kontaminan-kontaminan tersebut. Adapun ketebalan *cap*-nya sangat bergantung dari faktor lingkungan yang ada seperti arus perairan, kandungan sedimen terkontaminasi, kekuatan dan kualitas material *cap* seperti yang diungkapkan Herrenkohl et al 2001. Normalnya ketebalan *cap* di lapangan berkisar dari 0,6-1,8 m. Oleh karenanya diperlukan desain dan uji laboratorium terkait kemampuan *cap* menjadi penghalang.

Adapun bagaimana Lapisan ISC secara efektif dapat mengisolasikan kontaminan akan dijabarkan dibawah ini :

- mengikat kontaminan : lapisan ISC yang berasal dari butiran tanah menyediakan partikel organik dimana dapat mengikat kontaminan (proses adsorpsi). Partikel-partikel di dalam *cap* siap mengikat banyak kontaminan yang diketemukan di dalam lapisan sedimen terkontaminasi,
- mengisolasikan zat beracun : partikel-partikel *cap* secara fisik mengisolasikan zat beracun sehingga memperbesar jarak dan waktu sebelum mereka terlepas ke perairan,
- mengurangi dampak aktivitas *bioturbator* : lapisan *cap* mencegah kontak langsung yang terjadi antara *bioturbator* dengan badan air dimana saat *bioturbator* melakukan penggalian, kontaminan yang terdapat dalam sedimen

terkontaminasi akan ikut tergali dan akhirnya terlepas ke badan air, dan

- menyediakan degradasi yang alami : dengan menyediakan lapisan yang stabil dan tanpa udara/ gas maka lapisan *cap* membantu terjadinya proses degradasi alami yang akan dialami oleh polutan.



Gambar 2.3 Ikatan Antara Partikel Cap & Kontaminan.

Sumber: USACE, 2003

Selanjutnya banyak penelitian yang juga menunjukkan bahwa ketebalan *Cap* yang tipis dapat menjadi penghalang dalam jangka waktu yang cukup lama. Salah satu penelitian di laboratorium *Louisiana State University (LSU)* menunjukkan bahwa lapisan *cap* setipis 5 sampai dengan 7 milimeter dapat secara drastis menurunkan laju aliran dari *trichlorophenol (TCP)* dari sedimen ke badan air.

Kelebihan lain dari ISC adalah secara ekonomis lebih murah dibandingkan dengan teknik remediasi lain, hal ini dikarenakan pada ISC tidak terdapat tambahan biaya untuk teknologi pengangkutan (*dredging*), penghilangan (*removal*) dan pengolahan (*treatment*) dari limbah sedimen terkontaminasi yang bergantung dari besarnya volume material yang terkontaminasi. Untuk metode ISC sendiri biaya yang digunakan terdiri dari material *capping* yang dipilih, peralatan-peralatan untuk mengkonstruksikanya dan pekerja yang kesemuanya bergantung pada desain ISC, akses dari *site* dan kedalaman air. Biaya dapat ditekan jika

material *capping* banyak terdapat di dekat *site* semisal pasir ataupun sedimen yang bersih.

Adapun kekurangan ISC dikarenakan merupakan teknologi baru maka masih dibutuhkan percobaan dan validasi lapangan untuk menentukan desain *cap* yang efektif. Selanjutnya yang harus diperhatikan adalah saat peletakkan *cap*, dimana saat proses ini dilakukan kontaminan bisa berpindah secara tidak seragam ketempat yang tidak diberi *cap* jika tidak dilakukan dengan teliti. Terakhir metode ini tetap meninggalkan kontaminan di *site* setelah selesai pelaksanaannya, tetapi hal ini berkaitan dengan seberapa efektif pilihan *cap* dan laju proses naturalisasi yang diinginkan. Namun secara umum pemilihan metode ISC menjadi efektif dikondisi lingkungan yang stabil.

2.4 PENCEMARAN LOGAM BERAT

Penyebab terjadinya pencemaran logam berat pada perairan biasanya berasal dari masukan air yang terkontaminasi oleh limbah buangan industri dan pertambangan. Jenis-jenis industri pembuang limbah yang mengandung logam berat yakni kertas yang menghasilkan: Cr, Cu, Hg, Pb, Ni, Zn, petro-chemical: Cd, Cr, Hg, Pb, Sn, Zn, pengelantang: Cd, Cr, Hg, Pb, Sn, Zn, pupuk: Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Ni, Zn, kilang minyak: Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Zn, baja: Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Ni, Sn, Zn, logam bukan besi: Cr, Cu, Hg, Pb, Zn, kendaraan bermotor, pesawat terbang: Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Sn, Zn, gelas, semen, keramik: Cr, tekstil: Cr, industri kulit: Cr, dan pembangkit listrik tenaga uap: Cr, Zn.

Logam berat memiliki densitas yang lebih dari 5 gram/cm³ dan bersifat tahan urai. Sifat tahan urai inilah yang menyebabkan logam berat dapat terakumulasi di dalam perairan. Logam berat yang berada di dalam air dapat masuk ke dalam tubuh manusia, baik secara langsung maupun tidak langsung. Logam berat di dalam air dapat masuk secara langsung ke dalam tubuh manusia apabila air yang mengandung logam berat diminum, sedangkan secara tidak langsung apabila memakan bahan makanan yang berasal dari air tersebut digunakan.

Untuk mengetahui suatu air terpolusi atau tidak, diperlukan suatu pengujian untuk menentukan sifat-sifat air sehingga dapat diketahui apakah terjadi penyimpangan dari batasan polusi air. Berikut merupakan Nilai Ambang Batas (NAB) yang diperoleh dari tabel baku mutu air laut untuk pelabuhan maupun wisata bahari yang dikeluarkan oleh Kementerian Negara Lingkungan Hidup pada tahun 2004.

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Laut Untuk Pelabuhan

| PARAMETER | SATUAN | BAKU MUTU |
|-------------------------------------|--------|--------------|
| FISIKA | | |
| 1 Kecerahan | M | >3 |
| 2 Kebauan | - | tidak berbau |
| 3 Padatan tersuspensi total | mg/l | 80 |
| 4 Sampah | - | Nihil |
| 5 Suhu | C | Alami |
| 6 Lapisan minyak | - | Nihil |
| KIMIA | | |
| 1 pH | - | 6-8,5 |
| 2 Salinitas | ‰ | Alami |
| 3 Amonia total (NH ₃ -N) | mg/l | 0,3 |
| 4 Sulfida (H ₂ S) | mg/l | 0,03 |
| 5 Hidrokarbon Total | mg/l | 1 |
| 6 Senyawa Fenol Total | mg/l | 0,002 |
| 7 PCB (Polikrol-bifenil) | mg/l | 0,01 |
| 8 Surfaktan (deterjen) | MBAS | 1 |
| 9 Minyak dan Lemak | mg/l | - |
| 10 TBT (tri butil tin) | mg/l | 0,01 |
| Logam Terlarut : | | |
| 11 Raksa (Hg) | mg/l | 0,003 |
| 12 Cadmium (Cd) | mg/l | 0,01 |
| 13 Tembaga (Cu) | mg/l | 0,05 |
| 14 Timbal (Pb) | mg/l | 0,05 |
| 15 Seng (Zn) | mg/l | 0,1 |

| PARAMETER | SATUAN | BAKU MUTU |
|-----------------------|--------|-----------|
| Biologi | | |
| 1 E. Coliform (total) | MI | 1000 |

Sumber: Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004, Tentang Baku Mutu Air Laut.

Tabel 2.2 Baku Mutu Air Laut Untuk Wisata Bahari

| PARAMETER | SATUAN | BAKU MUTU |
|--------------------------------------|-----------|--------------|
| FISIKA | | |
| 1 Warna | PtCo | 30 |
| 2 Kebauan | | tidak berbau |
| 3 Kecerahan | M | <6 |
| 4 Kekeruhan | Ntu | 5 |
| 5 Padatan tersuspensi total | mg/l | 20 |
| 6 Suhu | C | Alami |
| 7 Sampah | - | Nihil |
| 8 Lapisan minyak | | Nihil |
| KIMIA | | |
| 1 pH | - | 7-8,5 |
| 2 Salinitas | ‰ | Alami |
| 3 Oksigen Terlarut (DO) | mg/l | >5 |
| 4 BOD5 | mg/l | 10 |
| 5 Ammonia Bebas (NH ₃ -N) | mg/l | Nihil |
| 6 Fosfat (PO ₄ -P) | mg/l | 0,015 |
| 7 Nitrat (NO ₃ -N) | mg/l | 0,008 |
| 8 Sulfida (H ₂ S) | mg/l | Nihil |
| 9 Senyawa Fenol | mg/l | Nihil |
| 10 PAH (Poliaromatik hidrokarbon) | mg/l | 0,003 |
| 11 PCB (Polikrol bifenil) | mg/l | Nihil |
| 12 Surfaktan (deterjen) | mg/l MBAS | 0,001 |
| 13 Minyak dan Lemak | mg/l | 1 |
| 14 Pestisida | mg/l | Nihil |

| PARAMETER | SATUAN | BAKU MUTU |
|----------------------------------|------------|-----------|
| LOGAM TERLARUT : | | |
| 15 Raksa (Hg) | mg/l | 0,002 |
| 16 Kromium heksavalen (Cr) | mg/l | 0,002 |
| 17 Arsen (As) | mg/l | 0,025 |
| 18 Cadmium (Cd) | mg/l | 0,002 |
| 19 Tembaga (Cu) | mg/l | 0,050 |
| 20 Timbal (Pb) | mg/l | 0,005 |
| 21 Seng (Zn) | mg/l | 0,095 |
| 22 Nikel (Ni) | mg/l | 0,075 |
| BIOLOGI | | |
| 1 E. Coliform (total) | MPN/100 ml | 200 |
| 2 E. Coliform | MPN/100 ml | 1000 |
| RADIO NUKLIDA | | |
| 1 Komposisi yang tidak diketahui | Bq/l | 4 |

Sumber: Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004, Tentang Baku Mutu Air Laut.

2.5 PARAMETER DESAIN ISC

Komposisi dan ketebalan dari komponen suatu *cap* disebut dengan desain *cap*. Desain ini harus membawakan fungsi yang telah dijabarkan sebelumnya yakni mengisolasi, menstabilkan dan mengurangi fluks kontaminan yang terlarut. Desain ISC didasarkan pada tes laboratorium (konsolidasi dan bioturbasi), permodelan dari proses yang terjadi didalamnya (adveksi/difusi dari fluks kontaminan), erosi hingga penskalaan lapangan dan pemantauan sebagaimana dipaparkan USEPA 1994.

Parameter desain *cap* terdiri dari komponen pengisolasi, bioturbasi, erosi yang disebabkan oleh ombak, maupun baling-baling kapal, dan pengisolasi *cap* terhadap kimia untuk menghalangi dan mengurangi fluks dari kontaminan yang terlarut. Pengisolasi kimia ini

terdiri dari jangka pendek yakni konsolidasi *cap* dan sedimen serta jangka panjang yakni adveksi dan difusi yang timbul selama umur desain *cap*.

Dalam penelitian ini desain *cap* dibatasi oleh oleh komponen pengisolasian (T_i), bioturbasi (T_b) dan pengisolasian *cap* terhadap kimia jangka pendek yakni konsolidasi (T_c) saja. Sedangkan untuk komponen erosi dan pengisolasian *cap* terhadap kimia jangka panjang yakni adveksi dan difusi sepanjang umur *cap* tidak diperhitungkan. Sehingga untuk desain ketebalan *cap* pada penelitian ini menjadi :

$$T_{cap} = T_i + T_b + T_c \quad (2.1).$$

Fungsi dasar dari *cap* adalah pengisolasian secara fisik dan kimia. Untuk *cap* dengan material granular, ketebalan yang dapat memberikan penghalang fisik/kimia dapat disebut dengan T_i . Jika fungsi dari *cap* secara fisik mengisolasi dari organisme benthik maka komponen pengisolasi memberikan lapisan penahan diantara kedalaman penggalian organisme benthik dengan limbah sedimen terkontaminasi. Sebuah ketebalan sebesar 30 cm untuk material granular dapat digunakan. Jika fungsi *cap* untuk mengurangi fluks kontaminan, maka diperlukan analisa yang didalamnya termasuk model dan percobaan untuk mendesain komponen pengisolasi kimia dari *cap*. Pada kasus ini maka nilai dari 30 cm ketebalan dari material granular *cap* dapat dijadikan nilai percobaan awal dalam permodelan.

Selanjutnya bioturbasi, di dalam konteks ISC, bioturbasi dapat diartikan sebagai gangguan dari pencampuran materi yang dilakukan organisme saat melakukan aktivitas didalam lapisan sedimen terkontaminasi seperti penggalian. Organisme air yang hidup di dalam ataupun di dasar sedimen dapat meningkatkan migrasi dari kontaminan ke badan air. Kedalaman bioturbasi tergantung dari mikroorganisme yang terdapat serta tempatnya berada (ukuran butiran, padatan, kandungan organik dan air pori sedimen). Secara umum kedalaman bioturbasi dari mikroorganisme laut lebih dalam dari mikroorganisme air tawar. Intensitas dari bioturbasi lebih besar di permukaan sedimen dan akan makin menurun seiring bertambahnya kedalaman. Lapisan teratas dari sedimen

yakni beberapa centimeter adalah tempat terjadinya pencampuran diakibatkan aktivitas bioturbasi. Adapun di bagian tengah juga bisa saja ada namun sedikit. Spesies yang menempati permukaan dan bagian tengah disebut dengan *regional basis*. Di bagian dalam kemungkinan adanya aktivitas bioturbasi semakin kecil salah satu organisme yang ada sebagai contoh adalah udang lumpur yang dapat menggali hingga 1 meter ataupun lebih.

Menurut sebuah survey yang dilakukan di Great Lakes-Amerika Serikat, *cap* yang mempunyai lapisan pelindung (*armored*) dari batu mempunyai variasi makro invetabrata yang lebih banyak dibandingkan dengan *cap* dengan pasir saja. Terlihat bahwa organisme dapat menggali sedalam 10-40 cm pada tanah lembek dan lanau sedang di pasir bioturbasinya terjadi hanya 5-10 cm. *Benthos* di beberapa tempat yang menggunakan ISC terlihat terbatas pada butiran halus dibandingkan dengan sedimen yang kaya organik yang berada di atas *cap* maupun diantara bebatuan pelindung yang ada di atasnya.

Dari survey ini maka komponen minimal (ketebalan) dari ISC yang dibuat dari pasir ataupun dengan pelindung batu harus memperhatikan bioturbasi ini. Saat komponen untuk mengakomodasi bioturbasi ini desain, terdapat beberapa pilihan. Pertama, jika *cap* yang kita pilih terdiri dari material berbutir granular untuk pengisolasi kimia maka sejumlah material yang sama ditambahkan untuk ketebalan tambahan (T_b) sebesar kedalaman yang paling dalam yang mungkin digali oleh organisme penggali untuk menambah isolasi fisik *cap*.

Kedua dengan memilih material yang tidak disukai organisme. Sebagai contoh lapisan tipis material yang mempunyai kandungan organik sedikit akan sama efektifnya dengan lapisan lanau yang tebal untuk menghalangi bioturbasi ini. *Geotextiles* dapat juga digunakan walupun belum ada riset mendalam menggunakan bahan ini untuk bioturbasi.

Untuk penelitian ini desain ISC menggunakan satu lapisan saja yakni pasir oleh karenanya tebal *cap* akan mendapat komponen pertambahan dari aktivitas bioturbator (T_b) ini.

Jika *cap* telah didesain untuk komponen pengisolasian dan bioturbasinya maka kemudian kontaminan yang berpindah seiring dengan partikulat sedimen pun haruslah dikontrol. Perpindahan logam berat dengan adveksi (akibat air pori) ke atas *cap* terjadi dengan segera saat konsolidasi, dan perpindahan molekular akibat difusi terjadi dalam jangka panjang.

Adveksi adalah proses perpindahan yang menggunakan zat perantara dan difusi adalah proses perpindahan berdasarkan gradien konsentrasi, dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi rendah seperti yang diungkapkan Fetter 1998. Perpindahan inilah yang akan disimulasikan dengan meletakkan sedimen terkontaminasi dan *cap* ke dalam tes kolom.

Adveksi terjadi karena hasil tekanan dan konsolidasi dari lapisan sedimen maupun *cap* seperti diungkapkan Palermo et al 1998. Pada *cap*, ini terjadi karena berat material *cap* itu sendiri (pasir yang granular). Konsolidasi ini terjadi karena semua tanah terkena tarikan dari kerangkanya. Kerangka ini dapat berguling, bergeser seperti yang dipaparkan Bowles 1984. Seiring meningkatnya tekanan vertikal dikarenakan berat maka kemudian tekanan air pori pun naik. Kondisi yang berbanding dengan waktu inilah yang disebut dengan konsolidasi. Konsolidasi terjadi dalam suatu periode segera setelah peletakkan *cap* dan tidak terjadi berulang-ulang. Jika material *cap* bukanlah material berbutir halus- kasar, maka tidak ada dapat diasumsikan konsolidasi yang terjadi pada *cap* dan tidak ada ketebalan yang perlu ditambahkan untuk menambah ketebalan pengisolasian.

Sedangkan konsolidasi yang terjadi pada sedimen terkontaminasi dikarenakan berat dari *cap* akan memeras lapisan sedimen dan membuat tekanan air pori dalam sedimen terkontaminasi akan naik dan dengan sendirinya masuk kedalam *cap*. Perpindahan ini akan melambat seiring dengan perlambatan proses konsolidasi yang terjadi. Proses ini berkangsung dalam waktu relatif sebentar jika dibandingkan dengan umur *cap* ujar Palermo et al 1998.

Proses adveksi ini akan menyebabkan kehilangan jangka pendek ataupun akan menurunkan waktu impas untuk kehilangan jangka panjang akibat difusi. Oleh karenanya kita akan mengamati proses adveksi ini dalam tes kolom yang akan kita lakukan sehingga kita mendapatkan ketebalan konsolidasi (T_c) yang mampu menahan logam berat akibat pemerasan yang diikuti oleh perpindahan kontaminan tadi.

Perpindahan yang terjadi didalam *cap* akibat konsolidasi dapat diminimalkan dengan menggunakan *cap* yang cukup untuk menampung semua volume air pori selama konsolidasi. Contohnya, Bokuniewicz 1989 telah mengestimasi bahwa air pori yang ada pada lapisan tanah lumpur setebal 2 m naik 24 cm ke lapisan *cap* dari pasir.

Namun adveksi bisa juga terjadi secara kontinyu (jangka panjang) jika terdapat rembesan air tanah yang masuk dibawah permukaan sedimen terkontaminasi unkap Palermo et al 1998. Kontaminan akan berpindah dengan kecepatan rata-rata secara linear dari air tanah seperti hukum Darcy:

$$V_x = \frac{K}{n_e} \cdot \frac{dh}{dl} \quad (2.2)$$

dimana;

V_x = adalah rata-rata kecepatan linier,

K = konduktivitas hidraulik,

n_e = poritas efektif, dan

dh/dl = gradient hidraulis.

Selanjutnya adalah proses difusi. Difusi dapat terjadi pada media berpori melalui pori karena butiran mineral dapat menghalangi unkap Fetter 1998. Kecepatan perpindahan massa secara difusi sebanding dengan gradien konsentrasi. Di media yang isotropik difusi terjadi kearah yang perpendikular dengan bidang dari konsentrasi dan konstan pada semua titik pada media papir Palermo et al 1998. Difusi yang terjadi di kondisi yang *steady* (tidak bergantung waktu) dideskripsikan melalui hukum pertama Ficks:

$$F = -D \frac{dC}{dx} \quad (2.3)$$

F adalah massa fluks per unit area dan per unit waktu per unit area, D adalah koefisien difusi, C adalah konsentrasi dan dC/dx adalah gradien konsentrasi ungkap Fetter 1994. Adapun untuk sistem yang (*non steady*) konsentrasi bergantung waktu diaplikasikanlah hukum kedua Ficks yakni

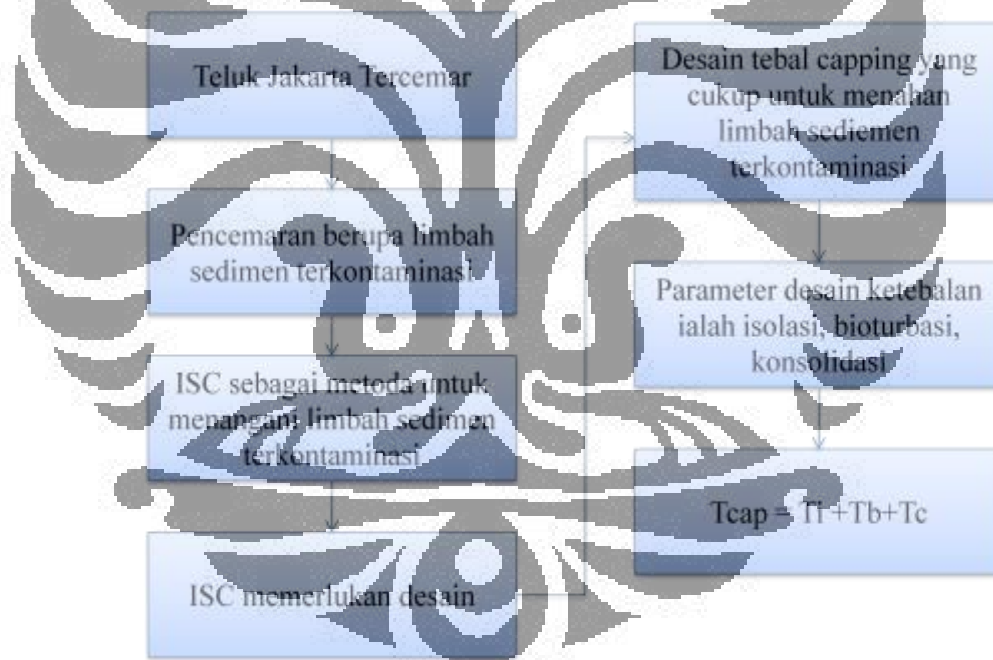
$$\frac{dC}{dt} = D \frac{d^2c}{dx^2}. \quad (2.4)$$

Pada hukum kedua Ficks, D adalah koefisien difusi, dC/dt adalah konsentrasi per waktu, dan dC/dx adalah gradien konsentrasi papas Fetter 1994. Difusi adalah proses yang sangat lambat. Sehingga dalam ISC prosesnya pun minimal. Walaupun didalam air pori konsentrasi kontaminan tinggi, sebuah *cap* yang granular dapat menjadi penyaring maupun pelindung selama adveksi dan difusi. Selama air pori naik ke material *cap* granular yang tidak terkontaminasi. Material *cap* ini dapat menghilangkan kontaminan melalui penyerapan, pertukaran ion dan flokulasi redoks sehingga air pori yang menjalar melewati *cap* telah mengalami pengurangan konsentrasi.

BAB III

RANCANGAN PERCOBAAN DESAIN KETEBALAN ISC

Dari bab-bab sebelumnya maka kita telah mendapatkan parameter-parameter desain *cap*. Untuk komponen pengisolasian kita mendapatkan ketebalan sebesar 30 cm dan untuk bioturbasi 5 cm dan selanjutnya adalah komponen konsolidasi. Untuk memperoleh ketebalan konsolidasi *cap* yang cukup maka dilakukanlah suatu uji laboratorium. Uji laboratorium yang dilakukan adalah tes kolom dimana tes yang diujikannya adalah konsolidasi. Pada uji ini akan dibuat kolom dengan ketebalan *cap* berupa pasir setebal 35-45 cm yang selanjutnya akan terlihat ketebalan mana yang telah mengalami uji konsolidasi yang mampu menjadi penghalang bagi logam berat.



Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian

Selanjutnya pada bab ini akan dibahas mengenai prosedur tes kolom serta alat, bahan, sampel dan tinjauan daerah studi yang digunakan pada penelitian kali ini. Segera setelah uji konsolidasi selesai maka kemudian akan dikuantifikasikan jumlah logam berat yang telah berpindah kelapisan *cap* dengan metode AAS (*Atomic Adsorption Spectroscopy*).

3.1 PENGAMBILAN SAMPEL

Pada penelitian kali ini, ISC kan di implementasikan di Teluk Jakarta yang merupakan muara dari berbagai macam Industri di Jakarta. Pesisir Teluk Jakarta sendiri terletak di pantai Utara Jakarta dibatasi oleh garis bujur 106033'00" BT hingga 107003'00" BT dan garis lintang 5048'30"LS hingga 6010'30" LS yang membentang dari Tanjung Kait di bagian Barat hingga Tanjung Karawang di bagian Timur dengan panjang pantai + 89 Km. Secara administratif, perairan laut Jakarta berbatasan dengan Kabupaten Bekasi di sebelah timur dan Kabupaten Tangerang di sebelah barat. Pesisir Teluk Jakarta termasuk dalam wilayah administrasi Kota Jakarta Utara, yang merupakan bagian wilayah dari lima kecamatan, yaitu Kecamatan Penjaringan, Pademangan, Tanjung Priok, Cilincing dan Koja yang berbatasan dengan pantai Teluk Jakarta. Daerah pesisir Teluk Jakarta terpisah dari Kepulauan Seribu, berdasarkan UU Nomor 34 Tahun 1999 dan PP Nomor 55 Tahun 2001, Kepulauan Seribu yang semula sebagai bagian dari Kota Jakarta Utara, ditingkatkan statusnya menjadi Kabupaten Administratif Kepulauan Seribu.

Menurut hasil sensus 2010, jumlah penduduk Jakarta Utara adalah 1,6 juta jiwa. Jumlah ini meningkat 200 ribu jiwa jika dibandingkan dengan hasil sensus pada 2000. Sepuluh tahun lalu jumlah penduduk di Jakarta Utara sekitar 1,4 juta Jiwa sebagai mana dikutip dari Tempo Interaktif pada tanggal 15 Juni 2010. Dengan kondisi penduduk sebesar ini tidak heran beban limbah yang diterima Teluk Jakarta semakin besar saja.

Limbah sedimen terkontaminasi logam berat akan diambil dari Teluk Jakarta untuk menjadi sampel percobaan agar sesuai kondisi lapangan. Namun karena keterbatasan dana yang ada dan penelitian ini berupa studi awal maka sampel yang diambil hanya disatu muara saja yakni muara Cakung Drain Marunda Jakarta Utara dimana daerah tersebut diapit oleh industri-industri yang diharapkan kandungan logam yang terdapat di sedimennya dapat menggambarkan kandungan logam berat yang ada di sedimen perairan Teluk Jakarta. Adapun kandungan logam

berat yang akan diteliti berdasarkan penelitian-penelitian yang ada adalah Zn, Pb, dan Cu.

Sampel limbah sedimen terkontaminasi logam berat, diambil untuk menjadi *undisturbed sample* dengan *coring* menggunakan *hand boring* dan paralon berdiameter 4 inci yang bagian ujungnya telah diruncingkan. *Coring* dilakukan pada permukaan sedimen yang telah dibersihkan dari sampah plastik dan sebagainya sampai dengan kedalaman 30 cm. Selanjutnya juga diambil sampel air laut sebanyak 1 liter. Kemudian sampel sedimen dan air akan dites AAS di laboratorium Afiliasi Dept.Kimia FMIPA Universitas Indonesia untuk didapatkan konsentrasi awal dari logam berat yang berada di dalam sampel sedimen terkontaminasi logam berat.



Gambar 3.2 Lokasi Pengambilan Sampel

Sumber: Peta Jakarta, 2003

3.2 TES KOLOM

Tes kolom merupakan simulasi utama dalam percobaan desain ketebalan ISC ini. Untuk menyerupai kondisi asli dilapangan maka material yang diujikan pun adalah material yang sama yang berada dilapangan yakni: limbah sedimen terkontaminasi logam berat yang berasal dari Teluk Jakarta dan air laut.

Untuk percobaan tes kolom, material utama yang digunakan sebagai *cap* adalah pasir. Pasir dipilih karena pasir mudah diaplikasikan ke dalam badan air, mempunyai stabilitas yang baik dan cukup menarik

organisme-organisme penggali yang berada disekitar muka sedimen terkontaminasi. Namun sayangnya butiran pasir mempunyai kadar organik yang rendah sehingga kurang baik dalam mengikat kontaminan yang berada di dalam limbah sedimen terkontaminasi. Oleh karenanya pasir yang digunakan adalah pasir yang bersih dan mengandung kandungan organik. Setelah itu pasir diuji *sieve analysis* untuk melihat distribusi ukuran butirannya. Selanjutnya pada percobaan ini digunakan air laut yang tidak mempunyai kadar kontaminan. Hal ini bertujuan agar kandungan didalam air laut yang diatasi oleh *cap* dapat dibandingkan dengan kandungannya dengan air laut yang tidak diatasi oleh *cap* yang diambil dari lokasi.

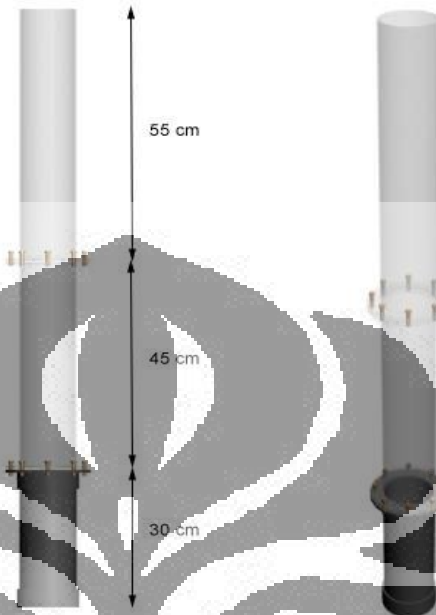
3.3 FABRIKASI KOLOM

Metode dari uji kolom ini dilakukan mengikuti metode yang diberikan oleh U.S Army Corps of Engineers 1987. Dengan penskalaan 1:0.5 dan penyesuaian pada lubang bukaan air. Dalam percobaan ini karena keterbatasan dana dan penelitian yang berupa studi awal maka hanya dibuat sebuah kolom berdiameter 4 inci. Kolom akan diisi material *cap* pasir.

Variasi yang akan diberikan pada kolom adalah ketebalan *cap*-nya. Untuk kolom pertama akan diberikan ketebalan 35 cm, selanjutnya kolom kedua 40 cm dan terakhir 45 cm. Perbedaan ketebalan kolom dibuat untuk melihat ketebalan *cap* mana yang mampu memberikan hasil optimal dalam menghalangi limbah sedimen terkontaminasi logam berat ke badan air setelah konsolidasi terjadi.

Limbah sedimen terkontaminasi yang diambil dari proses coring menggunakan pipa paralon (PVC) dengan ketinggian 30 cm selanjutnya diekstensikan dengan menambahkan 2 buah kolom berdiameter sama yakni 4 inci bermaterial akrilik sepanjang 45 cm untuk pasir dan 55 cm untuk air laut serta dibuat bukaan di jarak tiap jarak 15 cm dari permukaan tabung teratas untuk melihat profil vertikal kandungan logam pada air laut.

Kesemua sambungan dibuat drat agar tidak ada kebocoraan. Dibagian bawah kolom diberikan penutup agar tidak ada rembesan yang terjadi.



Gambar 3.3 Ukuran dan Bentuk 3D Tabung.

3.4 PROSEDUR TES KOLOM

Setelah material dan kolom selesai dibuat maka selanjutnya akan dijabarkan prosedur tes kolom yang akan dilakukan pada percobaan ini. Pertama adalah tes konsolidasi, selanjutnya coring kolom dan terakhir analisa kandungan logam berat. Adapun secara umum tes kolom ini dilakukan untuk melihat pengaruh konsolidasi terhadap *cap* dimana selanjutnya akan dikuantifikasikan total logam berat yang telah berpindah ke dalam lapisan *cap* setelah tes tersebut selesai dengan mengeluarkan lapisan dengan *ekstruder* dan diuji kandungannya dengan (*Atomic Adsorption Spectroscopy*) AAS.

3.4.1 Tes Konsolidasi

Tes konsolidasi dilakukan kepada kolom untuk melihat efeknya terhadap *cap* dalam rangka mengkuantifikasi total logam berat yang berpindah ke dalam *capping* akibat proses tersebut. Prosedur ini dimulai dengan persiapan material ke dalam kolom sampai dengan mengukur

konsolidasinya. Untuk persiapan awal, pada kolom telah terdapat limbah sedimen terkontaminasi logam berat didalam pipa paralon setebal 30 cm. Untuk mensimulasikan percobaan ini, maka langkah selanjutnya ialah menuangkan air ke dalam kolom untuk menggambarkan sebagai badan air dan selanjutnya barulah material *cap* dituangkan yakni berupa pasir dengan ketebalan sesuai desain yakni 35-45 cm. Air dituangkan dengan sangat perlahan agar tidak mengganggu sedimen terkontaminasi logam berat didalam kolom. Dengan menggunakan selang berdiameter 1,25 cm, air dialirkan ke dalam kolom dengan kecepatan kira-kira 0.06 liter per menitnya untuk 2 liter awal dan meningkat sekitar 0.2 liter per menit saat air sudah mencapai bagian kolom teratas. Kemudian kolom yang telah diisi dibiarkan selama 3 hari untuk memberi kesempatan kepada partikel padat tersuspensi untuk mengendap. Selanjutnya diambil sampel air awal untuk dianalisa.

Setelah 3 hari barulah lapisan *cap* dituangkan kedalam kolom dengan menggunakan sekop. Dengan kisaran 20 gram per menit sampai terbentuk lapisan *cap* dengan ketebalan yang sesuai desain. Setelah selesai maka kolom dibiarkan sampai 30-45 hari untuk konsolidasi. Selanjutnya konsolidasi yang terjadi diamati, diukur dan dicatat. Setelah konsolidasi berakhir maka lapisan air diatas *cap* diambil sesuai jarak bukaan untuk dianalisa kandungan logamnya.

3.4.2 *Coring* Kolom

Setelah 35- 45 hari barulah kolom di-*coring* untuk dianalisa agar terkuantifikasikan total logam berat yang berpindah ke lapisan *cap*. Pertama kolom didrainasikan. Setelah itu bagian pertama dari kolom akrilik diangkat dan selanjutnya barulah *coring* dilakukan.

Selanjutnya adalah ekstraksi dan pemotongan, untuk dianalisa maka sampel harus dipotong menjadi bagian kecil dengan ketebalan yang sesuai prosedur dengan mengeluarkannya menggunakan *core ekstruder*. Sampel lalu dipotong dengan ketebalan 1 cm, untuk memastikan tidak adanya kontak dari logam berat dengan bagian dalam tabung maka 0,6 cm

bagian terluar dipotong. Potongan sampel kemudian diletakkan ke dalam 140 ml *jar* untuk dinalisa.

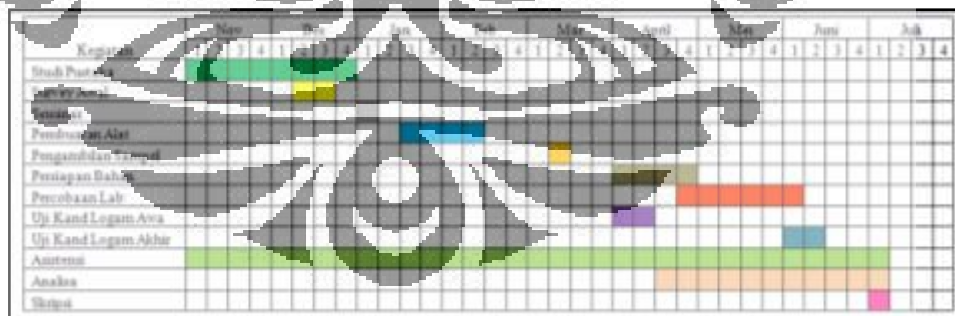
3.4.3 Analisa Kandungan Logam Berat

Setelah potongan sampel di dalam 140 ml *jar* didapatkan maka kandungan sampel tersebut akan dianalisa untuk dikuantifikasikan total logam berat didalamnya dengan AAS. AAS adalah suatu teknik analisa untuk mendapatkan konsentrasi suatu unsur (logam) dalam suatu sampel. Proses dalam AAS melibatkan 2 langkah, yaitu atomisasi sampel dan absorpsi radiasi dari sumber sinar oleh atom bebas. AAS terdiri dari 5 komponen utama. Komponen-komponen ini dikontrol oleh piranti lunak komputer.



Gambar 3.4 *Komponen Instrumen AAS*

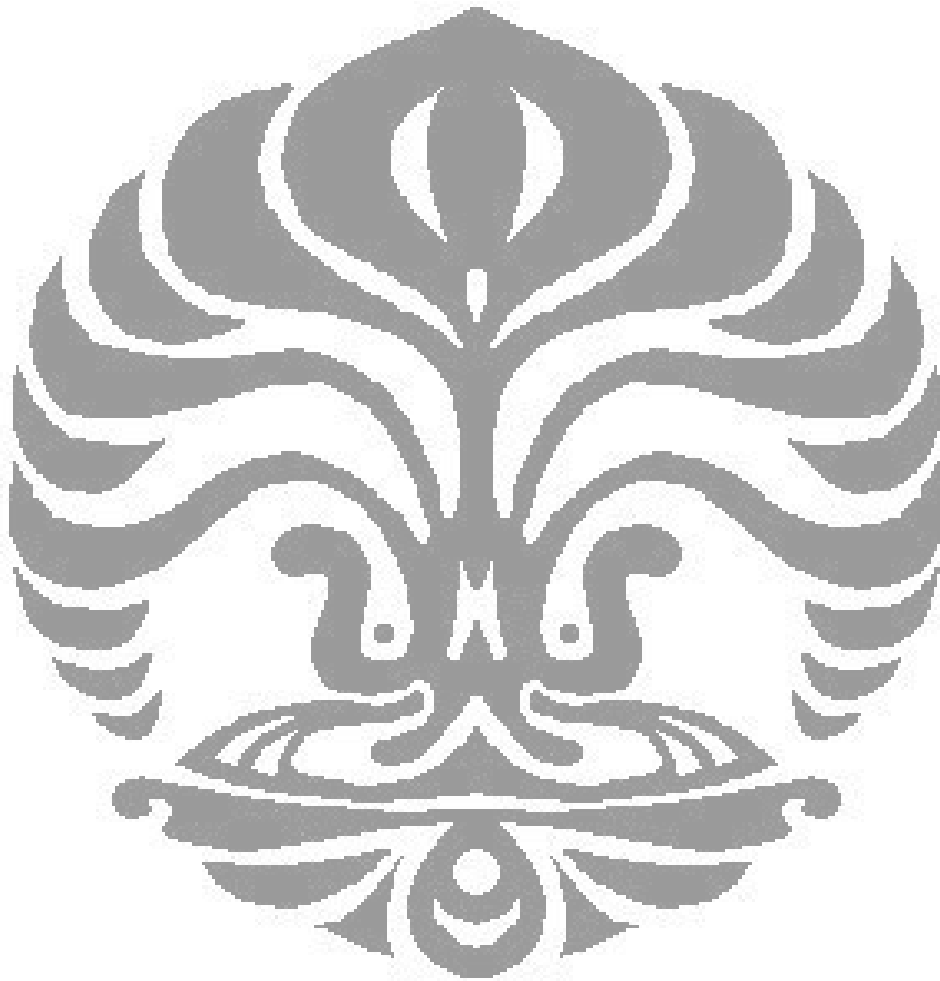
3.5 JADWAL PENELITIAN



Gambar 3.5 *Jadwal Penelitian*

Penelitian ini dimulai dari bulan November untuk studi kepustakaanya, selanjutnya survey awal dalam rangka mencari lokasi pengambilan sampel dilakukan di Desember awal. Setelah seminar selesai maka dimulai pembuatan alat pada minggu ke tiga Januari selama kurang lebih satu bulan. Selanjutnya pengambilan sampel dilakukan pada minggu

ke dua maret setelah minggu-minggu sebelumnya hujan dilokasi tersebut. Uji kandungan logam awal dilakukan selama dua minggu pada awal April dibarengi dengan persiapan bahan. Setelah diketemukan pencemar pada sedimen maka dari minggu akhir April sampai dengan minggu awal Juni dilakukan uji konsolidasi. Analisa kandungan logam akhir kemudian dilakukan dua minggu pada Juni awal dan asistensi dilakukan secara berkala dari awal sampai akhir.



BAB IV

PELAKSANAAN DAN ANALISA UJI LABORATORIUM

Dalam melakukan kegiatan penelitian, alur kegiatan yang dilakukan adalah merumuskan permasalahan yang mengacu pada fenomena di alam dan temuan sebelumnya yakni pencemaran logam berat di Teluk Jakarta. Kemudian menyusun hipotesis berdasarkan permasalahan tersebut yakni meyakini suatu metode yang mampu mencegah perpindahan logam berat ke air laut yaitu ISC dengan ketebalan desainnya serta menguji hipotesis tersebut yakni ketebalan desain ISC yang diperlukan dengan melakukan percobaan dan pengukuran baik di laboratorium maupun lapangan.

Selanjutnya data yang dihasilkan dari percobaan dan pengukuran yang dilakukan haruslah memenuhi persyaratan mutu tertentu agar dapat digunakan sebagai data hipotesis. Oleh karenanya dalam melakukan penelitian ini sebisa mungkin mengikuti prosedur yang ada agar kualitas data memenuhi persyaratan yang ditetapkan.

Didalam bab ini akan dipaparkan mengenai pelaksanaan dan analisa uji laboratorium yang meliputi pengambilan sampel, pengukuran kadar logam awal, pembuatan alat uji, uji konsolidasi, pengukuran logam akhir yang diikuti analisa hasil.

4.1 PENGAMBILAN SAMPEL

Kesimpulan yang akan diambil dari suatu penelitian sangat bergantung pada data hasil analisa dan kerepresentatifan bahan contoh yang diambil. Data yang mempunyai tingkat ketelitian dan akurasi yang rendah serta contoh yang tidak representatif akan menyebabkan kesimpulan yang diambil tidak menggambarkan keadaan sebenarnya dari yang diteliti untkap P.Hutagalung, Horas 2007.

Kualitas data yang dihasilkan laboratorium sangat bergantung pada keutuhan contoh uji yang sampai di laboratorium. Selama pengambilan, pengepakan, dan pengangkutan contoh dapat terjadi kehilangan dan kontaminasi sehingga contoh menjadi tidak utuh lagi. Terjadinya kehilangan mengakibatkan hasil analisa lebih rendah dari kadar yang sebenarnya dan kontaminasi adalah sebaliknya. Oleh karenanya harus dilakukan tindakan awal pencegahan untuk mempertahankan keutuhan contoh sedimen dan air sampai di laboratorium.

Pada maret 18 maret 2010, sampel diambil dari lokasi pengambilan sampel bersama dengan laboran dari laboratorium Mekanika Tanah Dept.Sipil FTUI. Pada hari ini ditargetkan terkumpul 3 buah sampel sedimen didalam pipa paralon berdiameter 10 cm dengan panjang 30 cm dan 1 buah wadah untuk sampel air dengan volume 5 liter. Namun untuk berjaga-jaga juga diambil 2 buah sampel sedimen tambahan didalam plastik 1 kg dan 1 buah sampel air tambahan didalam plastik 1kg.



Gambar 4.1 *Peralatan Sampel*

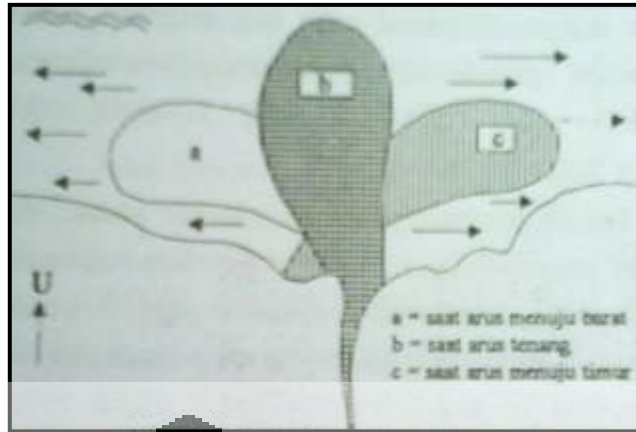
Dalam mempersiapkan wadah tempat contoh air, wadahtersebut harus dicuci bersih terlebih dahulu. Wadah ini berbahan dasar plastik polimer sehingga aman untuk dijadikan tempat menaruh sampel air laut yang kandungan anorganiknya yang akan dicari, begitu pula pipa paralon yang berbahan dasar poli vinil klorida. Wadah tidak boleh berbahan dasar logam dan alangkah baiknya jika berbahan dasar polietilen.

Penentuan untuk lokasi pengambilan contoh sangatlah penting karena berkaitan langsung dengan kerepresentatifan data. Dikarenakan

penelitian memakan biaya dan waktu yang tidak sedikit maka disepakatilah penelitian ini akan berupa *pilot project/ studi awal/ prototype* sehingga dari lokasi Teluk Jakarta yang begitu luas hanya mengambil sampel di Muara Cakung Drain, lokasi ini dipilih berdasarkan temuan logam berat pada penelitian sebelumnya yang serupa dengan logam berat yang akan penulis teliti yakni Pb, Cu, Zn. Lokasi ini dikelilingi oleh Kawasan Industri Berikat Nusantara dan sejumlah industri lainnya. Dengan adanya industri disekitar dan juga beban limbah dari pelabuhan kapal dan nelayan serta bentuk muara yang menjurus kedalam maka disimpulkan data logam berat pada lokasi ini dapat dijadikan acuan mengenai pencemaran logam berat di Teluk Jakarta. Begitu pula dengan uji konsolidasi yang dilakukan pada satu buah kolom dengan ketebalan pasir sesuai desain pada bab sebelumnya.

Didaerah seperti pantai maupun muara tingkat kesukaran pengambilan sampel yang representatif menjadi lebih tinggi dibandingkan sampel pada sungai, danau maupun waduk. Hal ini diakibatkan kualitas airnya sangat dipengaruhi oleh ruang dan waktu (pasang-surut, musim, kegiatan manusia dsb).

Didaerah muara sungai, pola sebaran air sungai sangat dipengaruhi oleh arus laut, pasang-surut dan debit air sungai. Kalau arah arus menuju barat maka aliran air sungai juga menuju barat. Pada saat pasang maka air laut akan tersebar disepanjang pantai sedang pada surut air laut akan cenderung mengarah keluar dari bibir muara seperti digambarkan pada gambar 4.2 dibawah. Adapun di lokasi yang sama nilai salinitas air laut pada saat surut dapat 5% sedangkan pada saat pasang 25%. Dengan demikian data penelitian saat kondisi pasang tidak dapat dibandingkan dengan surut karena kondisi salinitas yang berbeda. Begitu pula saat musim kemarau maka salinitasnya akan lebih tinggi dari musim penghujan. Salinitas atau kadar garam inilah yang menyebabkan kandungan logam untuk air laut memerlukan ekstraksi terlebih dahulu yang selanjutnya akan dijelaskan pada sub bab pengujian kandungan logam.



Gambar 4.2 Pola Sebaran Massa Air Sungai di Muara

Pada penelitian ini data diambil saat kondisi surut karena dibandingkan dengan penelitian sebelumnya di kondisi yang sama adapun untuk musim pada bulan Maret masuk musim penghujan dengan arus yang tenang meskipun pada kenyataannya selama dua minggu sebelum pengambilan sampel dan hari H cuaca sangat kering dan panas. Untuk lokasi dari penelitian yang pernah ada maka terpaksa bergeser ke arah timur sejauh kurang lebih 1 Km dikarenakan pada muara Cakung Drain sedimen yang diinginkan tidak diketemukan karena sedimennya sudah berupa sampah dengan kedalaman lebih dari 5 m sehingga sulit ditemukan sedimennya. Lokasi yang kemudian dipakai bernama muara Banjir Kanal Timur. Saat pengambilan dilakukan pada jam 3 sore ketika air laut sudah mulai surut sehingga salinitasnya rendah. Sedimen didapati didaerah yang terjadi penumpukkan massa tanah, di pinggir-pinggir alur sungai.

Untuk daerah pelabuhan, muara sungai dan perairan dangkal sampel air laut dapat diambil didekat permukaan (1m) maupun 0,5 m dari

dasar. Karena saat itu keadaan sangat surut, kedalaman air hanya berkisar 0,5 m bahkan kurang di bibir muara maka contoh air diambil disekitar kedalaman itu begitupun dengan sampel sedimen yang diambil 30 cm dibawah permukaan sedimen.

Pengambilan sampel untuk sedimen dilakukan dengan mengambil sampel *undisturbed* dengan meng-*coring*. Paralon ditancapkan ke sedimen dan ditekan sampai volumenya mencapai ketinggian 30 cm. Pada awalnya cukup sulit mengambil sampel dikarenakan tanah disekitar muara ini berpasir. Sampai akhirnya ditemukan beberapa titik di bibir muara yang tanahnya menumpuk membentuk sedimen, setelahnya sampel sedimen diawetkan dengan memplastik kedua ujungnya agar hampa udara dan kandungannya tidak berubah. Pengawetan sampel sedimen juga dapat dimalam agar awet berbulan-bulan namun karena tidak membutuhkan waktu yang cukup lama untuk membawa ke laboratorium maka sampel hanya di plastik saja.

Untuk sampel air, dengan wadah diambil air dikedalaman 0-0,5 m dan segera ditutup. Sampel air ini kemudian ditaruh di laboratorium dengan suhu ruangan. Akan lebih baik lagi jika ditaruh di lemari es, namun hal itu kurang memungkinkan karena di laboratorium tidak tersedia lemari es yang besar untuk menampung wadah.

Pengawetan air seperti menambahkan bahan kimia juga diperlukan apabila sampel yang akan diteliti disimpan sampai berbulan-bulan, Pengawetan menjadi penting karena ditakutkan logam yang ada mengendap sehingga kehilangan maupun menguap dan teradsorpsi pada dinding penyimpanan dapat terjadi. Karena waktu laboratorium cukup padat maka sampel akhirnya menunggu sekitar 2 minggu sebelum dapat di uji kandungannya.

4.2 MENGUKUR KANDUNGAN PB, ZN, & CU DALAM SEDIMEN

Pada tanggal 7 April 2010 sampel sedimen dibawa ke laboratorium afiliasi MIPA UI. Disini sampel akan diukur kandungannya dengan AAS. Pengukuran sampel sedimen memerlukan waktu preparasi yang cukup

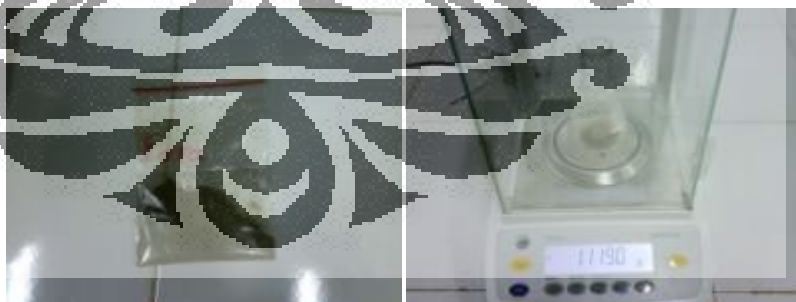
lama dikarenakan sampel tersebut harus dioven agar kering sempurna, berikut adalah tahapan yang dilakukan.

Pertama sedimen yang ada diambil menggunakan spatula dan dimasukkan ke dalam gelas ukur. Diambil secukupnya dan diacak pengambilannya. Setelah sampel sedimen didapatkan maka kemudian sedimen tersebut akan dicari berat keringnya dengan cara dikeringkan didalam oven yang bersuhu kurang lebih titik didih air (105°C) sampel dikeringkan kurang lebih 2 jam didalam oven tersebut akan tetapi sampel kali ini membutuhkan waktu lebih lama agar benar-benar kering.



Gambar 4.3 *Pengeringan Sedimen*

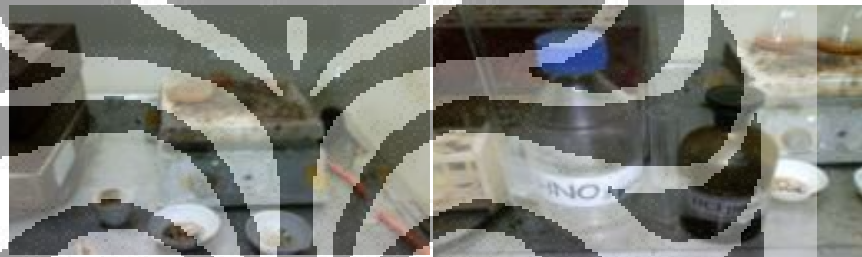
Setelah sampel benar-benar kering dilanjutkan dengan menimbang berat sampel kurang lebih 1 gr ditimbangan digital dan dicatat berat terukurnya. Dalam menimbang pastikan berat tabung tidak diukur dengan cara mengeset timbangan sama dengan 0 segera setelah sampel sedimen kering ditimbang.



Gambar 4.4 *Penimbangan Sampel*

Setelah sampel kering ini didapatkan kemudian akan dilarutkan dengan larutan Aqua Regia yang terdiri dari campuran larutan HNO_3 dan HCl dengan perbandingan 1:3 hal ini dimaksudkan agar semua logam terlarut kedalam larutan tersebut (sebenarnya logam terlebih dulu larut dengan asam, selanjutnya yang tertinggi larut dengan menggunakan

larutan Aqua Regia). Tanda bahwa sedimen kita semua logamnya telah larut adalah dengan indikasi sampel akan berwarna putih karena hanya Silika saja yang tidak terlarut sebagai unsur dominan dalam sampel tanah dan sedimen. Untuk mengetahui secara visual keberadaan logam dalam sedimen maka pada besi akan dihasilkan warna merah, nikel berwarna hijau dan Pb kekuningan ini berlaku jika konsentrasinya yang terdapat dalam sampel sedimen cukup tinggi. Larutan Aqua Regia sendiri berwarna jingga. Kemudian akan dipanaskan sampai terlarut sepenuhnya. Proses ini membutuhkan waktu yang bervariasi. Untuk sampel sedimen ini telah menghabiskan waktu sekitar dua hari bahkan salah satu sampel belum terlihat Silikanya oleh karenanya dibakar kembali di dalam *furnace* bersuhu 4.000°C selama 20 jam agar semua kandungan organiknya lenyap.



Gambar 4.5 Menghilangkan Kandungan Organik pada Sampel

Segera setelah larutan tersebut sepenuhnya terlarut dan dipanasi sampai menguap terus sehingga volumenya tinggal 1 ml maka larutan akan disaring dengan kertas saring. Akan tetapi larutan tersebut harus diencerkan dengan air suling sebanyak 2-5 kali dari vol larutan sedimen kita, sehingga air suling yang dibutuhkan kurang lebih 5 ml.

Setelah itu larutan dimasukkan kedalam tabung erlenmeyer berkapasitas 25 ml. Larutan yang telah dimasukkan ke dalam tabung tersebut akan ditera (dimasukkan air suling ke tabung sampai batas 25 ml terpenuhi).



Gambar 4.6 Mentera Sampel Sedimen

Segera setelah larutan ditera maka tabung akan dimasukkan ke dalam alat AAS untuk ditembak sehingga absorbansinya dapat diketahui. Semakin tinggi absorpsi yang didapatkan maka konsentrasi (banyaknya atom Pb/Zn/Cu dalam larutan akan semakin tinggi). Dalam menganalisa hubungan absorpsi dan konsentrasi yang bersifat linear ini ternyata ada batasan yang disebut dengan wilayah kerja alat dimana jika lewat dari wilayah kerja ini maka terjadi kejenuhan atau *saturated* sehingga grafik tidak lagi linear melainkan stagnan. Jika kondisi ini terjadi maka ada dua kemungkinan. Jika absorpsi terlalu tinggi dari batas kerja maka larutan akan diencerkan sesuai dengan berapa kali penambahan vol air. Namun jika terlampau rendah maka proses diulang dari awal untuk mendapatkan larutan yang lebih pekat.

Untuk mempersiapkan pengukuran dengan Metode AAS maka sebelumnya harus dibuat larutan standar sesuai dengan jenis logam yang akan diukur. Konsentrasi dari larutan standar bervariasi dari 0,5–10 ppm tergantung dari wilayah kerja alat yang diinginkan. Serta kita harus memastikan alat AAS ini bersih dengan melakukan demineralisasi menggunakan air suling yang dialirkan melalui pipa kapiler kedalam alat AAS untuk ‘mencuci’ alat tersebut dari logam berat hasil pengetesan sebelumnya.



Gambar 4.7 Larutan Standar Pb dan Demineralisasi

Selanjutnya setiap larutan standar akan dites menggunakan alat AAS dengan cara memasukkan pipa kapiler (berdiameter sangat kecil) untuk menghisap larutan. Larutan yang telah dihisap akan disemprotkan (seperti spray) ke dalam bagian furnace (pembakaran) dari alat AAS. Guna pembakaran ini ialah mengatomisasi logam-logam yang terkandung dalam larutan. Setelah terbentuk atom maka akan ditembakkan cahaya lampu

yang panjang gelombang dan intensitasnya bergantung pada jenis logam yang akan dilihat konsentrasinya. Pengaturan ini berlaku otomatis sehingga kita tidak perlu mengeset nilainya. Setelah ditembakkan cahaya maka akan diketahui nilai absorpsi dari atom tersebut yang kemudian akan di gambarkan dalam grafik absorbsansi dengan konsentrasi.



Gambar 4.8 Lampu dan proses pembakaran AAS

Setelah didapatkan grafik yang linear dengan nilai regresi berkisar 0,999 maka selesai sudah pembuatan wilayah kerja alat dengan demikian grafik AAS telah siap digunakan untuk mengetes sampel.

Sampel yang sudah dites akan didapatkan konsentrasinya berdasarkan persamaan grafik yang dibuat oleh larutan standar dengan wilayah kerja yang telah dibuat. Maka akan didapatkan kadar logam sesuai rumus berikut ;

$$\text{Kadar (ppm)} = \frac{\text{konsentrasi logam dari AAS} \times \text{vol akhir larutan contoh (ml)}}{\text{berat contoh sedimen (gr)}}$$

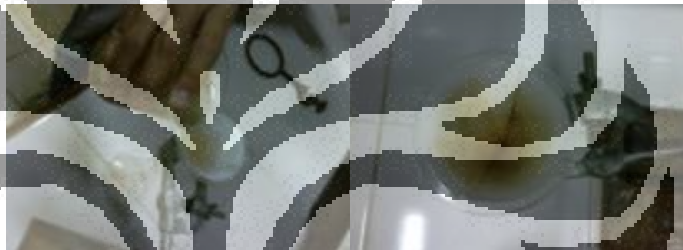
Hasil pengukuran sampel sedimen akan dibahas di sub-bab berikutnya. Pengukuran sampel untuk kandungan akhir yang membedakan hanyalah waktu peggerusannya yang lebih cepat dikarenakan sampel berupa pasir sudah sangat halus. Total sampel yang diujikan ialah sampel keadaan awal berupa sedimen, dan sampel hasil uji konsolidasi di tiga kedalaman desain berupa pasir halus. Adapun pengambilan sampel di kedalaman desain akan dijelaskan di sub-bab uji konsolidasi.

4.3 MENGUKUR KANDUNGAN PB, ZN, CU DALAM AIR LAUT

Seperti yang dijelaskan pada sub bab diatas, air laut mempunyai kadar garam/ salinitas. Dengan adanya garam tersebut maka pengukuran logam tidak mungkin dilakukan secara langsung akan tetapi harus

diekstrak terlebih dahulu dengan larutan MIBK. Disini dilakukan proses keduanya yakni dengan pengestrakkan (sesuai prosedur) maupun tanpa pengestrakkan (untuk mengestimasi secara kasar). Selanjutnya akan dijabarkan mengenai proses pengukuran, pengestrakkan dan di subbab selanjutnya akan dibahas hasilnya. Adapun sampel air yang diujikan adalah sampel air laut awal dan sampel air di titik 1,2,3 (akan dijabarkan di subbab uji konsolidasi).

Pertama sampel air yang ada diambil 100 ml dan dimasukkan kedalam gelas ukur. Sampel air yang masih keruh ini kemudian disaring dengan menggunakan kertas saring dengan cara memasukkan air ke dalam corong yang dilapisi kertas saring ke tabung erlenmeyer.



Gambar 4.9 *Penyaringan Sampel Air Laut*

Untuk sampel air laut kandungan akhir (setelah uji konsolidasi) tidak lagi diperlukan penyaringan karena sampel air laut bersih dari pengotor dan partikel melayang. Setelah didapatkan sampel yang bersih kemudian sampel akan diukur Ph nya. Didapatkan nilai Ph senilai rerata 6 untuk sampel ini. Ph kemudian diatur sampai dengan rerata 3 dengan menambahkan larutan HCl 6 Mol. Hal ini dikarenakan pada Ph 3 Larutan APDC dan MIBK akan mengekstraksi logam secara maksimal.



Gambar 4.10 *Pengukuran Nilai Ph*

Setelah ph larutan diatur maka larutan dimasukkan ke dalam tabung ekstraksi. Selanjutnya di tambahkan larutan penyangga yakni APDC 2 % sebanyak 5 ml kedalam tabung ekstraksi dan dikocok kurang-

lebih 1-2 menit untuk mengekstraksikan air laut. Setelahnya ditambahkan larutan MIBK sebanyak 25 ml dan dikocok kembali sampai fasanya terpisah menjadi dua bagian yakni fasa air dan organik untuk mengekstraksikan logam berat.



Gambar 4.11 Larutan APDC dan MIBK

Setelahnya maka fasa air akan dibuang dan dapat dijadikan larutan blanko. Selanjutnya larutan yang tersisa 30 ml ditambahkan larutan HNO_3 pekat sebanyak 1ml dan 9 ml aquades untuk pengenceran kemudian diaduk kembali dan dibiarkan sampai larutan terpisah menjadi dua fasa yakni fasa air dan organik.



Gambar 4.12 Fase Air & Organik pada Air Laut di titik 1,2,3



Gambar 4.13 Fase Air & Organik pada Air Laut Awal

Setelahnya fasa air diambil sehingga tersisa larutan 10 ml untuk kemudian dites dengan menggunakan AAS dengan cara kerja sama seperti

pengetesan sampel sedimen. Disini terlihat fasa air laut dititik 1,2,3 yang perolehannya akan dijelaskan di sub-bab uji konsolidasi tampak lebih keruh (gambar 4.12) dibandingkan fasa air laut awal (gambar 4.13). Hal ini disebabkan diawal, air laut titik 1,2,3 sudah jernih sehingga tidak disaring dengan demikian pengotor dan organiknya masih besar, sedangkan pada air laut awal disaring karena pada dasarnya sampel air laut ini sangat keruh dan berwarna sehingga setelah melewati saringan pengotor dan kandungan organiknya sudah tersaring terlebih dahulu. Namun hal ini tidak begitu berpengaruh karena pada dasarnya ekstraksi MIBK memang digunakan untuk mengikat fasa organik ini.

4.4 UJI KONSOLIDASI

Sebelum melakukan uji konsolidasi dilakukan beberapa persiapan yakni mempersiapkan alat uji dan pasir bersih yang akan digunakan sebagai bahan *In Situ Capping*. Tabung yang digunakan pada uji konsolidasi sebagaimana dijelaskan pada bab 3 merupakan tabung akrilik. Pada tanggal 19 Februari 2010 bersama pembuat tabung, bapak Agung Ariawan melakukan tes terlebih dahulu dengan memasukkan air kedalamnya untuk melihat apakah tabung dapat menerima tekanan dan tidak bocor. Air dimasukkan melalui selang sampai penuh seluruhnya lalu dibiarkan selama beberapa jam. Setelah dipastikan tidak bocor dan kuat barulah tabung dinyatakan siap dipakai.



Gambar 4.14 Pengecekan Tabung

Untuk bagian tutup/Dop tabung ini diberi *seal-tape* agar tidak terjadi kebocoran. Pada selang-selang air di tiap kedalaman agar tidak

bocor dapat dibengkokkan sebelum dipakai. Setelah tabung selesai diuji maka dipisahkan lagi bagian-bagiannya agar mudah dalam pengangkutannya. Setelah sampai di lab barulah tabung dapat dirangkai kembali. Pembuatan tabung memakan waktu cukup lama, dari konsultasi desain, perubahan desain dan pembuatan serta penambahan aksesoris memakan waktu satu bulan.

Setelah persiapan tabung maka selanjutnya disiapkan pasir yang akan dipergunakan. Sesuai penjelasan pada bab-bab sebelumnya maka penulis mencari pasir yang tidak hanya bersih namun juga mengandung kadar organik. Selanjutnya didapatkan pasir halus yang berwarna keabuan; *Natural Sand* dengan ukuran butiran termasuk jenis *Fine Sand*. Untuk mengetahui kadar organiknya maka dilakukan tes kandungan organik yang akan dijelaskan dibawah ini.

Tes kandungan organik dan gradasi untuk pasir dilakukan pada tanggal 27 April 2010 di Laboratorium Struktur dan Bahan, Departemen Teknik Sipil UL. Pertama-tama pasir dimasukkan kedalam labu erlenmeyer kurang lebih 1/3 isi labu.



Gambar 4.15 *Pasir Uji*

Pasir yang dipakai tidak dicuci terlebih dahulu karena proses pencucian akan mengurangi kadar organik yang terdapat didalam pasir. Selanjutnya dibuatlah larutan NaOH 3 % dengan mencampurkan 3 bagian NaOH kedalam 97 bagian air suling.



Gambar 4.16 *Pembuatan Larutan NaOH*

Setelahnya larutan NaOH 3% tersebut ditambahkan hingga mencapai 2/3 isi botol. Kemudian botol dikocok. Botol dikocok-kocok sampai NaOH terlarut dan dibiarkan selama beberapa saat. Warna yang terdapat pada cairan diatas pasir kemudian dibandingkan dengan palet warna.



Gambar 4.17 Uji Warna Organik

Semakin hitam warna maka kandungan organiknya makin tinggi. Karena pasir jenis ini cukup kelam warnanya maka pasir tersebut mempunyai kandungan organik yang cukup tinggi yang diharapkan mampu menghalau penjalaran logam berat.

Setelah uji kandungan organik dan pasir dinyatakan mempunyai kandungan organik yang cukup tinggi, sekarang pasir diuji Sieve Analysis untuk melihat sebaran butirannya. Pertama-tama sampel berupa agregat halus, yakni pasir sebanyak 500 gr dikeringkan didalam oven dengan suhu $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap. Kemudian benda uji disaring dengan susunan saringan paling besar diatas dengan mesin pengguncang. Saringan sesuai dengan standar ASTM yakni: 76,2 mm (3"); 63,5 mm (2 1/2"); 50,8 mm (2"); 37,5 mm (1 1/2"); 25 mm (1"); 19,1 mm (3/4"); 12,5 mm (1/2"); 9,5 mm (3/8"); no.4; no.8; no.16; no.30; no.50; no.100; no.200. Kemudian dicatat dan ditimbang agregat halus yang tertahan di tiap saringan.



Gambar 4.18 Uji Saringan Agregat Halus

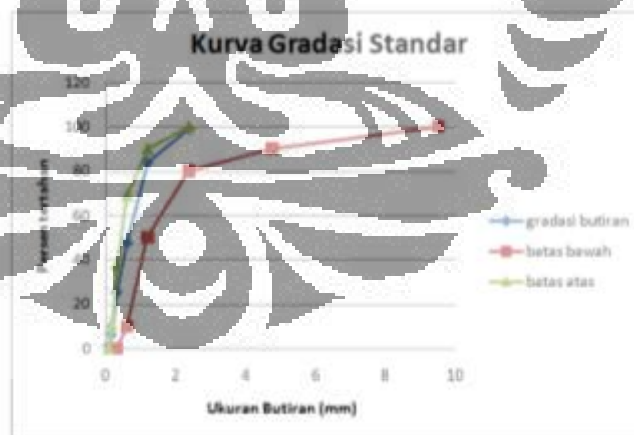
Berikut adalah tabel hasil analisa agregat halus dan kurva kumulatif dari analisa saringan agregat halus. Dari kurva dan tabel maka terlihat bahwa pasir ini mempunyai rata-rata ukuran butiran sebesar 2,640 mm. Pada grafik terlihat pasir uji berada diatas kurva batas atau untuk pasir halus sehingga gradasi butirannya kurang baik. Tetapi memang penulis menginginkan pasir berbutir sangat halus agar diameter pori-porinya pun saat menjadi *cap* untuk ISC semakin kecil dan rapat.

Tabel 4.1. Gradasi Butiran Pasir

| SIEVE SIEZE (MM) | SAMPLE NO.1 | | | SAMPLE NO.2 | | | AVERAGE | |
|------------------------|----------------------|--------------|--------------|---------------------|--------------|--------------|---------|-------|
| | WEIGHT RET. GRAMS | CUM % RET | IND % RET | WEIGHT RET GRAMS | CUM % RET | IND % RET | IND % | CUM % |
| 9.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.75 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.36 | 6 | 1.2 | 1.2 | 7 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 |
| 1.18 | 24 | 6 | 4.8 | 29 | 7.2 | 5.8 | 5.3 | 6.6 |
| 0.6 | 89 | 23.8 | 17.8 | 102 | 27.6 | 20.4 | 19.1 | 25.7 |
| 0.3 | 108 | 45.4 | 21.6 | 113 | 50.2 | 22.6 | 22.1 | 47.8 |
| 0.15 | 185 | 82.4 | 37 | 176 | 85.4 | 35.2 | 36.1 | 83.9 |
| 0.074 | 84 | 99.2 | 16.8 | 69 | 99.2 | 13.8 | 15.3 | 99.2 |
| PAN | 4 | 100 | 0.8 | 4 | 100 | 0.8 | 0.8 | 100 |
| TOTAL | | | 100 | | | 100 | 100 | |

Sumber: Olahan Sendiri.

Grafik 4.1. Kurva Gradasi Standar



Sumber: Olahan Sendiri.

Setelah pasir dan tabung telah siap untuk diuji maka percobaan uji konsolidasi pun dapat dimulai. Sesuai penjabaran pada bab-bab sebelumnya uji ini bertujuan untuk mendapatkan ketebalan *cap* yang berkurang akibat proses konsolidasi.

Uji konsolidasi dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Departemen Teknik Sipil UI dari tanggal 30 April 2010 sampai dengan 7 Juni 2010 (38 hari). Pertama-tama dipersiapkan sampel sedimen yang telah kita ambil. Selanjutnya bagian bawah sampel ditutup dengan tutup/*Dop* dengan sebelumnya menyelimuti tutup dengan *seal tape* agar tidak bocor, lalu ditutup dengan kuat dan keras. Selanjutnya pasang *flange* dileher paralon sampai pas dipermukaan paling atas dari paralon.



Gambar 4.19 *Bagian Bawah Tabung*

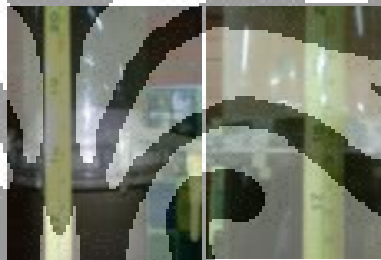
Setelah bagian bawah ini selesai maka kemudian disambungkan dengan bagian tengah yang berupa akrilik transparan untuk pasir. Kemudian kemudian sambungkan dengan bagian teratas untuk air laut, putar skrup kuat-kuat agar tabung tidak lepas.

Setelah tabung tergabung menjadi satu. Maka tahap selanjutnya adalah menuangkan air laut kedalam tabung secara perlahan-lahan dengan botol air suling. Air laut ini merupakan air laut bersih. Air laut yang dialirkan sedikit demi sedikit agar sedimen didalam bagian bawah tabung tidak terganggu terlalu banyak. Setelah air laut selesai dituang maka tabung dibiarkan selama kurang lebih satu hari agar partikel-partikel dalam sedimen yang naik dapat turun kembali. Tetapi pada saat pelaksanaannya diamati bahwa hanya dalam waktu 3 jam sedimen telah mengalami penurunan akibat konsolidasi akibat air laut di atasnya. Oleh karenanya penuangan *cap* berupa pasir ke dalam tabung tidak usah ditunggu lagi dan dengan segera dilakukan.



Gambar 4.20 *Penuangan Pasir & Air Laut kedalam Tabung*

Pasir dituangkan perlahan-lahan menggunakan corong. Pasir pada awalnya akan tercampur dengan air laut oleh karenanya ditunggu sampai pasir benar-benar turun. Pasir dituangkan sampai bagian tengah tabung. Selanjutnya akan diamati penurunan yang terjadi akibat proses konsolidasi dengan menggunakan meteran untuk mengukur tinggi *cap* setiap hari dalam waktu kurang lebih satu bulan (38 hari), sampai penurunan sudah tidak terjadi lagi dan ketinggian *cap* sudah konstan.



Gambar 4.21 *Pengukuran Konsolidasi Cap.*

Berikut adalah rangkuman tabel pencatatan yang penulis lakukan berdasarkan konsolidasi yang terjadi. Pencatatan dan grafik selengkapnya ada pada lampiran, dan pembahasan mengenai hasil uji konsolidasi ini selanjutnya ada pada sub bab analisa hasil uji konsolidasi.

Tabel 4.2. *Rangkuman Pencatatan Ketinggian Cap*

| Hari | Ketinggian |
|------|------------|
| 1 | 50.5 |
| 5 | 46.5 |
| 10 | 45.5 |
| 15 | 43.5 |
| 20 | 43.5 |
| 25 | 43 |
| 30 | 43 |
| 35 | 43 |

Sumber: Olahan Sendiri.

Dari tabel rangkuman konsolidasi yang ada, terlihat bahwa sejak pada hari ke 15 terlihat penurunan ketinggian *cap* terjadi sangat lambat dan kemudian pada hari ke 25 sampai percobaan uji konsolidasi selesai ketinggian *cap* sudah konstan. Setelah uji konsolidasi selesai dilakukan maka kemudian sampel akan diujikan kandungan logam akhirnya untuk mengukur logam yang dapat ditahan laju penjarannya dengan ketebalan ISC. Sesuai desain pada bab sebelumnya maka ketebalan ISC yang didesain adalah 35, 40 dan 45 cm. Oleh karenanya pengambilan sampel pasir pun disesuaikan dengan ketinggian desain tersebut. Untuk sampel air laut akan dilihat per titik yang berjarak 15 cm, titik 1 diambil dari permukaan pasir sampai diketinggian 60 cm dari permukaan pasir, titik 2 diambil dari ketinggian 60-75 cm dan titik 3 sebagai titik teratas diambil dari 75 cm sampai dengan permukaan air teratas. Adapun tahapan pengambilan sampel adalah sebagai berikut.

Pada 7 Juni 2010 setelah 38 hari uji konsolidasi dan penurunan *cap* sudah hampir tidak terjadi sehingga ketinggian *cap* sudah konstan, maka mulai dibukalah keran-keran air yang terpasang pada tabung bagian atas. Keran-keran air yang berjumlah 3 buah titik itu dibuka dan diambil 500 ml airnya untuk uji logam. Titik terbawah adalah titik 3 dan selanjutnya 2 dan yang teratas adalah 1. Tujuannya adalah mengukur kandungan logam pada kolom air tersebut agar dapat dilihat apakah ketebalan pasir mampu mencegah perpindahan logam ke badan air. Air laut ini ditampung didalam botol minum yang kemudian dilabeli dan ditutup rapat.



Gambar 4.22 Pengambilan Sampel Air Laut Kandungan Akhir

Setelah sampel air laut diambil, maka kemudian esok hari pada tanggal 8 Juni 2010 sampel pasir dikeluarkan. Penungguan satu hari ini

agar sampel pasir sudah stabil sehingga lebih mudah dalam pengambilannya, terlihat pada gambar 4.23 air yang ada pada permukaan masih tersisa dan diambil. Kesulitan dialami saat mengambil sampel pasir ini dikarenakan pada bagian permukaan pasir sudah sangat lembek karena air. Oleh karenanya kemudian digunakan paralon berdiameter 4 cm untuk mengambil contoh pasir untuk kemudian dikeluarkan dengan ekstruder. Dengan menggunakan sendok plastik pasir kemudian diambil sesuai ketinggian desain yakni lapisan 40-45 cm, 35-30 cm, dan juga 25-30 cm untuk melihat apakah dibawah ketinggian desain masih terdapat logam atau tidak.



Gambar 4.23 Pengambilan Sampel Pasir Kandungan Akhir

Sampel-sampel pasir kemudian masing-masing diambil 500 gr didalam plastik yang kemudian ditutup dengan rapat. Pada ketinggian 25-30 cm ternyata pasir sebenarnya tidak selembek yang diperkirakan sehingga tabung akrilik dapat dilepas dan pasir dapat diiris untuk mendapatkan sampelnya, dan paralon sebesar 4 cm pun tidak diperlukan karena memang sampel yang diinginkan tidak menjadi sampel *undisturbed* karena disini hanya akan dilihat kandungan logamnya saja.

Sampel air laut dan sampel pasir ini kemudian dibawa kembali ke laboratorium Afiliasi FMIPA UI untuk diujikan kandungan akhirnya. Metode pengujian kandungan akhir menggunakan AAS sama dengan metode pengujian kandungan awal yang keduanya telah dijabarkan pada sub bab mengukur kandungan Pb, Cu, dan Zn pada air laut dan sedimen.

4.5 ANALISA KANDUNGAN Pb, Cu, Zn AWAL

Pada sampel sedimen yang didapatkan, sampel ini kemudian diukur kandungan logamnya. Hal ini agar sampel tersebut benar-benar valid mengandung logam sehingga sampel dapat diujikan. Untuk standar kandungan logam yang terdapat didalam air laut maka digunakan standar DKI Jakarta selaku tempat studi kasus ISC pada penelitian kali ini. Standar ini berbeda-beda tiap daerah dan lebih makro lagi tiap negara. Akan tetapi untuk standar sedimen digunakan standar dari Amerika karena standar dari DKI Jakarta belumlah ada, pada standar ini dirujuk dikarenakan laporan Oseanografi LIPI menggunakan standar rujukan yang sama untuk kadar logam maksimum pada sedimen.

Adapun tabel baku mutu air laut untuk pelabuhan maupun wisata bahari yang dikeluarkan oleh Kementerian Negara Lingkungan Hidup dirujuk dari bab 2 pada sub bab 2.4 Pencemaran Logam Berat yakni tabel 2.1 dan 2.2. Adapun dari hasil pengukuran dilaboratorium terhadap sampel untuk kandungan awal didapatkan nilai rerata sebagai berikut.

Tabel 4.3 *Kandungan Logam Awal pada Pasir & Sedimen*

| NO. | PARAMETER | AIR | PASIR | UNIT |
|-----|-----------|---------|-------|------|
| 1 | Pb | 0.0581 | 20.1 | Ppm |
| 2 | Cu | 0.1388 | 19.9 | Ppm |
| 3 | Zn | 0.03159 | 139.9 | Ppm |

Sumber: Olahan Sendiri.

Dari tabel diatas maka nilai Pb yang didapatkan telah melewati Nilai ambang batas (NAB) yang ditetapkan oleh KMNLH untuk pelabuhan (tabel 2.1) dan wisata bahari (tabel 2.2) yang masing-masing bernilai 0,05 ppm dan 0,005 ppm. Nilai yang didapatkan adalah 0,0581 dengan demikian air laut pada sampel dapat dikatakan mengalami pencemaran logam berat Pb meskipun pada NAB untuk pelabuhan kandungan Pb masih ada disekitar ambang batasnya.

Adapun menurut sumber lain dikatakan bahwa Pb yang normal dalam air laut yakni 0,03 ppb (M. Waldichuck, in: Verberg & Venberg (Ed.) *Some Biological Concern in Heavy Metals Pollution. Pollution and Psysiology of Marine Organism*. Academic Press, London, 1974, 231).

Sedangkan Ambang Batas (NAB) yang ditetapkan oleh KMNLH (Pedoman Penetapan Baku Mutu Lingkungan) yakni Kep-51/MNLH/2004. Sekretariat Negara, Jakarta, 2004 untuk kepentingan biota laut yakni 0,008 ppm. Dan Kadar Pb sebesar 0,1–0,2 ppm telah dapat menyebabkan keracunan pada jenis ikan tertentu (L. Thamzil, S. Suwirna, dan S. Surtipanti, Majalah Batan, XIII/3 (1980) 41-58).

Untuk kadar Pb dalam sedimen adalah sebesar 20.1 ppm. Dikarenakan tidak ada penetapan kadar Pb yang dikeluarkan KMNLH maka dibandingkan dengan literatur yang ada. Untuk kadar Pb dalam sedimen yang dijumpai di daerah Tor Bay Grand Bretagne yang relatif tidak tercemar, mempunyai kandungan dengan kisaran antara 21,3–65,7 ppm (S.S. Thayib, & H. Razak, 1988, hal.114 – 131). Selanjutnya menurut Reseau National d'Observation kadar normal Pb dalam sedimen yang tidak terkontaminasi berkisar antara 10–70 ppm. Sedangkan Moore & Ramamoorthy menyatakan kadar logam berat yang terdapat dalam sedimen yang tidak terkontaminasi paling rendah adalah sebesar 0,01 ppm.

Dengan kadar Pb yang mempunyai nilai rerata sebesar 20,10 ppm hal ini mengindikasikan bahwa sedimen Teluk Jakarta telah terkontaminasi logam Pb tetapi belum bisa dikatakan tercemar karena masih berada di dalam batas diatas.

Adapun dibawah ini merupakan tabel kandungan Pb, Cd, Cu, Zn, dan Ni yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Terlihat kandungan Pb dibagian barat Teluk Jakarta yang penulis uji memiliki kisaran yang kurang lebih sama. Tabel ini hanya berupa rujukan, kandungan logam yang ada pada bagian barat Teluk Jakarta bisa saja lebih tinggi dikarenakan penulis hanya mengambil sampel dari satu titik saja dan kondisi pengambilannya serta waktunya pun berbeda.

Tabel 4.4 Kadar logam berat dalam sedimen di Teluk Jakarta

| No | Parameter | Waktu Penelitian | |
|----------------------------|-----------|------------------|----------------|
| | | Juni 2003 | September 2003 |
| Bagian Barat Teluk Jakarta | | | |
| 1 | Pb | 8,49 – 31,22 | 13,08 – 27,95 |
| 2 | Cd | 0,08 – 0,47 | <0,001 – 0,20 |
| 3 | Cu | 15,81 – 193,75 | 13,81 – 63,45 |
| 4 | Zn | 82,18 – 533,59 | 84,12 – 258,82 |
| 5 | Ni | 5,95 – 35,38 | 0,99 – 2,97 |

Sumber: MAKARA, SAINS, VOL. 11, NO. 1, APRIL 2007: 28-36, Pemantauan Kadar Logam Berat Dalam Sedimen Di Perairan Teluk Jakarta

Untuk kadar Cu didapatkan sebesar 0,1388 Ppm. Nilai ini sudah melewati NAB untuk pelabuhan (tabel 2.1) dan wisata bahari (2.2) yang masing-masing bernilai 0,05 ppm. Adapun menurut sumber lain maka kadar Cu normal didalam air laut berkisar antara 0,002-0,005 ppm (H. Palar, Pencemaran & Toksikologi Logam Berat. Penerbit Rineka Cipta, Jakarta, 1994, p.152) dan 2 ppb atau 0,002 ppm oleh M. Waldichuck, in: Verberg & Venberg (Ed.) Some Biological Concern in Heavy Metals Pollution. Pollution and Psysiology of Marine Organism. Academic Press, London, 1974, 231.

Sedangkan Nilai Ambang Batas (NAB) yang ditetapkan KMN LH (Pedoman Penetapan Baku Mutu Lingkungan) yakni Kep-51/MNLH/2004. Sekretariat Negara, Jakarta, 2004) untuk kepentingan biota laut adalah 0,008 ppm. Selanjutnya konsentrasi Cu terlarut dalam air laut sebesar 0,01 ppm dapat mengakibatkan kematian fitoplankton. Keluarga Crustasæa akan mengalami kematian dalam tenggang waktu 96 jam, bila konsentrasi Cu berada dalam kisaran 0,17-100 ppm. Keluarga moluska akan mengalami kematian bila kadar Cu yang terlarut dalam badan perairan di mana biota tersebut hidup berkisar antara 0,16-0,5 ppm, dan kadar Cu sebesar 2,5-3,0 ppm dalam badan perairan telah dapat membunuh ikan-ikan (G.W. Bryan, in: A.P.M. Lockwood (Ed). Some Aspects of Heavy Metal Tolerance in Aquatic Organism. Effects of

pollutants on Aquatic Organisms. Cambridge University Press, Cambridge, 1976, 431).

Adapun untuk kadar Cu dalam sedimen adalah sebesar 19.9 ppm. Sama seperti Pb karena tidak adanya NAB untuk sedimen yang dikeluarkan KMNLH maka penulis menggunakan sumber lain. Dikatakan kadar Cu di dalam sedimen di perairan Tor Bay Grand Bretagne yang relatif tidak tercemar berkisar 0,2– 0,7 ppm namun ditemukan logam berat Cu dalam lumpur di perairan utara Bretagne berkisar 4,4–41,6 ppm (S.S. Thayib, & H. Razak, 1988, hal.114 – 131). Menurut Reseau National d'Observation kadar normal Cu dalam sedimen yang tidak terkontaminasi adalah 5 ppm.

Dari sumber tersebut maka kadar sebesar 19,9 ppm pada sampel sedimen yang penulis ambil adalah lebih besar sehingga dapat dikatakan sedimen tersebut telah terkontaminasi oleh logam Cu namun dalam tingkat yang masih rendah. Dengan melihat tabel 4.4 kadar Cu yang didapatkan pada tabel tersebut masih mempunyai kisaran kandungan Cu yang sama.

Pada logam Zn sesuai tabel 4.3 maka didapatkan kadarnya sebesar 0.03159. Menurut tabel 2.1 dan 2.2 maka kadar Zn dalam sedimen belum dikatakan tercemar karena masih dibawah nilai 0,1 dan 0,095 ppm. Namun menurut sumber lain dikatakan bahwa kadar normal Zn dalam air laut adalah 2,0 ppb atau 0,002 ppm oleh M. Waldichuck, in: Verberg & Venberg (Ed.) *Some Biological Concern in Heavy Metals Pollution. Pollution and Psysiology of Marine Organism*. Academic Press, London, 1974, 231. Adapun Nilai Ambang Batas (NAB) yang ditetapkan oleh Baku Mutu Air Laut, KMNLH (Pedoman Penetapan Baku Mutu Lingkungan) yakni Kep-51/MNLH/2004. Sekretariat Negara, Jakarta, 2004 mengatakan kadar Zn untuk kepentingan biota laut adalah 0,005 ppm.

Untuk kadar Zn pada sedimen didapatkan nilai sebesar 139.9 ppm. Hasil ini jika dibandingkan dengan sumber yang mengatakan bahwa kadar Zn dalam sedimen di perairan Tor Bay Grand Bretagne yang relatif tidak tercemar berkisar antara 10,7–42,0 ppm (S.S. Thayib, & H. Razak, 1988, hal.114 – 131) dan menurut Reseau National d'Observation kadar normal

Zn dalam sedimen yang tidak terkontaminasi berkisar antara 20–150 ppm. Maka kadar logam Zn diteluk Jakarta dapat dikatakan terkontaminasi tetapi belum tercemar karena masih berada dalam batas ambang. Begitu pula jika dibandingkan dengan tabel 4.4 masih berada dalam kisaran.

Dengan demikian dari sampel yang diambil dapat dikatakan bahwa untuk kandungan air laut dan sedimen yang diambil sudah terkontaminasi logam berat meski kadarnya bervariasi sehingga belum dapat dikatakan tercemar seluruhnya.

Selanjutnya pada muara sungai ini telah terjadi proses sedimentasi dimana logam yang sukar mengalami proses pengenceran yang berada di kolom air akan turun ke dasar lama-kelamaan dan mengendap dalam sedimen seperti terlihat pada tingginya kandungan logam dalam sedimen jika dibandingkan air laut dan juga dapat dilihat dari Ph yang bersifat basa sehingga logam sukar larut dan akan mengendap ke dasar perairan. Adapun karakter sedimennya berupa lumpur halus berwarna abu kehitaman dan berbau tidak enak. Kadar logam ini dipengaruhi oleh aktivitas pelabuhan yang ada di sekitar lokasi maupun industri-industri besar disekitarnya. Dengan kadar logam yang ada inilah yang selanjutnya akan digunakan ISC untuk mencegah logam tersebut naik ke permukaan air dengan menutup jalannya penjarangan dengan ketebalan pasir yang telah didesain pada bab sebelumnya.

4.6 ANALISA UJI KONSOLIDASI

Ketebalan *cap* yang didesain berdasarkan bab sebelumnya didasarkan dari komponen pengisolasian (T_i), bioturbasi (T_b) dan pengisolasian *cap* terhadap kimia jangka pendek yakni konsolidasi (T_c) sebagai mana dijabarkan pada persamaan yang diungkapkan pada bab 2 yakni;

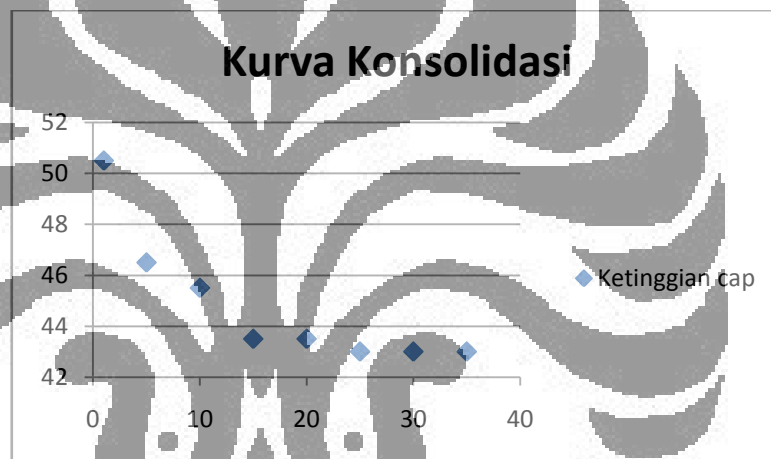
$$T_{cap} = T_i + T_b - T_c \quad (2.1).$$

Sesuai desain pada bab sebelumnya komponen pengisolasian (T_i) didapatkan sebesar 30 cm karena material *cap* granular, selanjutnya

komponen bioturbasi (Tb) sebesar 5 cm karena material *cap* berupa pasir. Untuk mendapatkan komponen konsolidasi maka kita harus melaksanakan uji konsolidasi. Uji inilah yang akan dibahas pada sub bab ini sehingga kita dapat mendapatkan ketebalan *cap* yang mampu menahan laju logam berat yang akan diukur kandungan akhirnya pada sub bab selanjutnya.

Pada bab sebelumnya konsolidasi terjadi kurang lebih sebulan. Pada penelitian kali ini penulis menggunakan waktu 38 hari. Waktu pengujian ini berdasarkan laju konsolidasi. Saat laju konsolidasi sudah mendekati nol dan ketinggian *cap* yang terkonsolidasi sudah konstan maka uji ini berakhir.

Grafik 4.2. Kurva Konsolidasi



Sumber: Olahan Sendiri.

Dari grafik konsolidasi terlihat laju penurunan ketinggian *cap* yang makin lama makin melambat dan pada akhirnya konstan. Pada hari pertama dari uji konsolidasi ini terlihat penurunan yang signifikan yaitu 3 cm dikarenakan saat melaksanakan percobaan sedimen terkonsolidasi oleh air laut sebelum diletakkan *cap* berupa pasir. Penurunan konsolidasi hari pertama juga tidak dapat dipergunakan karena konsolidasi ini terjadi hanya dibagian teratas dari sedimen diakibatkan oleh penurunan yang terjadi dengan cepat sesaat setelah sedimen diletakkan. Bagian atas yang terkonsolidasi ini tidak dapat menggambarkan proses konsolidasi keseluruhan yang terjadi pada sedimen demikian diungkapkan Harris. K. Melanie 2005.

Ketebalan *cap* pada hari kedua ialah 47,5 cm (1 Mei 2010) dan ketebalan akhir dari *cap* ialah 43 cm (7 Juni 2010). Dengan demikian total konsolidasi yang terjadi sebesar 4,5 cm. Oleh karena desain *cap* didesain dengan ketebalan 35, 30 dan 45 dengan adanya komponen konsolidasi sebesar 4,5 cm ini maka ketebalan *cap* harus ditambahkan sebesar ketinggian ini agar desain tetap mampu menjadi penghalang dari logam berat. Adapun berdasarkan penelitian yang sebelumnya dilakukan oleh Melanie. K. Harris pada tahun 2003 didapatkan ketebalan konsolidasi berkisar 2- 4 cm.

Tabel 4.5 *Lagoon Total Consolidation Percentage*

| <u>Column Name</u> | <u>Collection method</u> | <u>Initial Sediment Thickness on day 2 (inches)</u> | <u>Final sediment Thickness (inches)</u> | <u>Change in height (inches)</u> | <u>Num of Days</u> | <u>Total Consolidation (%) (minus day 1)</u> |
|--------------------|--------------------------|---|--|----------------------------------|--------------------|--|
| L-29-1 (4") | intact core | 39.13 | 37.81 | 1.31 | 30 | 3.35 |
| L-29-2 (4") | intact core | 39.38 | 38.94 | 0.44 | 32 | 1.11 |
| L-29-4 (6") | intact core | 39.75 | 38.50 | 1.25 | 30 | 3.14 |
| L-29-5 (6") | intact core | 37.25 | 33.44 | 3.81 | 32 | 10.23 |
| L-28-1 (8") | reconstituted | 15.88 | 14.38 | 1.50 | 33 | 9.45 |
| L-29-6 (8") | intact core | 20.06 | 19.44 | 0.63 | 33 | 3.12 |
| aquarium left | reconstituted | 5.75 | 5.38 | 0.38 | 28 | 6.52 |
| aquarium right | reconstituted | 5.63 | 5.00 | 0.63 | 28 | 11.11 |

Sumber: K. Harris, Melanie. 2003. *An In-Situ Capping Design For The Remediation Of Petroleum Contaminated Sediments*, Louisiana State University.

Untuk melihat apakah desain ini mampu mencegah perpindahan logam berat maka dilakukan uji kandungan akhir yang akan mengukur kandungan logam pada ketinggian desain yang kita inginkan.

4.7 ANALISA KANDUNGAN Pb, Cu, & Zn AKHIR

Tujuan dari penelitian ini adalah mendesain ketebalan *cap* yang mampu menjadi penghalang bagi logam Pb, Cu, dan Zn. Dari uji konsolidasi didapatkan desain konsolidasi sebesar 4,5 cm yang akan ditambahkan pada ketinggian total. Disini akan diukur kandungan akhir dari ketebalan *cap* yang telah berkurang ketebalannya akibat konsolidasi apakah berkurang tetap ataupun tidak diketemukan. Hasil kandungan akhir inilah yang akan dianalisa untuk melihat keberhasilan desain *cap* kita.

Tabel 4.6 Kandungan Logam pada Sampel Sedimen & Pasir (cap)

| Parameter: Pb | | | |
|---------------|-------------|-----------|------|
| No. | Sampel | Kandungan | Unit |
| 1 | Sedimen | 20.1 | Ppm |
| 2 | Pasir (Cap) | - | Ppm |
| Parameter: Cu | | | |
| 3 | Sedimen | 19.09 | Ppm |
| 4 | Pasir (Cap) | 8.38 | Ppm |
| Parameter: Zn | | | |
| 5 | Sedimen | 139.9 | Ppm |
| 6 | Pasir (Cap) | 24.8 | Ppm |

Sumber: Olahan Sendiri.

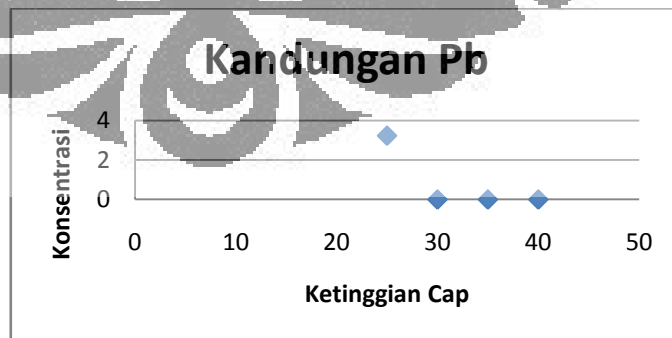
Untuk Pb, seperti terlihat pada tabel 4.5 kandungan logam awal pada sedimen terkontaminasi adalah sebesar 20,1 ppm dan kandungan awal yang terdapat pada pasir sebagai *cap* untuk logam Pb adalah tidak diketemukan.

Tabel 4.7 Kandungan Logam Pb Akhir pada Cap

| No. | Sampel | C (ug/g) | % Pegurangan |
|-----|--------|----------|--------------|
| 1 | 25+ | 3.23 | 83.93% |
| 2 | 30+ | - | 100% |
| 3 | 35+ | - | 100% |
| 4 | 40+ | - | 100% |

Sumber: Olahan Sendiri.

Grafik 4.3 Kandungan Pb



Sumber: Olahan Sendiri.

Setelah uji konsolidasi berakhir kandungan Pb yang pada awalnya sebesar 20.1 ppm turun menjadi 83.93% pada ketinggian 25 cm menjadi 3.23 ppm dan pada ketinggian desain *cap* yakni pada ketinggian 35, 40,

dan 45 sudah tidak diketemukan kandungan Pb sama sekali sehingga pengurangan kandungan Pb dalam ketinggian ini adalah 100%. Oleh karena itu desain *cap* sebesar 35 cm dianggap mampu menjadi penghalang logam berat. Setelah uji konsolidasi maka ketinggian desainpun berkurang 4,5 cm menjadi 31,5 cm namun pada ketinggian ini pun tidak diketemukan kandungan Pb lagi. Dengan demikian desain *cap* setinggi inipun sudah aman. Total ketinggian desain *cap* adalah 39,5, 44,5 dan 49,5 namun ternyata tanpa penambahan ketinggian konsolidasipun desain *cap* sudah aman yakni sebesar 31,5 , 36,5, dan 41,5 cm.

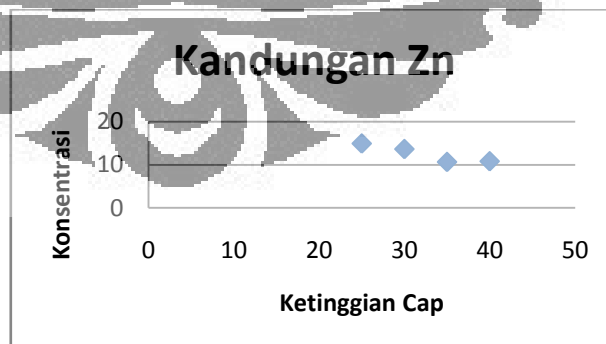
Adapun untuk logam Zn seperti terlihat pada tabel 4.5 pada pasir sebagai material *cap* nya diketemukan kandungan Zn sebesar 24.80 ppm, kandungan ini relatif kecil dan normal pada pasir sehingga tidak dapat dikategorikan sebagai tercemar dan untuk kandungan sedimen yang tercemar sebesar 139.9 ppm.

Tabel 4.8 Kandungan Logam Zn Akhir pada Cap

| No. | Sampel | C (ug/g) | % Pengurangan |
|-----|--------|----------|---------------|
| 1 | 25+ | 14.94 | 89.32% |
| 2 | 30+ | 13.65 | 90.24% |
| 3 | 35+ | 10.66 | 92.38% |
| 4 | 40+ | 10.82 | 92.26% |

Sumber: Olahan Sendiri.

Grafik 4.4 Kandungan Zn



Sumber: Olahan Sendiri.

Dari uji konsolidasi yang mengakibatkan pengurangan ketinggian 4,5 cm. Pada ketinggian 31,5 pun kandungan Zn yang sebesar 13,65 ppm yang merupakan kandungan normal dalam sedimen seperti yang

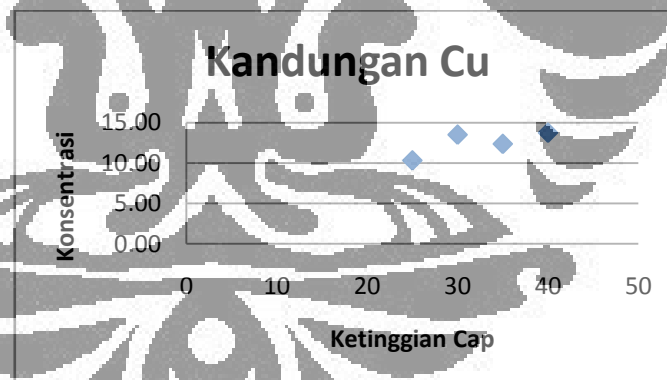
diungkapkan oleh S.S. Thayib, & H. Razak, 1988, hal.114 – 131 yang menuliskan bahwa kadar Zn dalam sedimen di perairan Tor Bay Grand Bretagne yang relatif tidak tercemar berkisar antara 10,7–42,0 ppm. Hal ini kemudian menandakan pengurangan yang terjadi adalah sebesar 90.24%, berturut-turut semakin tinggi *cap* maka kandungan Zn pada pasir semakin kecil. Sehingga desain *cap* kita sebesar 35, 40, dan 45 cm mampu menjadi penghalang bagi logam, berat Zn. Ditambah ketebalan konsolidasi sebesar 4,5 cm maka total desain menjadi 39,5, 44,5 dan 49,5 meski terlihat pada tabel bahwa desain 31,5, 36,5, dan 41,5 cm sudah aman.

Tabel 4.9 *Kandungan Logam Cu Akhir pada Cap*

| No. | Sampel | C (ug/g) | % Pegurangan |
|-----|--------|----------|--------------|
| 1 | 25+ | 10.33 | 48.11 % |
| 2 | 30+ | 13.50 | 32.17 % |
| 3 | 35+ | 12.36 | 37.88% |
| 4 | 40+ | 13.73 | 30.98% |

Sumber: Olahan Sendiri.

Grafik 4.5 *Kandungan Cu*



Sumber: Olahan Sendiri.

Untuk Cu terdapat kandungan awal sebesar 19.3 ppm dan kandungan yang ada pada pasir *cap* adalah 8.37 ppm. Pada Cu didapatkan pengurangan tertinggi sebesar 48.11%. Kandungan Cu pada ketinggian desain *cap* hampir serupa seperti terlihat pada tabel 4.8, hal ini mungkin diakibatkan karena pasir bersih yang menjadi penutup *cap* sudah mempunyai kandungan Cu pada awalnya yang juga mempengaruhi pengurangan yang terjadi. Namun kandungan ini masih dalam kisaran

yang kecil dan tidak dikatakan sebagai tercemar tetapi sudah terkontaminasi dan dapat menjadi habitat hidup yang mengancam bagi organisme-organisme laut seperti dijabarkan pada sub bab analisa kandungan logam awal.

Selanjutnya pada air laut sesuai pada tabel 4.9 dibawah ini, terlihat kandungan air laut yang digunakan pada percobaan terkontaminasi masih dibawah ambang batas pada tabel 2.1 dan 2.2.

Tabel 4.10 *Kandungan Logam Awal pada Air laut*

| NO. | PARAMETER | AIR LAUT KOTOR | AIR LAUT BERSIH | UNIT |
|-----|-----------|----------------|-----------------|------|
| 1 | Pb | 0.0581 | - | Ppm |
| 2 | Cu | 0.1388 | 0.01 | Ppm |
| 3 | Zn | 0.03159 | 0.04 | Ppm |

Sumber: Olahan Sendiri.

Untuk Profil vertikal air terlihat kandungan logam berat yang ada berkurang seiring dengan ketinggian air dan kesemuanya menunjukkan nilai yang masih dibawah ambang batas (kolom air tidak tercemar logam berat) kecuali pada titik 1 (titik terdekat dengan *cap*) pada logam Cu yang menunjukkan kandungan logam sebesar 0,06 ppm dimana diatas NAB sebesar 0,05. Hal ini bisa saja terjadi karena kandungan logam Cu dalam sedimen yang terletak pada permukaan teratas *cap*, di ketinggian 45 mempunyai kandungan logam Cu sebesar 13.73 dan mungkin turut terlarut pada sampel air di titik 1. Dibawah ini dilampirkan tabel kandungan logam Pb, Cu, & Zn pada air laut.

Tabel 4.11 *Kandungan Pb pada Air laut Akhir*

| No. | Sampel | C (ug/g) |
|-----|---------|----------|
| 1 | titik 1 | - |
| 2 | titik2 | - |
| 3 | titik 3 | - |

Sumber: Olahan Sendiri.

Tabel 4.12 *Kandungan Zn pada Air laut Akhir*

| No. | Sampel | C (ug/g) |
|-----|---------|----------|
| 1 | titik 1 | 0.01 |
| 2 | titik2 | 0.06 |
| 3 | titik 3 | - |

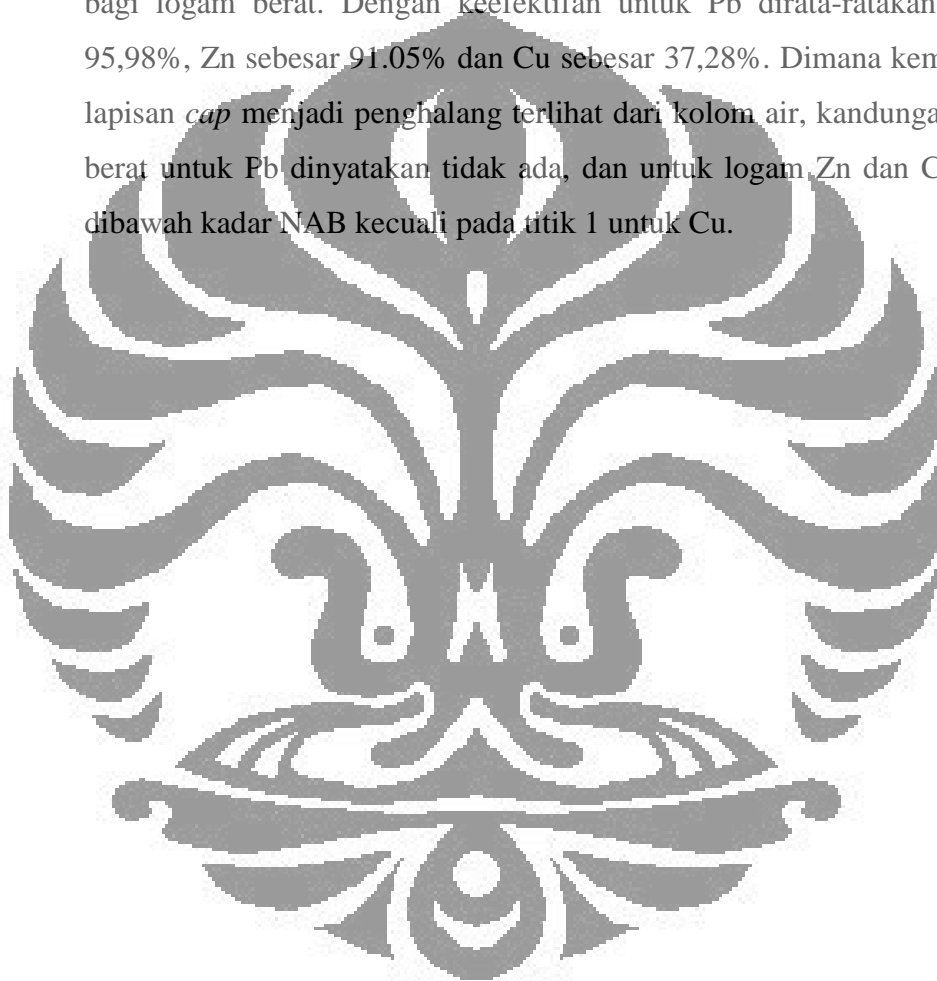
Sumber: Olahan Sendiri.

Tabel 4.13 Kandungan Cu pada Air laut Akhir

| No. | Sampel | C (ug/g) |
|-----|---------|----------|
| 1 | titik 1 | 0.06 |
| 2 | titik2 | 0.02 |
| 3 | titik 3 | - |

Sumber: Olahan Sendiri.

Dengan demikian maka dari percobaan ini ketebalan cap yang totalnya menjadi 39,5, 44,5 dan 49,5 mampu untuk menjadi penghalang bagi logam berat. Dengan keefektifan untuk Pb dirata-ratakan sebesar 95,98%, Zn sebesar 91.05% dan Cu sebesar 37,28%. Dimana kemampuan lapisan *cap* menjadi penghalang terlihat dari kolom air, kandungan logam berat untuk Pb dinyatakan tidak ada, dan untuk logam Zn dan Cu masih dibawah kadar NAB kecuali pada titik 1 untuk Cu.



BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada sampel air laut didapatkan kandungan logam berturut-turut Pb, Zn, dan Cu (dalam ppm) sebesar 0.0581, 0.1388, dan 0.03159 dan pada sampel sedimen berturut-turut Pb, Zn, dan Cu (dalam ppm) sebesar 20.1, 19.9, dan 139.9. Kandungan air laut ini sudah tercemar berdasarkan NAB pada tabel 2.1 dan 2.2 dan untuk kandungan Sedimen relatif hanya terkontaminasi dan belum bisa dikatakan tercemar jarena masih berada dalam kisaran ambang batas yang dapat dilihat pada sub bab 4.5 Kandungan Pb, Zn dan Cu Awal.

Selanjutnya konsolidasi yang terjadi adalah selama 38 hari sampai ketinggian *cap* konstan. Uji konsolidasi tersebut didapatkan ketebalan konsolidasi (T_c) yakni sebesar 4,5 cm dimana ketebalan desain yang awalnya 35, 40 dan 45 cm menjadi 39,5, 44,5 dan 49,5 berdasarkan persamaan pada bab 2.1.

Desain ISC berupa lapisan pasir yang mengandung organik dengan ketebalan 35-45 cm mempunyai tingkat rerata pengurangan berturut-turut dari Pb, Zn dan Cu adalah sebesar 95,98%, 91.05% dan 37,28%. Selanjutnya uji kandungan logam pada kolom air dinyatakan tidak ada, dan untuk logam Zn dan Cu masih dibawah kadar NAB kecuali pada titik 1 untuk Cu. Dengan demikian desain *cap* ini mampu menjadi penghalang bagi logam berat dengan badan air.

5.2 SARAN

Berdasarkan kesimpulan di atas diajukan beberapa saran yakni; penambahan sampel (data), dikarenakan ini merupakan studi awal serta keterbatasan dana dan waktu maka sampel dan data sangat terbatas. Oleh karenanya pengambilan sampel untuk penelitian selanjutnya diharapkan memenuhi sampel minimum untuk menggambarkan cemaran logam berat di Teluk Jakarta. Begitupula dengan uji konsolidasi yang dapat dilakukan

dengan pengulangan dengan beberapa tabung serta penambahan variasi diameter dan ketebalan.

Selanjutnya penelitian berikutnya dapat menggunakan material *cap* yang lebih bervariasi dibandingkan penelitian ini, penambahan lapisan lanau ataupun *geotextiles* dapat menjadi opsi untuk penelitian selanjutnya.

Tidak kalah penting dalam melakukan percobaan konsolidasi saat penuangan air harus dilakukan secara hati-hati dan bertahap agar sedimen tidak teraduk begitupun saat mengeringkan kolom. Serta kandungan pasir yang dipakai sebagai *cap* dan air laut yang digunakan untuk mensimulasikan keadaan lapangan harus dipastikan tidak terkontaminasi kontaminan apapun.

Terakhir, desain yang dilakukan pada penelitian ini merupakan model fisik yang alangkah baiknya juga dilengkapi dengan model matematis.



DAFTAR REFERENSI

- Bowles, Joseph E., 1984; *Physical and Geotechnical Properties of Soils*; McGraw-Hill Book Company, 356-359.
- Reible, D.D., Guidance For In-Situ Subaqueous Capping Of Contaminated Sediments: Appendix B: Model for Chemical Containment by a Cap. Assessment and Remediation of Contaminated Sediments Program, Great Lakes Nation Program Office, Chicago, Illinois
- Djuangsih, N., A.K. Benito, H. Salim, 1982. *Aspek Toksikologi Lingkungan*, Laporan Analisis Dampak Lingkungan, Lembaga Ekologi Universitas Padjadjaran, Bandung.
- Elder, B. 1992. *Sheboygan River Capping/armoring Demonstration Project*, Presented data Workshop on Capping Contaminated Sediments, May 27-28, 1992, Chicago, IL.
- Everaats, J. M. 1980. *Heavy metals (Cu, Zn, Pb dan Cd) in sediment of the Java Sea*. Estuarine and coastal areas of east Java and some deep sea areas. *Nederland Journal of Sea Reseacch* 23 (4):403-413.
- Fetter, C.W. 1988. *Applied Hydrogeology*, Second Edition; Chapter 10; Macmillan.
- Herrenkohl, M.J., Lunz, J.D., Sheets, R.G., and Wakeman, J.S., 2001. Environmental Impacts of PAH and Oil Release as a NAPL or as Contaminated Pore Water from the Construction of a 90-cm In-Situ Isolation Cap, *Environmental Science and Technology*, **35** (24) 4927-4932.
- Hutagalung, Horas P. 1994. *Kandungan logam berat dalam sedimen di perairan Teluk Jakarta*. Proseding Seminar Pemantauan Pencemaran Laut dan Interkalibrasi. Puslitbang Oseanologi-LIPI, Jakarta. 7-9 Februari 1994.
- K. Harris, Melanie. 2003. *An In-Situ Capping Design For The Remediation Of Petroleum Contaminated Sediments*, Louisiana State University.

Ling, Peter, Hoe and Leshchincky, Dov. Guidance For In-Situ Subaqueous Capping Of Contaminated Sediments: Appendix C : Case Studies on Geotechnical Aspect of In-Situ Sand Capping. Assessment and Remediation of Contaminated Sediments Program, Great Lakes Nation Program Office, Chicago, Illinois

Loring, D.H. and R. T. T. Rantala 1977. *Geochemichal analysis of sediment and suspended particulated matter*. Fisheries and Marine Service Technical Report No: 700. Environmental Canada: 1 –58.

Maynord. Steve, Guidance For In-Situ Subaqueous Capping Of Contaminated Sediments: Appendix A : Armor Layer Design. Assessment and Remediation of Contaminated Sediments Program, Great Lakes Nation Program Office, Chicago, Illinois

Olsta.T.James and Darlington. W.Jerald. 2005. *Reactive Material Mat for In-Situ Capping of Contaminated Sediment*. Third International Conference on Remediation of Contaminated Sediment

Palermo, M.R. 1998. *Design Considerations for in-situ capping of contaminated sediment*. U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.

Palermo, M.R. 1991. *Design Requirements for Capping, Dredging Research Technical Note, DRP-5-03*, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.

Palermo, M.R., Miller, J., Reible, D.D., 1998. *Guidance for in-situ subaqueous capping of contaminated sediment*, EPA 905-B96-004, Assessment and Remediation of Contaminated Sediments Program, Great Lakes Nation Program Office, Chicago, Illinois.

Palermo, M.R., Fredette, T., and Randall, R.E. 1992. *Monitoring Considerations for Capping, Technical Note DRP-05-7*, U.S. Army Engineer Waterways Experimentstation, Vicksburg, MS.

Palermo, M.R.,and Mohan Ram .*Advantages and Disadvantages of In-Situ Subaqueous Capping Presentation*.

Palermo, M.R.,*Subaqueous Capping Presentation*.

- Pedoman Praktikum Pemeriksaan Bahan Beton dan Mutu Beton*. 1998. Laboratorium Bahan Jurusan Sipil-Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Rai, L.L., J. Gaur and H.D. Kumar. 1981. *Phycology and Heavy Metal Pollution*. In *Biological Review of The Phycology Society*. Cambridge University Press London.
- Sediment Assessment and Remediation Report *Guidance for In-Situ Subaqueous Capping of Contaminated Sediments*. Assessment and Remediation of Contaminated Sediments Program, Great Lakes Nation Program Office, Chicago, Illinois.
- Sugijanto, Koeswadji H., Mukono J. dan Hadiadi H. 1991. *Analisis Kadar Merkuri dan Kadmium Dalam beberapa Hewan Laut di Muara Sungai Kalimas*. *Artikel Lingkungan dan Pembangunan*.
- Taylor, D. 1974. *Natural distribution of trace metals in the sediment from a coastal environment*, Tor Bay, England. *Estuarine and Coastal Marine Science* 2: 417-424.
- Terzaghi, Karl., 1943. *Theoretical Soil Mechanics*, J. Wiley and Sons Inc.: New York.
- Thayib, S. S. dan H. Razak. 1988. *Pengamatan kandungan bakteri indikator, logam berat dan pestisida di Perairan Pantai Teluk Ambon, Teluk Banten dan Teluk Jakarta*. Buku Perairan Indonesia: hal. 114-131.
- Thayib, S. S. dan H. Razak. 1981. *Pengamatan kandungan bakteri indikator, logam berat dan pestisida di Perairan Pantai Teluk Ambon, Teluk Banten dan Teluk Jakarta*. Prosiding Seminar dan Kongres Nasional Biologi VI, Surabaya: 196-217.
- Thibodeaux, Louis J., 1996. *Environmental Chemodynamics*, J. Wiley and Sons Inc.: New York.
- Truitt, C.L. 1987a. *Engineering Considerations for Capping Subaqueous Dredged Material Deposits—Background and Preliminary Planning*, Technical Note EEDP-01-3, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.

Truitt, C.L. 1987b. *Engineering Considerations for Capping Subaqueous Dredged Material Deposits—Design Concepts and Placement*, Environmental Effects of Dredging Technical Note EEDP-01-4, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.

U.S. Environmental Protection Agency. 1994. Final Summary Report, EPA 905-S94-001, Assessment and Remediation of Contaminated Sediments Program, Great Lakes National Program Office, Chicago, Illinois.

U.S. Army Core of Engineers. 1987. *Confined Disposal of Dredged Material*, Engineer Manual 1110-2-5027, Washington, D.C.

U.S. Environmental Protection Agency. 1994. *Remediation Guidance Document*, EPA 905-R94-003, Assessment and Remediation of Contaminated Sediments Program, Great Lakes National Program Office, Chicago, Illinois.

U.S. Environmental Protection Agency. Method 8310, 1986. *Test methods for evaluating solid waste physical/chemical methods*, SW846, 3rd edition, US EPA, OSWER, Washington DC, USA.

Wang, X.Q., Thibodeaux, L.J., Valsaraj, K.T., Reible, D.D., 1991. *Efficiency of Capping Contaminated Bed Sediments In Situ. 1. Laboratory –Scale Experiments on Diffusion-Adsorption in the Capping Layer*, Environmental Science and Technology, **25**(9), 1578-1584.

Yatim, S., Surtipanti, Suwirna dan E. Lubis. 1979. *Distribusi logam berat dalam air permukaan Teluk Jakarta*. Majalah Batan 12: 1 - 19.

Zeman, A.J. and Patterson, T.S. 1996b. *Results of the In-Situ Capping Demonstration Project in Hamilton Harbour, Lake Ontario*. NWRI Contribution No. 96-75, National Water Research Institute, Burlington, Ontario.



Lampiran 1. Spesifikasi Kolom

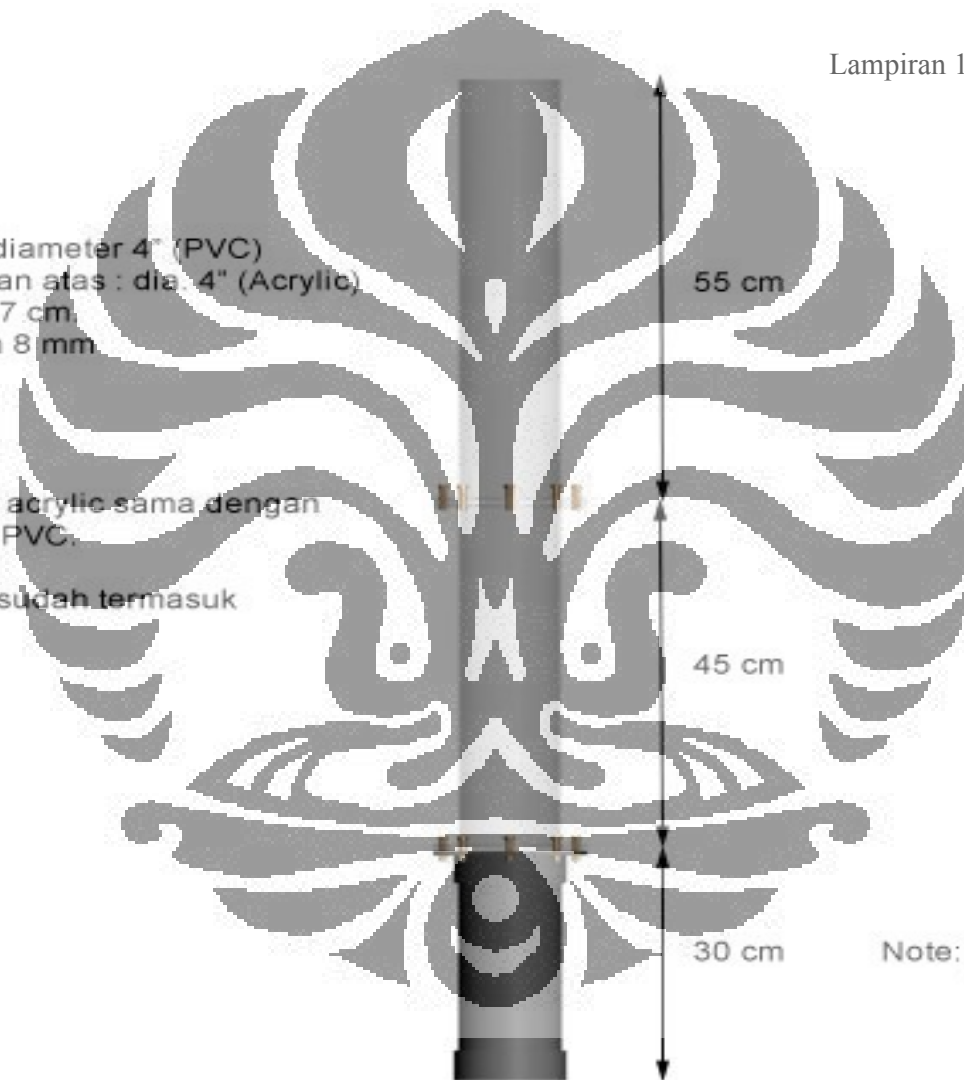
Spesifikasi :

Pipa bawah : diameter 4" (PVC)
Pipa tengah dan atas : dia. 4" (Acrylic)
Flange : dia. 17 cm
Baud : Nylon 8 mm

Note :

Diameter pipa acrylic sama dengan diameter pipa PVC.

Ukuran tinggi sudah termasuk flange.



Note: Ukuran tinggi sudah termasuk flange.



Lab. Afiliasi

ANALYTICAL REPORT

Job. Number :
138 / IV / 010

Prepared For :

Istifara

Date : April 16th, 2010

Page 1 of 2
UJ Art hanton Laboratory
Department of Chemistry, Faculty of Mathematic and Science,
University of Indonesia, Depok 16424
Phone : 21-5752720, Fax 021-787272



Lab. Afiliasi

LABORATORY TEST RESULTS

Job. Number : 128/ IV / 010 Date : 16- 04 - 2010

Customer : Istifara Attention :

Sampel Code : AF 138
Date Received : 30-03-2010
Sample Matrix : Solid

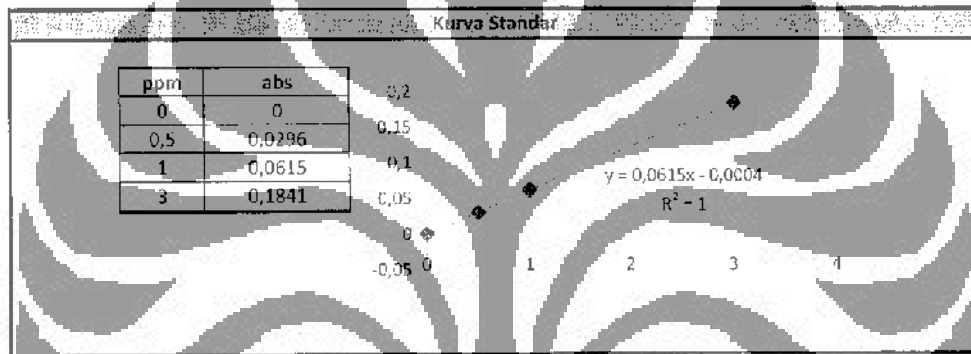
| No. | Parameter | Result | Unit | Method |
|-----|-----------|--------|------|--------|
| 1 | Pb | 20.10 | µg/g | AAS |
| 2 | Cu | 19.09 | µg/g | |
| 3 | Cr | 17.56 | µg/g | |
| 4 | Zn | 139.90 | µg/g | |



Lembar Data Hasil Analisis AAS

Instrumen : AA-6300 Shimadzu

Job No : 138/V/2010
 Customer : Hara
 Parameter : Cu
 Analis : Arya
 Tgl Analisis : 15-4-2010



Analisis Sampel

Rumus :

$$C = \frac{c \times D \times Fp}{W}$$

Keterangan:

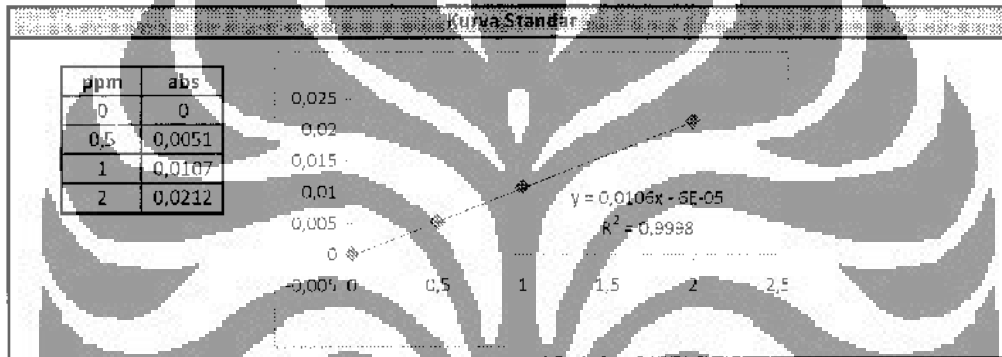
- c = Konsentrasi akhir (ug/g)
- c = Konsentrasi hasil pengukuran (ug/mL)
- D = Volume dibagi (mL)
- Fp = Faktor pengenceran total
- W = Berat Sampel (g)

| No. | Sampel | Abs | ug/mL | Dil (mL) | Fp | W (g) | C (ug/g) | C avg |
|-----|--------|--------|---------|----------|----|--------|-----------|-------|
| 1 | 1 | 0,0407 | 0,66721 | 25 | | 0,8508 | 19,605463 | 19,09 |
| 2 | 2 | 0,0286 | 0,46885 | 25 | | 0,6313 | 18,566944 | |
| 3 | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | |

Lembar Data Hasil Analisis AAS

Instrumen : AA-6300 Shimadzu

Job No : 138/IV/2010
 Customer : Fara
 Parameter : Pb
 Analis : Arya
 Tgl Analisis : 15-4-2010



Analisis Sampel

Rumus :
$$C = \frac{c \times D \times Fp}{W}$$

Keterangan :

- c = Konsentrasi akhir (ug/g)
- c = Konsentrasi hasil pengukuran (ug/mL)
- D = Volum dilusi (mL)
- Fp = Faktor pengenceran total
- W = Berat sampel (g)

| No. | Sampel | Abs | ug/ml | Dil (mL) | Fp | W (g) | C (ug/g) | C avg |
|-----|--------|--------|-------|----------|----|--------|----------|-------|
| 1 | 1 | 0,0068 | 0,686 | 25 | | 0,8508 | 20,1575 | 20,10 |
| 2 | 2 | 0,005 | 0,506 | 25 | | 0,6313 | 20,03802 | |
| 3 | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | |

Lembar Data Hasil Analisis AAS

Instrumen : AA-6300 Shimadzu

Job No : 138/IV/2010
 Customer : Fara
 Parameter : Cr
 Analis : Arya
 Tgl Analisis : 15-4-2010



Analisis Sampel

Rumus :

$$C = \frac{c \times D \times Fp}{W}$$

Keterangan :

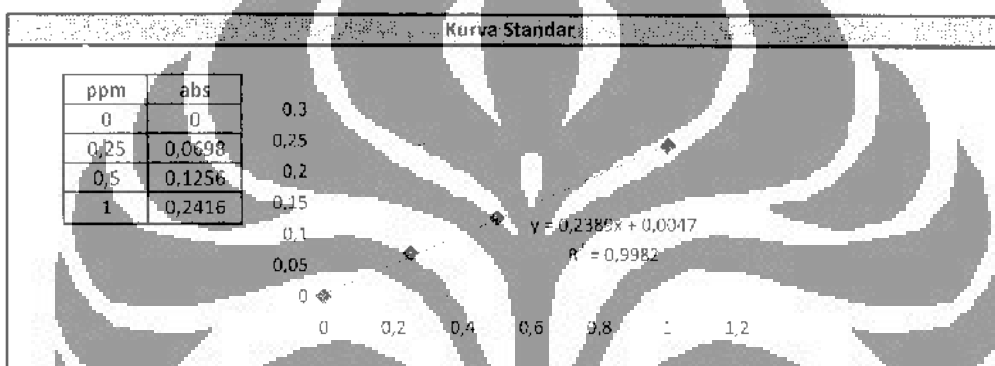
- C = Konsentrasi akhir (µg/g)
- c = Konsentrasi hasil pertakaran (µg/mL)
- D = volum dilusi (mL)
- Fp = Faktor pengenceran total
- W = Berat sampel (g)

| No. | Sampel | Abs | µg/mL | Dil (mL) | Fp | W (g) | C (µg/g) | C avg |
|-----|--------|--------|---------|----------|----|--------|----------|-------|
| 1 | 1 | 0,0289 | 0,5898 | 25 | | 0,8508 | 17,33063 | 17,56 |
| 2 | 2 | 0,022 | 0,44898 | 25 | | 0,6313 | 17,77996 | |
| 3 | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | |

Lembar Data Hasil Analisis AAS

Instrumen : AA-6300 Shimadzu

Job No : 138/IV/2010
 Customer : Fara
 Parameter : Zn
 Analis : Arya
 Tgl Analisis : 15.4.2010



Analisis Sampel

Rumus :

$$C = \frac{c \times D \times Fp}{W}$$

Keterangan :

- C = Konsentrasi akhir (ug/g)
- c = Konsentrasi hasil pengukuran (ug/ml)
- D = Volume dilusi (mL)
- Fp = Faktor pengenceran total
- W = Berat sampel (g)

| No. | Sampel | Abs | ug/ml | Dil (mL) | Fp | W (g) | C (ug/g) | C avg |
|-----|--------|--------|----------|----------|----|--------|----------|--------|
| 1 | 1 | 0,1189 | 0,482773 | 25 | 10 | 0,8508 | 141,8586 | 139,90 |
| 2 | 2 | 0,0869 | 0,348319 | 25 | 10 | 0,6313 | 137,9373 | |
| 3 | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | |



Lab. Afiliasi

ANALYTICAL REPORT

Job. Number :
203 / VI / 010

Prepared For :

Sdri. Istifara

Date : June 18th, 2010

Page 1 of 5

UI Affiliation Laboratory
Department of Chemistry, Faculty of Mathematic and Science,
University of Indonesia, Depok 16424
Phone 021-7872720, Fax 021-787272



Lab. Afiliasi

LABORATORY TEST RESULTS

| Job. Number | 203/VI/2010 | Date | 13-06-2010 | |
|---------------|-----------------|---------------|------------|--------|
| Customer | Istifara | Attention | | |
| Parameter | H: | | | |
| Date Received | 10-06-2010 | | | |
| Sample Matrix | Solid & liquid | | | |
| No. | Sample | Sample Result | Unit | Method |
| 1. | Pasir 25+ | 3.23 | ppm | AAS |
| 2. | Pasir 30+ | < 0.005 | ppm | |
| 3. | Pasir 35+ | < 0.005 | ppm | |
| 4. | Pasir 40+ | < 0.005 | ppm | |
| 5. | Titik 1 | < 0.005 | ppm | |
| 6. | Titik 2 | < 0.005 | ppm | |
| 7. | Titik 3 | < 0.005 | ppm | |
| 8. | Air laut bersih | < 0.005 | ppm | |
| 9. | Air laut kotor | 0.06 | ppm | |
| 10. | Pasir bersih | < 0.005 | ppm | |



Page 2 of 4

UI-Affiliation Laboratory

Department of Chemistry, Faculty of Mathematic and Science,
University of Indonesia, Depok 16424
Phone 021-7872720, Fax 021-787272



Lab. Afiliasi

LABORATORY TEST RESULTS

Job. Number : 207 / V / 010 Date : 18 - 06 - 2010

Customer : Istifara Attention :

Parameter : Cu
Date Received : 10-06-2010
Sample Matrix : Solid & liquid

| No. | Sample | Sample Result | Unit | Method |
|-----|-----------------|---------------|------|--------|
| 1. | Pasir 25+ | 10.33 | ppm | AAS |
| 2. | Pasir 30+ | 13.50 | ppm | |
| 3. | Pasir 35+ | 12.36 | ppm | |
| 4. | Pasir 40+ | 13.73 | ppm | |
| 5. | Titik 1 | 0.06 | ppm | |
| 6. | Titik 2 | 0.02 | ppm | |
| 7. | Titik 3 | 0.01 | ppm | |
| 8. | Air Laut Bersih | 0.01 | ppm | |
| 9. | Air Laut Kotor | 0.1388 | ppm | |
| 10. | Pasir bersih | 8.37 | ppm | |

June 18th, 2010

Dr. Sanardi M.Si
Director

Page 3 of 5

UI Affiliation Laboratory
Department of Chemistry, Faculty of Mathematic and Science,
University of Indonesia, Depok 16424
Phone 021-7872720, Fax 021-787272



Lab. Afiliasi

LABORATORY TEST RESULTS

Job. Number : 233/VI / 010

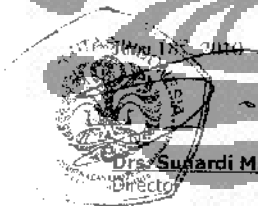
Date : 18-06-2010

Customer : Istifara

Attention :

Parameter : Zn
Date Received : 10-06-2010
Sample Matrix : Solid & liquid

| No. | Sample | Sample Result | Unit | Method |
|-----|-----------------|---------------|------|--------|
| 1. | Pasir 25+ | 14.94 | ppm | AAS |
| 2. | Pasir 30+ | 13.65 | ppm | |
| 3. | Pasir 35+ | 10.66 | ppm | |
| 4. | Pasir 40+ | 10.82 | ppm | |
| 5. | Titik 1 | 0.01 | ppm | |
| 6. | Titik 2 | 0.06 | ppm | |
| 7. | Titik 3 | <0.001 | ppm | |
| 8. | Air laut bersih | 0.04 | ppm | |
| 9. | Air laut kotor | 0.03159 | ppm | |
| 10. | Pasir bersih | 24.80 | ppm | |



Drs. Suardi M.Si
Director

Page 3 of 4

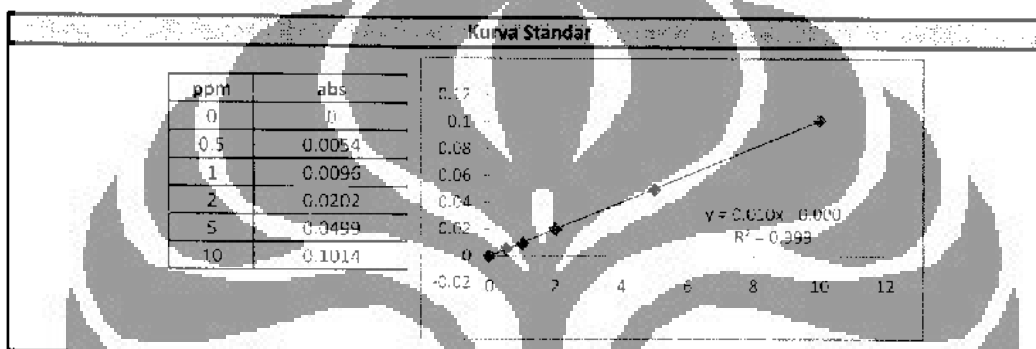
LI Affiliation Laboratory

Department of Chemistry, Faculty of Mathematic and Science,
University of Indonesia, Depok 16424
Phone 021-7872720, fax 021-787272

Lembar Data Hasil Analisis AAS

Instrumen : AA-6300 Shimadzu

Job No : 203/VI/2010
Customer : istifara
Parameter : Pb
Analisis : Febr
Tgl Analisis : 14/06/2010



Analisis Sampel

Rumus :

$$C = \frac{c \times D \times Fp}{W}$$

Keterangan :

- C - Konsentrasi akhir (ug/g)
- c - Konsentrasi hasil pengukuran (ug/mL)
- D - Volume dilusi (mL)
- Fp - Faktor pengenceran total
- W - Berat sampel (g)

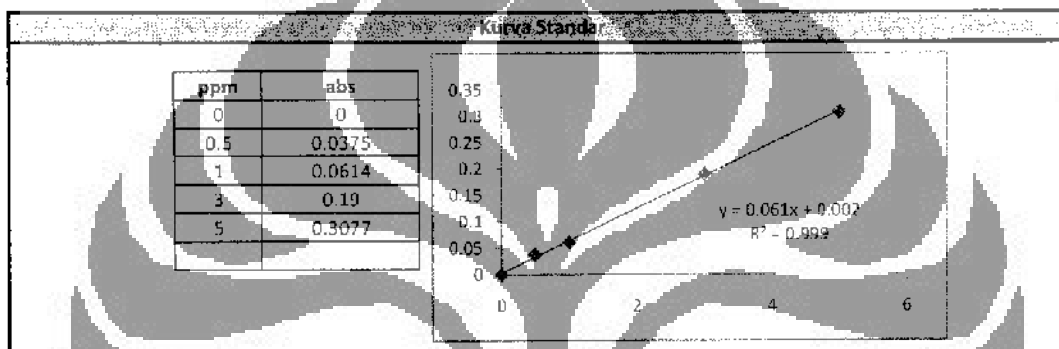
pasir dan air

| No. | Sampel | Abs | ug/mL | Dil (mL) | Fp | W (g) | C (ug/g) | pemekatan |
|-----|------------|---------|-------|----------|----|--------|----------|-----------|
| 1 | 25+ | 0.0015 | 0.13 | 25 | 1 | 1.0004 | 3.23 | |
| 2 | 30+ | -0.0004 | -0.04 | 25 | 1 | 1.0051 | -0.99 | |
| 3 | 35+ | -0.0009 | -0.09 | 25 | 1 | 1.0205 | -2.20 | |
| 4 | 40+ | -0.0005 | -0.05 | 25 | 1 | 1.0309 | -1.16 | |
| 5 | titik 1 | -0.0018 | -0.18 | | | | -0.01 | 20 |
| 6 | titik2 | -0.0004 | -0.04 | | | | 0 | 20 |
| 7 | titik 3 | -0.0015 | -0.15 | | | | -0.01 | 20 |
| 8 | air bersih | -0.0005 | -0.05 | | | | 0 | 20 |
| 9 | air kotor | 0.0116 | 1.162 | | | | 0.0581 | 20 |
| 10 | | | | | | | | |

Lembar Data Hasil Analisis AAS

Instrumen : AA-6300 Shimadzu

Job No : 203/VI/2010
 Customer : istifara
 Parameter : Cu
 Analis : Febri
 Tgl Analisis : 14/06/2010



Analisis Sampel

Rumus :
$$C = \frac{c \times D \times Fp}{W}$$

Keterangan:
 c = Konsentrasi akhir (ug/g)
 C = Konsentrasi hasil pengukuran (ug/mL)
 D = Volume dilusi (mL)
 Fp = Faktor pengenceran total
 W = Berat sampel (g)

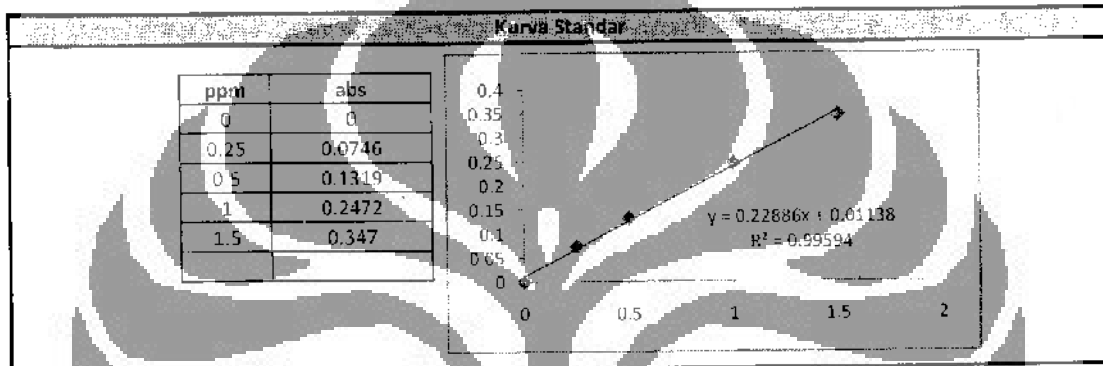
pasir dan air

| No. | Sampel | Abs | ug/mL | Dil (mL) | Fp | W (g) | C (ug/g) | pemekatan |
|-----|------------|--------|----------|----------|----|--------|----------|-----------|
| 1 | 25+ | 0.028 | 0.42623 | 25 | 1 | 1.032 | 10.33 | |
| 2 | 30+ | 0.0351 | 0.542623 | 25 | 1 | 1.005 | 13.50 | |
| 3 | 35+ | 0.0316 | 0.534426 | 25 | 1 | 1.0808 | 12.36 | |
| 4 | 40+ | 0.0374 | 0.580328 | 25 | 1 | 1.0563 | 13.73 | |
| 5 | titik 1 | 0.0804 | 1.285246 | | | | 0.06 | 20 |
| 6 | titik2 | 0.027 | 0.409836 | | | | 0.02 | 20 |
| 7 | titik 3 | 0.0154 | 0.219672 | | | | 0.01 | 20 |
| 8 | air bersih | 0.0086 | 0.108197 | | | | 0.01 | 20 |
| 9 | air kotor | 0.1713 | 2.77541 | | | | 0.1388 | 20 |
| 10. | | | | | | | | |

Lembar Data Hasil Analisis AAS

Instrumen : AA-6300 Shimadzu

Job No : 203/VI/2010
 Customer : Istifara
 Parameter : Zn
 Analis : Febri
 Tgl Analisis : 14/06/2010



Analisis Sampel

Rumus :
$$C = \frac{c \times D \times Fp}{W}$$

Keterangan :

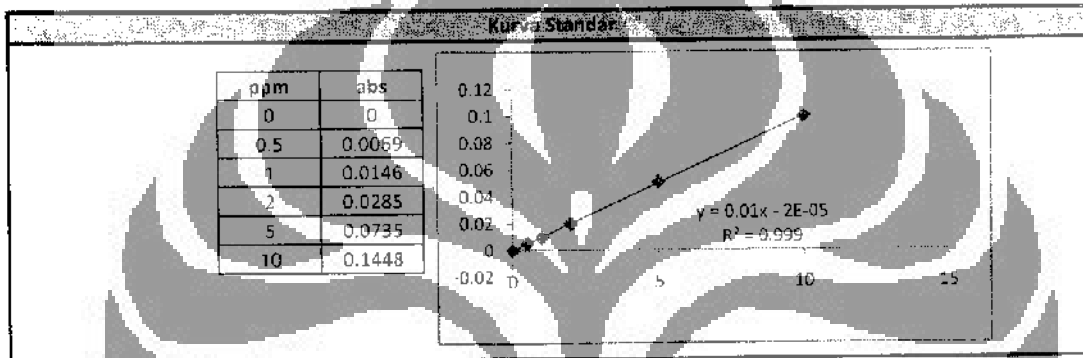
- c = Konsentrasi akhir (ug/g)
- c = Konsentrasi hasil pengukuran (ug/ml)
- D = Volum elusi (ml)
- Fp = Faktor pengenceran total
- W = Berat sampel (g)

| No. | Sampel | Abs | ug/mL | Dil (mL) | Fp | W (g) | C (ug/g) | pemekatan |
|-----|------------|--------|----------|----------|----|--------|----------|-----------|
| 1 | 25+ | 0.0316 | 0.306825 | 25 | 1 | 0.5134 | 14.94 | |
| 2 | 30+ | 0.0746 | 0.276239 | 25 | 1 | 0.5058 | 13.65 | |
| 3 | 35+ | 0.0616 | 0.219435 | 25 | 1 | 0.5148 | 10.66 | |
| 4 | 40+ | 0.0612 | 0.217688 | 25 | 1 | 0.5031 | 10.82 | |
| 5 | titik 1 | 0.0606 | 0.215066 | | | | 0.01 | 20 |
| 6 | titik2 | 0.3136 | 1.320545 | | | | 0.06 | 20 |
| 7 | titik 3 | 0.001 | -0.04536 | | | | 0 | 20 |
| 8 | air bersih | 0.203 | 0.83728 | | | | 0.04 | 20 |
| 9 | air kotor | 0.161 | 0.6318 | | | | 0.03159 | 20 |
| 10 | | | | | | | | |

Lembar Data Hasil Analisis AAS

Instrumen : AA-6300 Shimadzu

Job No : 203/vi/2010
 Customer : Istifara
 Parameter : Pb
 Analisis : Febri
 Tgl Analisis : 14/06/2010



Analisis Sampel

Rumus :
$$C = \frac{c \times D \times Fp}{W}$$

Keterangan :

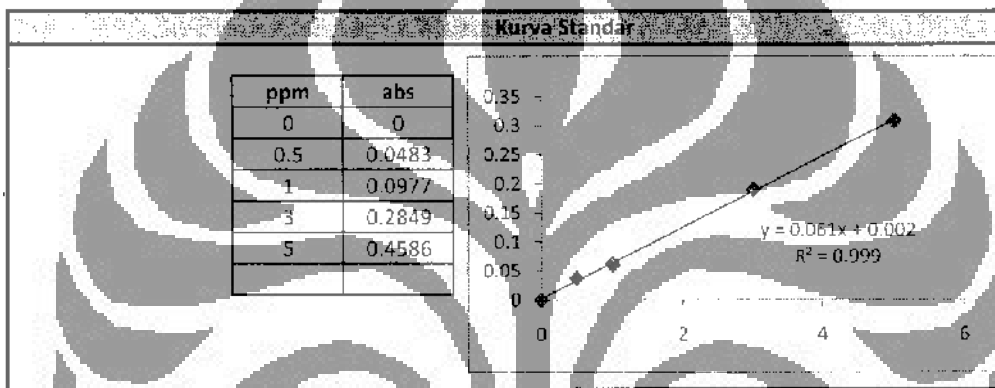
- C = Konsentrasi akhir (ug/g)
- c = Konsentrasi hasil pengukuran (ug/ml)
- D = Volum bilusi (mL)
- Fp = Faktor pengenceran total
- W = Berat sampel (g)

| pasir dan air | | | | | | | |
|---------------|--------------|---------|--------|----------|----|--------|----------|
| No. | Sampel | Abs | ug/mL | Dil (mL) | Fp | W (g) | C (ug/g) |
| 1 | pasir bersih | -0.0001 | -0.008 | 25 | 1 | 1.0766 | -0.19 |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | |

Lembar Data Hasil Analisis AAS

Instrumen : AA-6300 S

Job No : 203/VI/2010
 Customer : istifara
 Parameter : Cu
 Analisis : Febri
 Tgl Analisis : 14/06/2010



Analisis Sampel

Rumus :

$$C = \frac{c \times D \times Fp}{W}$$

Keterangan :

- c = Konsentrasi akair (ug/g)
- r = Konsentrasi hasil pengukuran
- D = Volum dilusi (mL)
- Fp = Faktor pengenceran total
- W = Berat sampel (g)

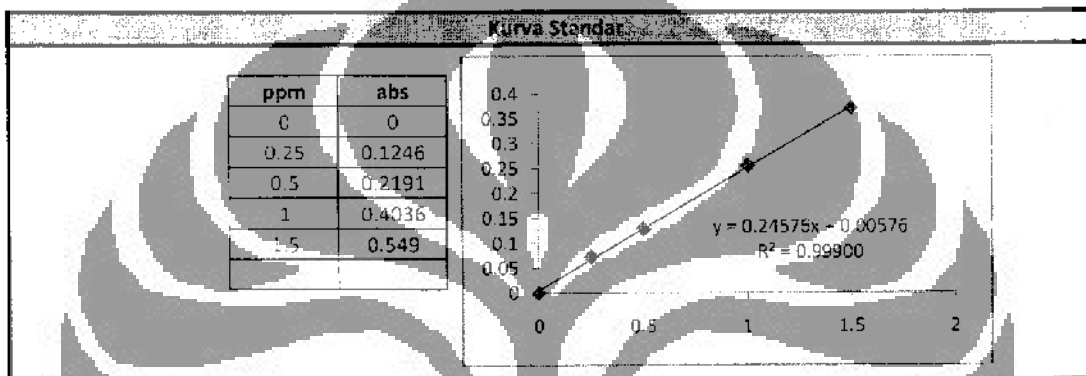
pasir dan air

| No. | Sampel | Abs | ug/mL | Dil (mL) | Fp | W (g) | C (ug/g) |
|-----|--------------|-------|----------|----------|----|--------|----------|
| 1 | pasir bersih | 0.024 | 0.360656 | 25 | 1 | 1.0766 | 8.37 |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | |

Lembar Data Hasil Analisis AAS

Instrumen : AA-6300 Shimadzu

Job No : 203/VI/2010
 Customer : Istifara
 Parameter : Zn
 Analis : Febri
 Tgl Analisis : 14/06/2010



Analisis Sampel

Rumus :

$$C = \frac{c \times D \times Fp}{W}$$

Keterangan :

- C = Konsentrasi akhir (ug/g)
- c = Konsentrasi hasil pengukuran (ug/mL)
- D = Volume dilusi (mL)
- Fp = Faktor pengenceran total
- W = Berat sampel (g)

| No. | Sampel | Abs | ug/mL | Dil (mL) | Fp | W (g) | C (ug/g) | pemekatan |
|-----|-------------|--------|----------|----------|----|--------|----------|-----------|
| 1 | Dasu bersih | 0.2682 | 1.067871 | 25 | 1 | 1.0766 | 24.80 | |
| 2 | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | |



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil - Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

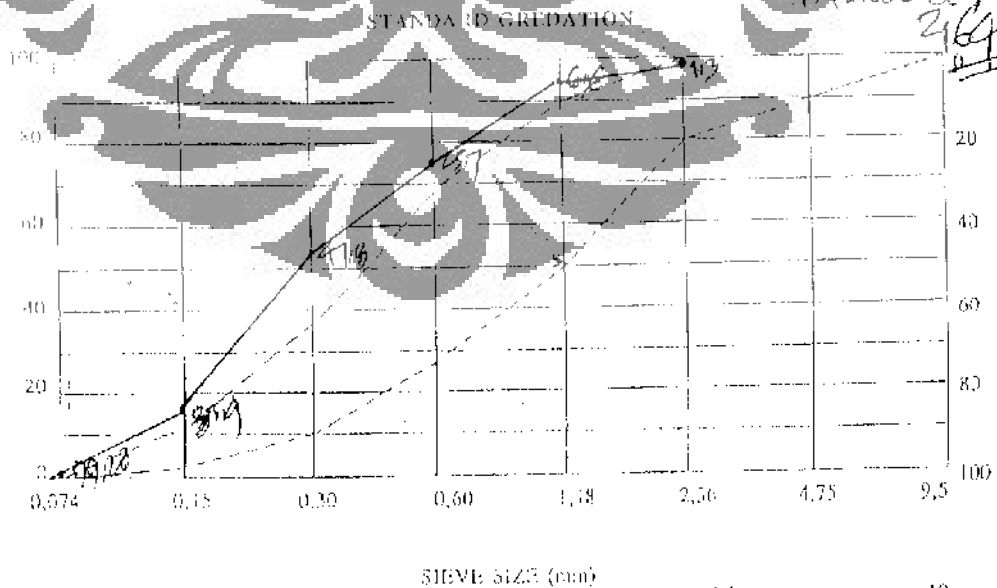
Kampus UI Depok 16424, Indonesia (021) Telp. 787 4878 - 727 0029 (Ext.110/111) - 727 0028 (Fax)

SIEVE ANALYSIS OF FINE AGGREGATE

No. / GLD/SPT/USA/

SAMPLE: NATURAL SAND DATE TESTED: MARCH 2010
 SIZE: 5.0mm TESTED BY: M. SAMWIR
 SOURCE: ET CHECKED BY: _____
 REQUESTED BY: SEPCO / SIMUDONG APPROVED BY: _____

| SIEVE SIZE (mm) | SAMPLE No. 1 | | | SAMPLE No. 2 | | | AVERAGE | |
|-----------------|-------------------|-------------|-------------|-------------------|-------------|-------------|---------|--------|
| | WEIGHT RET. GRAMS | CUM. % RET. | IND. % RET. | WEIGHT RET. GRAMS | CUM. % RET. | IND. % RET. | IND. % | CUM. % |
| 9.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.75 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.36 | 0 | 0 | 0 | 7 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 |
| 1.18 | 24 | 60 | 9.2 | 20 | 7.2 | 5.8 | 5.2 | 6.6 |
| 0.85 | 40 | 73.4 | 17.4 | 102 | 27.6 | 20.4 | 19.7 | 25.7 |
| 0.60 | 104 | 95.4 | 21.6 | 113 | 50.9 | 22.6 | 22.1 | 47.8 |
| 0.425 | 145 | 98.4 | 37.2 | 176 | 85.1 | 35.2 | 36.1 | 83.4 |
| 0.300 | 99 | 99.2 | 16.9 | 69 | 99.2 | 13.4 | 15.2 | 99.2 |
| ASTM | 4 | 100.0 | 0.4 | 4 | 100.0 | 0.4 | 0.4 | 100.0 |
| TOTAL | | | 100.0 | | | 100.0 | 100.0 | |



Jakarta, 19....

Head of Laboratory