

<b>PERPUSTAKAAN FTSP UIN</b>	
HACIAN/DELI	
TGL. TERIMA :	4 September 2005
NO. JUDUL :	001715
NO. INV. :	020001715001
NO. INDUK :	

TA/ TL/ 2005/ 0027

**SOLIDIFIKASI LIMBAH *FLY ASH* HASIL  
PEMBAKARAN *INCINERATOR* INDUSTRI TEKSTIL  
SEBAGAI KERAMIK**

**Diajukan untuk memenuhi persyaratan Ujian Sarjana Jurusan Teknik  
Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Universitas Islam Indonesia**



Disusun oleh :

Nama : Jumiyyati  
No Mahasiswa : 00513033

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

## TUGAS AKHIR

# SOLIDIFIKASI LIMBAH *FLY ASH* HASIL PEMBAKARAN *INCINERATOR* INDUSTRI TEKSTIL SEBAGAI KERAMIK


Nama : Jumiyati

No. Mhs. : 00513033

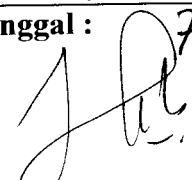
Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. H. Kasam, MT  
Dosen Pembimbing I

Hudori, ST  
Dosen Pembimbing II

  
Tanggal :

7 - 7 - 05

  
Tanggal : 7 Juli 2005

## ABSTRACT

Fly Ashes of textile industry that resulted from incinerator combustion are hazardous and poisonous waste (B3 waste) so that need specific treatment. This research target is to know the heavy metal level which immobile in ceramic which have been enhanced by fly ashes and additive substances. In other side, also to know the curved strength quality of ceramic and percentage of optimum fly ashes addition in ceramic forming from technical aspect and environmental and health aspect.

One of the preparation method used is fly ashes solidification as ceramic. In this solidification process, used different addition of concentration 10%, 20%, 30%, and 40% fly ashes in ceramic substances, after that give the water sufficiently and formed of the size 10cm x 10cm x 1cm. Ceramic which have been formed, dried and burned on 200°C during 16 hours, each variation attempt made by 5 ceramics sample. To obtained ceramic test object, conducted curved strength test and leachate test with the TCLP method.

Addition fly ashes in ceramic making substance show the positive result. From research result, addition 10%,20% and 30% waste obtained curved strength value equal to 77,188 kg/cm<sup>2</sup>;40,667 kg/cm<sup>2</sup> and 36,156 kg/cm<sup>2</sup>, still give good quality of ceramic because curved strength of ceramic still in the above wall ceramic comparator value which sold in market that is equal to 31,69 kg/cm<sup>2</sup>; 29,25 kg/cm<sup>2</sup> and 21,94 kg/cm<sup>2</sup>, while at addition 40% waste that is equal to 16,250 kg/cm<sup>2</sup> yielding curved strength value under comparator value so that yield bad ceramic quality. Inspection heavy metal leachate of Cr, Zn And Pb at solid ceramic with Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP) method at addition 10%, 20%, 30% and 40% *fly ashes* still under standard quality determined by PP No.18 of 1999. Therefore optimum addition fly ashes percentage in ceramic forming from technical aspect and environmental and health aspect is 10% with the curved strength value equal to 77,188 kg/cm<sup>2</sup> and leachate value the heavy metal of Cr, Zn and Pb equal to 0,013mg/l; 0,308mg/l and 0,176mg/l.. From this research result is inferential that fly ashes from combustion result of textile industry incinerator is competent from technical aspect and also environmental and health aspect.

## ABSTRAK

Limbah *fly ash* industri tekstil yang dihasilkan dari pembakaran dengan *incinerator* tergolong jenis limbah berbahaya dan beracun (limbah B3) sehingga perlu pengelolaan secara khusus. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat logam berat yang terimmobilisasi dalam keramik yang telah ditambahkan limbah *fly ash* dan bahan-bahan aditif. Di samping itu juga untuk mengetahui kualitas kuat lentur keramik dan persentase penambahan limbah *fly ash* yang optimum dalam pembentukan keramik dari aspek teknis (kuat lentur) dan aspek kesehatan dan lingkungan.

Salah satu metode pengolahan yang digunakan adalah solidifikasi limbah *fly ash* sebagai keramik. Dalam proses solidifikasi ini, digunakan penambahan variasi konsentrasi 10%, 20%, 30% dan 40% limbah *fly ash* dalam bahan-bahan keramik, selanjutnya diberi air secukupnya dan dicetak dengan ukuran 10cmx10cmx1cm. Keramik yang sudah dicetak dikeringkan dan dibakar dengan suhu 1200°C selama 16 jam, masing-masing variasi percobaan dibuat 5 sampel keramik. Terhadap benda uji keramik yang diperoleh, dilakukan uji kuat lentur dan uji lindi dengan metode TCLP.

Penambahan limbah *fly ash* dalam bahan-bahan pembuatan keramik menunjukkan suatu hasil yang positif. Dari hasil penelitian, pada penambahan 10%, 20% dan 30% limbah diperoleh nilai kuat lentur sebesar 77,188 kg/cm<sup>2</sup>; 40,667 kg/cm<sup>2</sup> dan 36,156 kg/cm<sup>2</sup>, masih memberikan mutu kualitas keramik baik karena kuat lentur keramik masih berada diatas nilai pembandingan keramik dinding yang dijual dipasaran yaitu sebesar 31,69 kg/cm<sup>2</sup>; 29,25 kg/cm<sup>2</sup> dan 21,94 kg/cm<sup>2</sup>, sedangkan pada penambahan 40% limbah yaitu sebesar 16,250 kg/cm<sup>2</sup> menghasilkan nilai kuat lentur dibawah nilai pembandingan sehingga menghasilkan mutu keramik kurang baik. Pemeriksaan pelindian logam berat Cr, Zn dan Pb pada padatan keramik dengan metode *Toxicity Charateristic Leaching Procedure* (TCLP) pada penambahan 10%, 20%, 30% dan 40% limbah *fly ash* masih berada dibawah baku mutu yang ditentukan berdasarkan PP 18 tahun 1999. Oleh karena itu persentase penambahan limbah *fly ash* yang optimum dalam pembentukan keramik dari aspek teknis (kuat lentur) dan aspek kesehatan dan lingkungan yaitu 10% dengan nilai kuat lentur sebesar 77,188 kg/cm<sup>2</sup> dan nilai lindi logam berat Cr, Zn dan Pb sebesar 0,013mg/l; 0,308mg/l dan 0,176mg/l. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa limbah *fly ash* dari hasil pembakaran *incinerator* industri tekstil layak dari aspek teknis (kuat lentur) maupun aspek kesehatan dan lingkungan.

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'allaikum Wr. Wb*

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala rahmat karena berkat dan rahmatNya, sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan Program S-1 di Universitas Islam Indonesia.

Pada kesempatan yang baik ini penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Kasam, MT, selaku dosen pembimbing 1 dan ketua jurusan Teknik Lingkungan UII yang telah banyak meluangkan waktu untuk memberikan pengarahan, bimbingan, saran dan masukan dalam penulisan ini.
2. Bapak Hudori, ST, selaku dosen pembimbing 2 yang telah memberikan ijin, petunjuk, saran dan masukan yang sangat berguna bagi penulis.
3. Bapak Tim Penguji yang memberikan arahan demi perbaikan Tugas Akhir ini.
4. Seluruh Staf Pengajar dan Civitas Akademika Universitas Islam Indonesia Yogyakarta dan Bapak Agus, selaku sekretaris Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia, terima kasih atas bantuannya selama ini.
5. Bapak Teknisi/Staf administrasi Laboratorium Kualitas Air Teknik Lingkungan UII yang telah memberikan petunjuk, saran dan masukan yang sangat berguna bagi penulis.
6. Bapak dan Ibu Teknisi/Staf administrasi Laboratorium MIPA UII yang telah memberikan petunjuk, saran dan masukan yang sangat berguna bagi penulis.
7. Bapak Teknisi/Staf administrasi Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil UII yang telah memberikan ijin, petunjuk yang sangat berguna bagi penulis.
8. Seluruh pimpinan, staf dan karyawan/karyawati PT. Apac Inti Corpora Bawen yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan penelitian Tugas Akhir ini.
9. Bapak, ibu dan saudara tersayang yang senantiasa mendorong dan mendoakan keberhasilan penulis.

10. Agus Kurniawan, terima kasih atas waktu dan kasih sayangnya.
11. Luwis dan Romi terima kasih buat semuanya, Titin, Tifa, Aini, Rina, Santi, Agustria dan semua Rekan-rekan mahasiswa S-1 Teknik Lingkungan UII yang telah banyak memberikan arahan serta bantuan kerja sama selama melakukan Tugas Akhir ini.

Penulis sadar masih banyak kekurangan dalam penulisan Tugas Akhir ini, sehingga saran dan kritik membangun dari semua pihak sangat diharapkan demi kesempurnaan tulisan selanjutnya. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

*Wassalamu'allaikum Wr. Wb.*

Yogyakarta, Juni 2005

Penulis

# DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR TABEL .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR LAMPIRAN .....	ix
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
1.5. Batasan Masalah.....	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Industri Tekstil .....	6
2.2. Karakteristik Limbah Padat Industri Tekstil .....	8
2.3. Pengolahan Limbah Padat.....	9
2.4. <i>Fly Ash</i> .....	11
2.4.1. Komposisi Kimia dan Mineral <i>Fly Ash</i> .....	12
2.5. Logam Berat.....	13
2.5.1. Kromium (Cr).....	14
2.5.1.1. Efek Cr Bagi Kesehatan .....	16
2.5.1.2. Efek Cr Dalam Lingkungan .....	17
2.5.2. Seng (Zn).....	17
2.5.2.1. Efek Zn Bagi Kesehatan.....	19
2.5.2.2. Efek Zn Dalam Lingkungan .....	20
2.5.3. Timbal (Pb).....	21
2.5.3.1. Efek Pb Bagi Kesehatan .....	23
2.5.3.2. Efek Pb Bagi Lingkungan .....	24
2.6. Keramik .....	25
2.6.1. Umum.....	25
2.6.2. Tanah Liat.....	25
2.6.3. Macam–Macam Tanah Liat (Bahan Plastis) .....	25
2.6.4. Bahan–Bahan Keramik Tidak Plastis (Non Plastis).....	27
2.6.5. Pembentukan .....	29
2.6.6. Pengeringan .....	30
2.6.7. Pembakaran .....	31
2.6.8. Jenis Bahan Keramik Menurut Kepadatan.....	31

2.7. Solidifikasi/Stabilisasi .....	33
2.7.1. Solidifikasi-Stabilisasi.....	33
2.7.2. <i>Extraction Procedure Toxicity Test</i> .....	36
2.7.3. TCLP .....	37
2.8. Kuat Lentur.....	38
BAB III. Metodologi Penelitian .....	39
3.1. Umum.....	39
3.2. Bahan Susun.....	39
3.3. Asal Bahan Susun.....	40
3.3.1. Asal Limbah <i>Fly Ash</i> .....	40
3.3.2. Asal Bahan Mentah Keramik .....	41
3.3.3. Asal Air .....	41
3.4. Analisa Karakteristik Bahan.....	43
3.4.1. Analisa Limbah <i>Fly Ash</i> .....	43
3.4.2. Analisa Bahan Mentah Keramik .....	43
3.4.3. analisa Air.....	44
3.5. Rancangan Campuran.....	44
3.6. Pembuatan Benda Uji.....	44
3.7. Pengujian Benda Uji.....	45
BAB IV. Hasil Penelitian dan Pembahasan.....	47
4.1. Hasil Penelitian.....	47
4.1.1. Karakteristik Limbah <i>Fly Ash</i> .....	47
4.1.2. Rancangan Campuran Keramik.....	48
4.1.3. Uji Kuat Lentur .....	49
4.1.4. Uji <i>Leachate</i> Dengan Metode TCLP.....	50
4.1.5. Efisiensi Immobilisasi Logam Berat (Cr, Zn, Pb) Dalam Keramik .....	51
4.2. Pembahasan .....	52
4.2.1. Karakteristik Limbah <i>Fly Ash</i> .....	52
4.2.2. Rancangan Campuran Keramik.....	53
4.2.3. Uji Kuat Lentur .....	54
4.2.4. Uji Lindi Dengan Metode TCLP.....	56
4.2.5. Perbandingan Optimum Ditinjau Dari Uji Kuat Lentur dan Uji TCLP.....	60
BAB V. Kesimpulan dan Saran.....	62
5.1. Kesimpulan.....	62
5.2. Saran.....	63
DAFTAR PUSTAKA.....	64
LAMPIRAN	



## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Golongan Warna.....	7
Tabel 2.2. Karakteristik Air Limbah Pewarnaan Tekstil.....	7
Tabel 2.3. Beberapa Sifat Fisik Logam Kromium (Cr).....	14
Tabel 2.4. Beberapa Sifat Fisik Logam Seng (Zn).....	18
Tabel 2.5. Beberapa Sifat Fisik Logam Timbal (Pb).....	22
Tabel 2.6. Metode Tes Lindi/ <i>Leachate</i> .....	37
Tabel 3.1. Jenis, Ukuran dan Jumlah Benda Uji .....	42
Tabel 4.1. Karakteristik Fisik Limbah <i>Fly Ash</i> .....	47
Tabel 4.2. Karakteristik Kimia Limbah <i>Fly Ash</i> .....	47
Tabel 4.3. Rancangan Campuran Keramik.....	48
Tabel 4.4. Nilai Kuat Lentur Rata-Rata Sampel Keramik.....	49
Tabel 4.5. Hasil Rata-Rata <i>Leachate</i> Logam Berat Dalam Keramik Limbah.....	50
Tabel 4.6. Efisiensi Immobilisasi Logam Berat (Cr, Zn, Pb) Dalam Keramik .....	51
Tabel 4.7. Perbandingan Optimum Ditinjau Dari Uji Kuat Lentur dan Uji TCLP.....	61

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1. Diagram Alir Sistem Air Limbah.....	42
Gambar 3.2. Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian.....	46
Gambar 4.1. Grafik Kuat Lentur Rata-Rata Pada Berbagai Proporsi Limbah.....	49
Gambar 4.2. Grafik TCLP Logam Berat (Cr, Zn dan Pb).....	50

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Pertumbuhan industri di Indonesia semakin pesat dalam bermacam-macam bidang, mulai dari industri pertanian, industri tekstil, industri elektroplating dan galvanis, industri penyamakan kulit, industri eksplorasi dan produksi minyak, gas dan panas bumi dan lain-lain. Pertumbuhan industri akan membawa dampak positif, diantaranya dapat meningkatkan taraf hidup rakyat, penyerapan tenaga kerja dan lain-lain. Disamping dampak positif, industri juga akan menyebabkan dampak negatif yaitu pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh penanganan limbah yang tidak sesuai dengan peraturan-peraturan yang berlaku.

Industri tekstil, dalam proses produksinya menghasilkan limbah, limbah tersebut selain limbah cair juga limbah padat yang berupa *sludge*. Limbah padat berupa lumpur dihasilkan dari proses koagulasi-sedimentasi dan lumpur aktif dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL).

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 18 tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Berbahaya dan Beracun menyatakan bahwa limbah lumpur dari industri tekstil termasuk jenis limbah berbahaya dan beracun (limbah B3) dari sumber yang spesifik dengan kode D213. Hal ini karena dalam limbah

tersebut umumnya mengandung unsur-unsur berbahaya seperti As, Cd, Cr, Pb, Cu dan Zn

*United State Environment Protection Agency* (US EPA) memberikan perkiraan kasar mengenai limbah yang dihasilkan dari industri tekstil bahwa tiap 100 m<sup>3</sup> limbah cair akan dihasilkan limbah padat sebanyak 10 kg (Anonim, 1990). Dengan demikian untuk suatu industri tekstil yang tiap harinya mengolah limbah cair sebanyak 3500-4000 m<sup>3</sup>, dapat menghasilkan limbah padat antara 350-400 kg/hari. Umumnya limbah padat berupa lumpur ditampung pada suatu tangki penyimpanan (*thickener*) sebelum dilewatkan pada mesin *Belt Press* agar kandungan air pada lumpur dapat dikurangi. Di industri tekstil PT. Apac Inti Corpora, lumpur yang sudah kering selanjutnya dihancurkan dengan pemanasan tinggi (*thermal reduction*) dalam alat insinerator. Pembakaran dengan insinerator menghasilkan sisa pembakaran berupa abu terbang (*fly ash*). Bahan tersebut berjumlah tidak kurang 328,5 ton/tahun perunit instalasi pembakaran. Mulai tahun 2002-2004 telah dioperasikan sebanyak 1 unit pembakaran.

Pengelolaan limbah *fly ash* selama ini adalah dengan ditimbun dalam areal pabrik (*land disposal*) dan dibuang bersama sampah yang lain ketempat pembuangan sampah kota (TPA). Hal ini bila tidak ditangani secara memadai akan menyebabkan pencemaran lingkungan dan berbahaya bagi kesehatan manusia. Oleh karena itu mengingat jumlah limbah abu terbang yang dihasilkan dari tahun ketahun terus meningkat sesuai dengan pemakaian bahan bakar, maka diupayakan pemanfaatan kembali (*reuse*) dan penemuan kembali (*recovery*).

Dalam memanfaatkan limbah *fly ash*, penelitian-penelitian sebelumnya menjelaskan bahwa limbah tersebut dapat disolidifikasi. Proses solidifikasi relatif efektif mencegah mobilisasi logam-logam berat. Oleh karena itu pemanfaatan limbah *fly ash* harus baik, agar dalam pemanfaatannya nanti tidak menimbulkan efek atau dampak negatif bagi yang menggunakannya, yaitu dengan memanfaatkan limbah *fly ash* industri tekstil untuk pembuatan keramik. Hal ini dimungkinkan karena untuk pembuatan keramik, hanya diperlukan tanah liat yang bersifat plastis. Sedangkan limbah padat industri tekstil yang berupa *fly ash* bersifat plastis pula. Selain itu pada limbah juga mengandung unsur oksida, diantaranya :  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$  dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  yang dapat membentuk ikatan keramik dan memberikan kontribusi kuat mekanik pada bahan keramik. (Surdia dan Saito, 1985).

Dari uraian diatas, perlu kiranya dilakukan penelitian terhadap karakteristik fisik (kuat lentur) dan kimia (*leachate*) yang terjadi dari limbah *fly ash* industri tekstil yang disolidifikasi dengan bahan pembuat keramik.

## 1.2. Rumusan Masalah

Masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh penambahan komposisi *fly ash* terhadap kualitas keramik yang dihasilkan.
2. Apakah *fly ash* yang dimanfaatkan untuk pembuatan keramik dapat mengimmobilisasi logam-logam berat yaitu : Cr, Zn dan Pb .

3. Apakah variasi persentase penambahan limbah *fly ash* terhadap bahan-bahan mentah keramik akan berpengaruh terhadap hasil akhir dari keramik tersebut.

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari dilaksanakannya penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui sampai seberapa besar komposisi campuran limbah *fly ash* yang bisa digunakan untuk pembuatan keramik batu dengan penambahan komposisi bahan dasar keramik dan pengaruhnya terhadap kualitas yang dihasilkan.
2. Untuk mengetahui apakah limbah *fly ash* yang dimanfaatkan untuk pembuatan keramik dapat mengimmobilisasi logam-logam berat yaitu : Cr, Zn, dan Pb.
3. Untuk mengetahui persentase limbah *fly ash* yang optimum dalam pembentukan keramik dari aspek teknis (kuat lentur) maupun aspek kesehatan dan lingkungan.

### **1.4. Manfaat Penelitian**

Pemanfaatan limbah *fly ash* dari industri tekstil dalam pembuatan keramik diharapkan akan memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Memperoleh pengetahuan mengenai pengolahan limbah *fly ash* yang mengandung unsur-unsur logam berat dengan proses solidifikasi (pemadatan) dengan menggunakan bahan-bahan mentah keramik.
2. Memberikan data informasi mengenai salah satu alternatif pengolahan limbah *fly ash* dengan proses solidifikasi dengan teknologi keramik.

3. Menerapkan system pemanfaatan kembali (*reuse*) dan penemuan kembali (*recovery*).
4. Pemanfaatan limbah *fly ash* untuk pembuatan keramik dapat meminimalkan unsur-unsur logam berat yang terlepas sehingga mengurangi pencemaran terhadap makhluk hidup dan lingkungan.

### 1.5. Batasan Masalah

Sesuai dengan tujuan penelitian, agar penelitian ini lebih mudah perlu adanya batasan-batasan sebagai berikut :

1. Proses pengolahan limbah *fly ash* dengan teknologi keramik untuk unsur-unsur logam berat, yaitu : Cr, Zn dan Pb dengan kaolin (20 %), tanah liat (20 %), *fire clay* (10 %), *samot/grog* (12 %) dan *feldspar* (38 %) sebagai bahan mentah keramik.
2. Ukuran butir bahan pembuat keramik, yaitu kaolin, tanah liat, *fire clay* dan *feldspar* adalah 60 mesh.
3. Benda uji berbentuk keramik batu (*Stoneware*)

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Industri Tekstil**

Di Indonesia industri tekstil merupakan salah satu penyumbang yang cukup besar terhadap pencemaran air sungai karena fluktuasi limbah cairnya yang sering berwarna-warni. Keadaan ini sering dijumpai di beberapa daerah penghasil tekstil terbesar seperti daerah, Pekalongan Solo, Bandung dan lain-lainnya khususnya pada musim kemarau. Karakteristik limbah cair industri tekstil disamping mempunyai fluktuasi volume yang besar dan beranekaragam pencemar juga mempunyai nilai pencemaran organik seperti BOD, COD dan TSS yang cukup tinggi dan juga mengandung bahan yang toksis (logam berat) yang berasal dari proses pewarnaan bahan.

Zat warna yang biasanya dipakai dalam industri tekstil pada umumnya terdiri dari dua komponen yaitu chromophore yang merupakan inti dari zat warna tersebut dan auxochrome yang merupakan zat yang berfungsi sebagai pengikat antara zat dengan fiber. Jenis zat yang biasa dipakai jumlahnya mencapai ratusan dan jenis ini dibagi dalam beberapa golongan berdasarkan struktur kimianya. Adapun jenis golongan pewarna tersebut adalah sebagai berikut :



Tabel 2.1. Golongan Warna

No.	Golongan	Zat Warna
1.	Hidrokarbon aromatic	Benzena, toluena, o-xilena, m-xilena, p-xilena, naftalena
2.	Fenol dan turunannya	Fenol, o-kresol, m-kresol, p-kresol, difenilenaoksida
3.	Senyawa nitrogen	Piridin, kinoline, kinaldina

Menurut “Colour Index Number” zat warna pada industri tekstil digolongkan berdasarkan sistem kerjanya (*Mode of Action*) yaitu kelompok *Reactive dyes*, *Acid & Base dyes*, *Direct dyes*, *metal complex dyes*, *Mordant dyes*, *Sulfur dyes*, *Dipperse dyes* dan sebagainya.

Dalam proses pewarnaan tidak semua zat warna yang ditambahkan akan terserap semua dalam kain dan sebagian zat warna yang tidak terserap oleh kain tersebut akan terikut dalam air limbah. Dibawah ini kandungan air limbah rata-rata industri tekstil pewarnaan.

Tabel 2.2. Karakteristik Air Limbah Pewarnaan Tekstil

Jenis Zat warna	Jenis kain	BOD mg/l	TOC mg/l	TSS mg/l	TDS mg/l	Cd mg/l	Cr mg/l	Pb mg/l	Hg mg/l	Zn mg/l
Acid	Polyamide	240	315	14	2028	0.02	0.08	0.21	0.38	1.39
Basic	Polyester	1470	1120	4	1360	0.05	0.05	0.26	0.43	0.46
Disperse	Polyester	234	300	39	914	0.05	0.10	0.18	0.99	1.53
Reaktif	Cotton	102	230	9	6910	0.20	0.12	0.54	0.62	0.65
Sulfur	Cotton	990	400	34	2000	0.01	0.08	0.28	1.15	0.54
Vat	Cotton	294	265	41	3945	0.05	0.07	0.42	2.20	0.83
Basic	Acrylic	210	255	13	1469	0.03	0.03	0.12	0.39	1.06
Disperse/Vat	Cotton	360	350	9	691	0.05	0.04	0.27	0.50	1.54

Secara umum untuk mengolah air limbah industri tekstil ini dikenal ada 3 (tiga) macam pengolahan yaitu pengolahan secara fisika (*physical treatment*), pengolahan secara kimia (*chemical treatment*) dan pengolahan secara biologi (*biological treatment*).

Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mengendapkan zat warna yang terikut dalam air limbah industri tekstil yaitu dengan proses oksidasi, koagulasi, adsorpsi, ion exchange dan teknologi membran (Venceslau MC 1994). Namun yang umum dilakukan pada hampir semua industri tekstil di Jawa Tengah dengan cara koagulasi dengan menambah koagulan seperti aluminium sulfat, fero sulfat, PAC dan sebagainya. Dengan proses koagulasi ini diharapkan semua komponen dalam zat warna akan mengendap sehingga akan memudahkan proses pengolahan air limbah selanjutnya (*biological treatment*). Endapan yang terjadi dipisahkan dan kemudian dikeringkan dalam *drying bed*.

## **2.2. Karakteristik Limbah Padat Industri tekstil**

Selain limbah cair proses pengolahan industri tekstil juga menghasilkan *sludge* (limbah padat) yang berasal dari padatan terlarut dan tersuspensi dan yang paling utama penghasil limbah padat ini adalah proses pengolahan flokulasi dan koagulasi yang digunakan dalam proses pengolahan air limbah. Limbah padat dari pengolahan koagulasi dan flokulasi ini mengandung unsur pencemar kimia yang pada umumnya limbah berwarna gelap dan kadang-kadang berwarna merah kecoklatan bila mengandung besi. *Sludge* ini biasanya berupa material semi padat dengan kandungan zat padatnya antara 25-45%,

tergantung pada operasi dan proses yang digunakan. Akan tetapi jika *sludge* telah dikeringkan densitas *sludge* akan meningkat.

Beberapa zat yang terkandung dalam *sludge* hasil proses pengendapan kimia antara lain :

1. Pigmen dan zat warna
2. Pelarut organik
3. Hidrogen terhalogenasi (dari proses dressing dan finishing)
4. Logam-logam berat (As, Cd, Cr, Pb, Cu, Zn, Al dan Fe)
5. Zat-zat tensioaktif (Surfactant)

Zat-zat diatas merupakan bahan yang berbahaya bagi lingkungan karena kandungan logam-logam berat yang tergolong limbah B3.

### **2.3. Pengolahan Limbah Padat**

Proses pengolahan limbah padat industri dikelompokkan berdasarkan fungsinya yaitu pengkonsentrasian, pengurangan kadar air, stabilisasi dan pembakaran dengan *incinerator*. Pengolahan tersebut pada industri penghasil limbah dapat dilakukan sendiri-sendiri atau secara berurutan tergantung dari jenis dan jumlah limbah padat yang dihasilkan

#### **1. Pengkonsentrasian**

Dilakukan untuk meningkatkan konsentrasi *sludge* sehingga dapat mengurangi volume *sludge* tersebut. Pengkonsentrasian *sludge* biasanya dilakukan secara grafitasi dengan *clarifier* dan dengan *thickener*. Dengan *thickener* dapat meningkatkan konsentrasi padatan 2-5 kali. Dengan turunnya volume *sludge*

maka akan memberikan keuntungan ekonomis dan akan memudahkan proses pengolahan selanjutnya.

## 2. Pengurangan kadar air

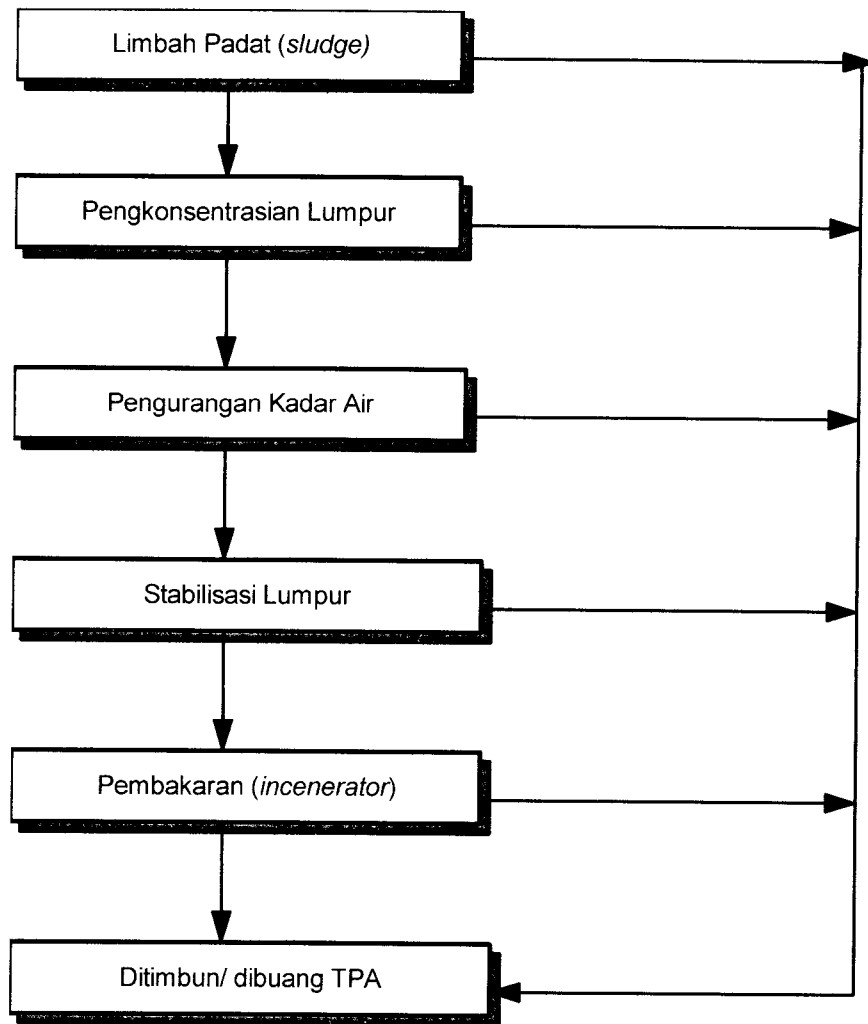
Proses ini bertujuan untuk mengurangi kadar air sehingga sludge dapat lebih kering lagi sehingga memudahkan dalam transportasi. Filtrasi vakum, filter press dan sentrifugasi banyak digunakan dalam proses ini.

## 3. Stabilisasi

Pada prinsipnya adalah mengurangi mobilitas bahan pencemar dalam limbah. Proses stabilisasi secara umum dilakukan dengan mengubah sludge menjadi bentuk yang kompak, tidak berbau dan tidak mengandung mikroorganisme yang mengganggu kesehatan serta bahan-bahan pencemar yang berada di dalamnya tidak mudah mengalami perliindian (*leached*). Proses stabilitasi ini dapat dilakukan dengan berbagai cara antara lain dengan mencampur dengan tanah liat yang dilanjutkan dengan pembakaran seperti pernah dilakukan di Afrika Selatan, dicampur dengan semen dan bahan lainnya sehingga bahan pencemar di dalamnya menjadi lebih stabil. (JA. Slim and Wakefield, 1991).

## 4. Pembakaran

adalah pembakaran sludge dengan suhu tinggi ( $> 900^{\circ}\text{C}$ ). Dalam proses pembakaran limbah padat ini harus digunakan peralatan yang khusus seperti insenerator karena dengan pembakaran pada suhu tersebut dapat sempurna dan tidak dihasilkan hasil samping yang akan membahayakan lingkungan.



Gambar 2.1. Skema Pengolahan Limbah Padat

#### 2.4. Fly Ash

Pembakaran *sludge* dengan *incenerator* akan menghasilkan limbah abu padat. Abu tersebut dapat diklasifikasi menjadi dua jenis, yaitu abu dasar (*bottom ash*) dan abu terbang (*fly ash*).

#### 1. Abu dasar

Abu dasar merupakan fraksi yang lebih kasar dan memiliki warna abu-abu gelap. Setelah melalui proses pembakaran abu dasar akan jatuh dan terkumpul di dasar tungku pembakaran (*furnance*). Berdasarkan sifatnya, abu dasar ini dapat digunakan sebagai campuran agregat kasar atau sebagai *filler*.

#### 2. Abu terbang

Abu terbang merupakan fraksi yang halus dan memiliki warna lebih terang serta memiliki butiran yang lebih bundar dibandingkan dengan abu dasar. Setelah proses pembakaran, abu terbang akan turut terbawa oleh gas buang, selanjutnya abu terbang akan dipisahkan dari gas buang oleh presipator elektro-statik, silikon atau kantung-kantung filter.

### 2.4.1. Komposisi Kimia dan Mineral *Fly Ash*

Komposisi kimia abu layang secara keseluruhan erat kaitannya dengan komponen mineral yang ada pada batu bara dari proses pembakaran yang berlangsung sampai pengabuan. Komposisi kimia abu layang hampir sama dengan abu dasar dengan komponen utama  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  serta banyak mengandung fase *amorf*.

Secara mineralogi abu terbang tersusun oleh fase gelas amorf, fasa kristalin, komponen sekunder dan unsur-unsur jejak/trace elements, dimana senyawa utama dalam gelas adalah silika ( $\text{SiO}_2$ ) dan alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) (Akbar, 1996). Gelas silikat atau gelas kuarsa merupakan silikat *amorf* (tidak berbalur-balur/tidak berhablur). Sifat *amorf* adalah suatu sifat yang apabila salah satu

bentuk belum dipanaskan diatas titik leburnya ia akan menjadi cairan yang sangat kental. Karena kekentalannya itu maka untuk mengeluarkan gelembung-gelembung udara perlu dipanaskan sampai 500°C diatas titik leburnya. Apabila cairan itu didinginkan karena kental tidak dapat dibentuk lagi menjadi balur-balur, tetapi seolah-olah menjadi cairan yang beku. (Sugiono dan Sukirman, 1979).

Sedangkan secara kimia abu terbang terdiri dari *Calcium* CaO (22.98%), *Silicon* SiO (21.92%), *Iron* Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (16.47%), *Aluminium* Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (16%), Sul-phur SO<sub>3</sub> (11.85%), Magnesium MgO (7.9%), Sodium Na<sub>2</sub>O (1.37%), *Titanium* TiO<sub>2</sub> (0.6%), *Manganese* Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (0.18%), dan *Phosphorus* P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (0.11%). Berdasarkan sifat-sifat tersebut, maka abu terbang memiliki potensi yang besar untuk digunakan dalam berbagai bentuk bahan konstruksi dan bahan bangunan.

Dari hasil penelitian, abu terbang (*fly ash*) dapat dimanfaatkan sebagai matriks padat berupa beton, keramik, gypsum dan lain-lain.

## **2.5. Logam Berat**

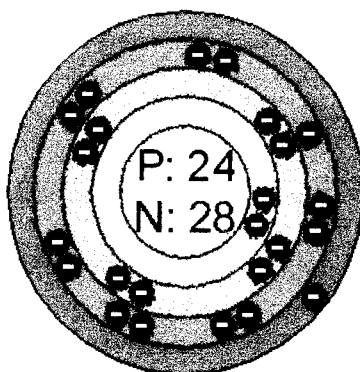
Logam berat adalah komponen alamiah lingkungan yang mendapatkan perhatian berlebih akibat ditambahkan ke dalam tanah dalam jumlah yang semakin meningkat dan bahaya yang mungkin ditimbulkan. Logam berat menunjuk pada logam yang mempunyai berat jenis lebih tinggi dari 5 atau 6 g/cm<sup>3</sup>. Namun pada kenyataannya dalam pengertian logam berat ini, dimasukkan pula unsur-unsur metaloid yang mempunyai sifat berbahaya seperti logam berat sehingga jumlah seluruhnya mencapai lebih kurang 40 jenis.

Beberapa logam berat yang beracun tersebut adalah As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni, dan Zn. (Wild, 1995).

### 2.5.1. Kromium (Cr)

Nama kromium berasal dari bahasa Yunani yaitu *chrôma* (*color*). Ditemukan oleh Louis Vauquelin pada tahun 1797. Logam ini berwarna *gray* (abu-abu) dan di golongan dalam *transition metal*.

#### *Atomic Structure*



Tabel 2.3. Beberapa Sifat Fisik Logam Kromium

Nama	Kromium
Simbol	Cr
Nomor atom	24
Massa atom relative	51,996 g.mol <sup>-1</sup>
Konfigurasi elektron	3d <sup>5</sup> 4s <sup>1</sup>
Jari-jari atom	0,117 nm
Jari-jari Ion	0,069 nm (+3) ; 0,044 nm (+6)
Keelektronegatifan	1,6
Energi Ionisasi	659 kJ mol <sup>-1</sup>
Kerapatan	7,19 g cm <sup>-3</sup>
Titik leleh	1857°C
Titik didih	2672°C
Bilangan oksidasi	2, 3, 6
Potensial standar	- 0.71 V (Cr <sup>3+</sup> / Cr)

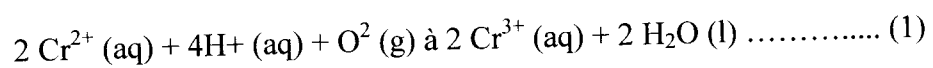
(Sumber : www.Lenntech.com, 2005).



Salah satu logam transisi yang penting adalah kromium. Sepuhan kromium (*chrome plating*) banyak digunakan pada peralatan sehari-hari, pada mobil dan sebagainya, karena lapisan kromium ini sangat indah, keras dan melindungi logam lain dari korosi. Kromium juga penting dalam paduan logam dan digunakan dalam pembuatan "*stainless steel*".

Kromium mempunyai konfigurasi electron  $3d^54s^1$ , sangat keras, mempunyai titik leleh dan titik didih tinggi diatas titik leleh dan titik didih unsur-unsur transisi deret pertama lainnya. Bilangan oksidasi yang terpenting adalah +2, +3 dan +6. jika dalam keadaan murni melarut dengan lambat sekali dalam asam encer membentuk garam kromium (II). (Achmad, Hiskia, 1992).

Senyawa-senyawa yang dapat dibentuk oleh kromium mempunyai sifat yang berbeda-beda sesuai dengan valensi yang dimilikinya. Senyawa yang terbentuk dari logam  $Cr^{+2}$  akan bersifat basa, dalam larutan air kromium (II) adalah reduktor kuat dan mudah dioksidasi diudara menjadi senyawa kromium (III) dengan reaksi :



Senyawa yang terbentuk dari ion kromium (III) atau  $Cr^{3+}$  bersifat amporter dan merupakan ion yang paling stabil di antara kation logam transisi yang lainnya serta dalam larutan, ion ini terdapat sebagai  $[Cr(H_2O)_6]^{3+}$  yang berwarna hijau. Senyawa yang terbentuk dari ion logam  $Cr^{6+}$  akan bersifat asam.  $Cr^{3+}$  dapat mengendap dalam bentuk hidroksida. Krom hidroksida ini tidak terlarut dalam air pada kondisi pH optimal 8,5–9,5 akan tetapi akan melarut lebih

tinggi pada kondisi pH rendah atau asam.  $\text{Cr}^{6+}$  sulit mengendap, sehingga dalam penanganannya diperlukan zat pereduksi dari  $\text{Cr}^{6+}$  menjadi  $\text{Cr}^{3+}$ . (Palar,1994).

Kromium dengan bilangan oksidasi +6 mudah membentuk senyawa oksidator dengan unsur lain karena memiliki sifat oksidasi yang kuat, maka  $\text{Cr}^{6+}$  mudah tereduksi menjadi  $\text{Cr}^{3+}$  dan kromium (VI) kebanyakan bersifat asam.

#### **2.5.1.1.Efek Cr Bagi Kesehatan**

Logam kromium (Cr) dapat masuk kedalam tubuh manusia melalui pernapasan, minuman atau makanan dan melalui kulit. Kebanyakan orang makan makanan mengandung kromium (III), karena kromium (III) terjadi secara alami di dalam sayur-sayuran, buah-buahan dan daging. Kromium (III) adalah suatu bahan gizi yang penting untuk manusia, dan kekurangan kromium (III) menyebabkan jantung, kencing manis dan gangguan metabolisme. Akan tetapi kromium (III) yang berlebih dapat mempengaruhi kesehatan, seperti *skin rashes* ([www.chemicalelements.com](http://www.chemicalelements.com), 2005).

Logam kromium (VI) berbahaya bagi kesehatan manusia, sebagian besar pada orang-orang yang bekerja di industri tekstil dan baja. Ketika kromium (VI) di dalam kulit, menyebabkan alergi kulit seperti *skin rashes*. Permasalahan kesehatan yang lain disebabkan oleh kromium (VI) adalah :

1. Gangguan borok dan perut
2. Permasalahan yang berhubungan dengan pernapasan
3. Kerusakan hati dan ginjal
4. Kanker paru-paru.

### 2.5.1.2. Efek Cr dalam Lingkungan

Ada berbagai macam perbedaan logam kromium yang berbeda-beda pada dampak organisma. Logam kromium (Cr) dapat masuk di udara (lapisan atmosfer), air dan tanah didalam kromium (III) dan kromium (VI) yang terbentuk melalui proses alami dan aktivitas manusia.

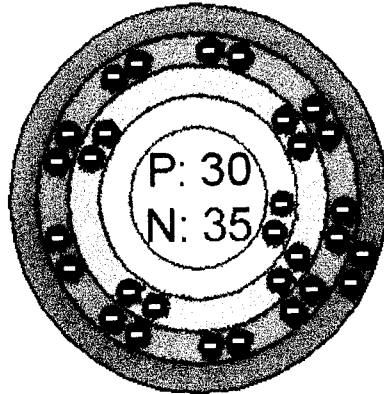
Aktivitas utama manusia yang meningkatkan konsentrasi logam kromium (III) adalah pabrik kulit dan tekstil. Aktivitas utama manusia yang meningkatkan konsentrasi logam kromium (VI) adalah yang memproduksi bahan kimia, tekstil, kulit, elektro dan penggunaan kromium (VI) lainnya dalam industri. Sebagian besar penggunaan ini akan meningkatkan konsentrasi logam kromium dalam air. Melalui pembakaran batu bara juga terdapat kromium diudara dan melalui *waste disposal* kromium juga ada di tanah.

Kebanyakan kromium terdapat diudara dan *end up* di air dan tanah. Kromium di dalam tanah mengikat kuat butiran partikel sehingga tidak menyebar ke *ground water*. Di air kromium akan terserap dalam *sediment* sehingga tidak menyebar. Hanya sebagian kecil logam kromium mengendap dan pada akhirnya akan larut dalam air ([www.chemicalelements.com](http://www.chemicalelements.com), 2005)

### 2.5.2. Seng (Zn)

Nama seng berasal dari bahasa Jerman yaitu *Zin* (*meaning tin*). Ditemukan oleh Andreas Marggraf pada tahun 1746. Logam *zinc* berwarna *bluish pale grey* dan di golongan dalam *transition metal*.

## Atomic Structure



Tabel 2.4. Beberapa Sifat Fisik Logam Seng

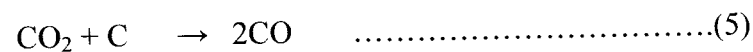
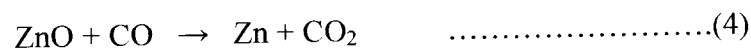
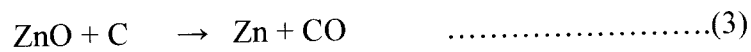
Nama	Seng
Simbol	Zn
Nomor atom	30
Massa atom relative	65.37 g.mol <sup>-1</sup>
Konfigurasi elektron	3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> (Ar)
Jari-jari atom	0,117 nm
Jari-jari Ion	0,074 nm (+2)
Keelektronegatifan	1,6
Energi Ionisasi 1	904,5 kJ mol <sup>-1</sup>
Energi Ionisasi 2	1723 kJ mol <sup>-1</sup>
Kerapatan	7.11 g.cm <sup>-3</sup> at 20°C
Titik leleh	420 °C
Titik didih	907 °C
Potensial standar	-0,763 V

(Sumber : www.Lenntech.com, 2005).

Seng adalah suatu *bluish-white*, metal berkilauan, *Zinc* merupakan logam seperti perak banyak digunakan dalam industri baja supaya tahan karat, membuat kuningan, membuat kaleng yang tahan panas dan sebagainya. Rapuh

pada suhu lingkungan tetapi lunak pada suhu 100-150°C. Merupakan suatu konduktor listrik dan terbakar tinggi di dalam udara pada panas merah-pijar.

Logam seng (Zn) tersedia secara *commercially* jadi tidak secara normal untuk membuatnya di dalam laboratorium. Kebanyakan produksi seng didasarkan bijih sulfid. Zn dipanggang didalam pabrik industri untuk membentuk oksida seng, ZnO. Ini dikurangi dengan karbon untuk membentuk seng metal, tetapi diperlukan *practice ingenious technology* untuk memastikan bahwa seng yang dihasilkan tidak mengandung oksida tak murni.



Tipe lain dari ekstraksi adalah *electrolytic*. Penguraian dari *zinc oxide* mentah, ZnO, di dalam sulphuric acid menjadi *zinc sulfate*, ZnSO<sub>4</sub>. Solusi dari elektrolisi ZnSO<sub>4</sub> menggunakan katoda aluminium dan dicampur timah dengan anoda perak membentuk logam seng murni yang dilapisi aluminium. Gas oksigen dibebaskan pada anoda.

### 2.5.2.1. Efek Seng bagi Kesehatan

Seng adalah suatu unsur yang umum terjadi secara alami. Banyak bahan makanan berisi konsentrasi seng tertentu. Air minum juga berisi sejumlah seng tertentu, yang mana lebih tinggi ketika disimpan di dalam tangki logam. Sumber industri atau *toxic waste* tempat menyebabkan sejumlah seng di dalam air minum mencapai tingkatan yang dapat menyebabkan permasalahan kesehatan.

Seng adalah suatu unsur yang penting bagi kesehatan manusia. Bilamana orang-orang menyerap terlalu kecil seng mereka dapat mengalami hilangnya nafsu makan, indera rasa dan penciuman berkurang, penyembuhan luka lamban dan sakit kulit. Kekurangan *zinc* dapat menyebabkan kelahiran cacat.

Walaupun manusia mampu menangani konsentrasi seng yang besar, *zinc* terlalu banyak dapat menyebabkan permasalahan kesehatan utama, seperti kram perut, iritasi kulit dan kekurangan darah merah. Tingkatan seng yang sangat tinggi dapat merusakkan pankreas dan mengganggu metabolisme protein dan menyebabkan pengapuran pembuluh darah.

Seng bisa merupakan suatu bahaya bagi anak-anak belum lahir dan baru lahir. Ketika para ibu mereka sudah menyerap konsentrasi seng yang besar, anak-anak dapat kena melalui darah atau susu dari para ibu mereka ([www.chemicalelements.com](http://www.chemicalelements.com), 2005).

#### **2.5.2.2. Efek Seng Pada Lingkungan**

Seng terjadi secara alami di dalam udara, tanah dan air, tetapi konsentrasi seng naik secara tak wajar, kaitannya dengan penambahan seng melalui aktivitas manusia. Seng bertambah banyak saat aktivitas industri, seperti pekerjaan tambang, batubara dan pembakaran limbah dan proses baja.

Air dikotori dengan seng, kaitannya dengan kehadiran dari jumlah seng yang besar di dalam *wastewater* suatu industri. Salah satu konsekwensi adalah sungai mengandung *zinc-polluted sludge* ditepi sungai. Seng juga meningkatkan kadar keasaman perairan.

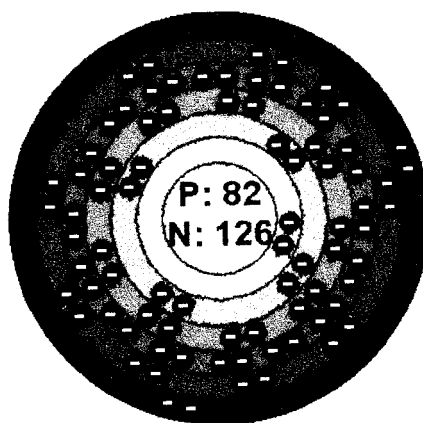
Beberapa ikan dapat mengumpulkan seng di dalam badan mereka, ketika mereka tinggal di terusan *zinc-contaminated*. Ketika seng masuk ke badan dari ikan tersebut bisa memperbesar bio rantai makanan.

Jumlah seng yang besar dapat ditemukan di dalam tanah. Ketika lahan tanah pertanian dikotori dengan seng, binatang akan menyerap konsentrasi tersebut yang akan merusak kesehatan mereka. Seng tidak hanya suatu ancaman bagi lembu, tetapi juga untuk jenis tanaman ([www.chemicalelements.com](http://www.chemicalelements.com), 2005).

### 2.5.3. Timbal (Pb)

Timbal (Pb) telah dikenal sejak zaman dahulu karena sangat banyak terdapat pada kerak bumi. Timbal berwarna *bluish white* dan di golongkan dalam *other metals*; halus, lembut dan merupakan konduktor listrik yang lemah. Timbal terutama terdapat sebagai *galena*, PbS.

#### *Atomic Structure*



Tabel 2.5. Beberapa Sifat Fisik Timbal

Nama	Timbal
Simbol	Pb
Nomor atom	82
Massa atom relative	207.2 g.mol <sup>-1</sup>
Konfigurasi elektron	[ Xe ] 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> 6p <sup>2</sup>
Jari-jari atom	0.154 nm
Jari-jari Ion	0.132 nm (+2) ; 0.084 nm (+4)
Keelektronegatifan	1,8
Energi Ionisasi 1	715.4 kJ.mol <sup>-1</sup>
Energi Ionisasi 2	1450.0 kJ.mol <sup>-1</sup>
Energi Ionisasi 3	3080.7 kJ.mol <sup>-1</sup>
Energi Ionisasi 4	4082.3 kJ.mol <sup>-1</sup>
Energi Ionisasi 5	6608 kJ.mol <sup>-1</sup>
Kerapatan	11.34 g.cm <sup>-3</sup> at 20°C
Titik leleh	327 °C
Titik didih	1755 °C

(Sumber : www.Lenntech.com, 2005).

Timbal dalam industri digunakan sebagai bahan pelapis untuk bahan kerajinan dari tanah karena pada temperatur yang rendah bahan pelapis dapat digunakan. Sekarang banyak juga digunakan sebagai pelapis pita-pita, karena mempunyai sikap resisten terhadap bahan korosif dan bahan baterai, cat. Senyawaan yang terpenting adalah (CH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>Pb dan (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>4</sub>Pb yang dibuat dalam jumlah yang sangat besar untuk digunakan sebagai zat “antiknock” dalam bahan bakar.



### 2.5.3.1. Efek Timbal bagi Kesehatan

Timbal adalah logam halus yang telah dikenal banyak penerapannya dari tahun ketahun. Timbal termasuk salah satu logam golongan empat yang sangat merugikan bagi kesehatan manusia. Dapat masuk melalui tubuh melalui makanan (65%), air (20%) dan udara (15%). Makanan seperti buah, sayur-sayuran, daging dan *seafood* kemungkinan mengandung timbal. Asap rokok juga mengandung sedikit timbal ([www.chemicalelements.com](http://www.chemicalelements.com), 2005).

Timbal dapat masuk dalam air (minum) melalui pipa yang berkarat. Oleh karena itu lebih mungkin untuk terjadi ketika air *acidic*. Oleh sebab itu mengapa diperlukan alat pengukur pH pada sistem pengolahan air pada tujuan yang akan dilayani.

Keracunan timbal diakibatkan oleh pengisapan bagian kecil dari asap atau debu timbal yang kemudian diserap oleh aliran darah diakumulasi pada sumsum tulang belakang. Pelepasan timbal dari tulang terjadi sangat lambat sehingga efek penimbunan ini yang menimbulkan keracunan kronis.

Dampak negatif (kesehatan) yang disebabkan oleh timbal, seperti:

- kekurangan darah merah (anemia)
- kerusakan ginjal
- kerusakan otak
- terjadi paralysis pada urat saraf

Timbal juga dapat masuk kejanin melalui plasenta dari ibu. Oleh karena itu dapat menyebabkan kerusakan yang serius pada system otak pada anak yang belum lahir.

### 2.5.3.2. Efek Timbal Pada Lingkungan

Timbal terjadi secara alami di dalam lingkungan. Kebanyakan konsentrasi timbal yang ditemukan dalam lingkungan adalah dari hasil aktivitas manusia. Dalam mesin kendaraan (motor, mobil) timbal dibakar sehingga timbal *salts* (*Chlorines, bromines, oxides*) akan bereaksi. Timbal *salts* masuk ke lingkungan melalui pipa pembuangan (knalpot) kendaraan. Partikel yang lebih besar akan jatuh ke tanah sehingga mencemari air permukaan atau tanah. Partikel yang lebih kecil akan lepas melalui udara dan sisanya akan tinggal di atmosfer. Sebagian akan kembali ke bumi ketika sedang hujan. Tidak hanya timbal gasoline menyebabkan konsentrasi timbal di lingkungan meningkat. Disisi lain aktivitas manusia seperti pembakaran bahan bakar, proses industri dan pembakaran limbah padat juga mempengaruhi.

Timbal dapat terjadi dalam tanah dan air melalui korosi pipa saluran pada sistem transport air dan melalui karatan cat. Ini tidak bisa dihancurkan, hanya dapat dikonversi ke bentuk lain. Timbal terkumpul di dalam tubuh organisme air dan tanah. Organisme tersebut akan mempengaruhi kesehatan akibat dari timbal yang beracun. Pengaruh kesehatan pada organisme air dapat tetap berlangsung meskipun konsentrasi timbal saat itu sangat kecil.

Fungsi tanah terganggu karena intervensi timbal, terutama disekitar lahan pertanian dan jalan raya, dimana konsentrasi saat itu sangat tinggi. Organisme di dalam tanah juga dapat terganggu karena timbal beracun tersebut ([www.chemicalelements.com](http://www.chemicalelements.com), 2005).

## **2.6. Keramik**

### **2.6.1. Umum**

Keramik adalah semua benda-benda yang terbuat dari tanah liat/lempung yang mengalami suatu proses pengerasan dengan pembakaran suhu tinggi. Pengertian keramik yang lebih luas dan umum adalah “Bahan yang dibakar tinggi” termasuk didalamnya semen, gips, metal dan lainnya.

### **2.6.2. Tanah Liat**

Tanah liat merupakan suatu zat yang terbentuk dari partikel-partikel yang sangat kecil, terutama dari mineral-mineral yang disebut kaolinit, yaitu persenyawaan dari oksida alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) dengan oksida silika ( $\text{SiO}_2$ ) dan air ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Dilihat dari sudut ilmu kimia tanah liat termasuk hidrosilikat alumina dan dalam keadaan murni mempunyai rumus  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  dengan perbandingan berat dari unsur-unsurnya : 39% oksida aluminium ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), 47% oksida silinium ( $\text{SiO}_2$ ) dan 14% air ( $\text{H}_2\text{O}$ ). (Gatot Wahyu, 2003).

### **2.6.3. Macam-macam Tanah Liat (Bahan Plastis)**

#### **1. Kaolin**

Kaolin adalah tanah liat yang mengandung mineral kaolinit sebagai bagian yang terbesar, dan termasuk jenis tanah liat primer. Kaolin mempunyai komposisi hidros aluminium silikat ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) dengan disertai beberapa mineral penyerta seperti  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}_3$  dan lain-lain.

Mineral yang termasuk dalam kelompok kaolin adalah *kaolinit*, *nakritm diskrit* dan *halosit* dengan kaolinit sebagai mineral utama. (Chang, 2000).

Sifat dan keadaan bahan :

- Berbutir kasar
- Rapuh dan tidak plastis jika dibandingkan dengan lempung sedimenter karena itu sulit dibentuk
- Warnanya putih karena kandungan besinya paling rendah

Karena jenis kaolin tidaklah sangat plastis, maka taraf penyusutan dan kekuatan keringnya pun lebih rendah dan sangat tahan api; maka tanah ini tidak dapat dipakai begitu saja untuk membuat barang-barang keramik, melainkan harus dicampur dahulu dengan bahan-bahan lainnya. Bakaran kaolin sangat kuat; titik lelehnya sampai 1800°C. (Astuti, 1997).

Bahan ini dipakai dalam :

- Keramik halus (gerabah putih) dan porselen baik sebagai salah satu komponen dalam badan maupun glasir
- Barang-barang tahan api dalam bata-bata kaolin
- Bahan-bahan bangunan keramik seperti tegel dalam gerabah atau porselen
- Sedikit-sedikit dalam email

DiIndonesia bahan ini terdapat di beberapa tempat seperti di Jawa Barat, Jawa Timur, Sumatera, Bangka, Belitung, Kalimantan.

## 2. *Fire clay* (Tahan Api)

Adalah termasuk jenis tanah sekunder, karena biasanya ditemukan didareah lapisan batu bara.

Sifat dan keadaan bahan :

- Tanah ini sangat tahan api (*refractory*) karena itu sangat tahan terhadap suhu tinggi,
- Plastis atau sama sekali tidak plastis
- Bertekstur kasar.

Sifat ketahanan apinya disebabkan karena tanah ini tidak mengandung oksida besi.

#### 2.6.4. Bahan-bahan Keramik Tidak Plastis (Non Plastis)

Bahan-bahan untuk pembuatan keramik yang telah diuraikan terdahulu merupakan bahan-bahan yang plastis artinya dapat dibentuk menjadi benda. Sedangkan bahan-bahan yang akan diuraikan disini merupakan bahan-bahan non plastis yang biasa dicampurkan untuk memperoleh hasil yang memuaskan.

##### 1. *Feldspar* ( $\text{KNaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ )

Rumus umum *feldspar* adalah  $\text{MZ}_4\text{O}_8$ , dimana M adalah kation-kation  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ , atau  $\text{Ca}^+$ , sedangkan komponen Z adalah kation-kation  $\text{Al}^{3+}$ , dan  $\text{Si}^{4+}$  tetapi sebagian digantikan dengan  $\text{Fe}^{3+}$ . Rumus kimia *feldspar* adalah  $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$  dengan komposisi  $\text{K}_2\text{O} = 16,9\%$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 18,4\%$  dan  $\text{SiO}_2 = 64,7\%$ .

Bahan ini adalah suatu kelompok mineral yang berasal dari batu karang yang ditumbuk dan dapat memberikan sampai 25% flux (pelebur) kepada badan keramik. Bila mase keramik dibakar, *feldspar*nya meleleh (melebur) dan membentuk leburan gelas yang menyebabkan partikel tanah dan bahan lainnya melekat melekat satu sama lainnya. Sifat fisik *feldspar* adalah berwarna putih,

kebiruan, hijau muda dan kuning kotor, nilai kekerasan 6-6,5 mohs, berat jenis 2,4-2,8 gr/L dengan titik lebur 1100-1500°C.

Bahan ini sangat berguna oleh karena banyak mengandung soda dan potash, dan tidak larut dalam air, sedang soda ash larut dalam air. Ada paling sedikit 12 macam tipenya, yang paling umum adalah *potash feldspar (orthoclase)*, *soda feldspar (albite)*, dan *lime feldspar (anorthite)*. Masing-masing mengandung alumina, silika, dan flux. Komposisinya juga bermacam-macam, yang banyak mengandung kalium ( $K_2O$ ) dipakai untuk pembuatan mase keramik, sedang yang banyak mengandung natrium ( $Na_2O$ ) dipakai pada pembuatan gelasir. Gelasir-gelasir *feldspar* cenderung menghasilkan efek putih susu (*milky*), karena adanya gelembung-gelembung sangat halus pada badan gelasir. *Feldspar* mengandung semua bahan-bahan penting untuk membentuk gelasir suhu tinggi, tetapi agar lebih memuaskan diperlukan tambahan flint, whiting atau kaolin. (Astuti, 1997).

## 2. *Samot/Grog*

Meski *samot* bukan tanah liat, namun perlu dimasukkan disini, karena bahan ini juga dipergunakan untuk pembuatan badan keramik. Bahan ini dibuat dari bata-bata api atau kepingan-kepingan keramik yang telah dibakar pertama (*biscuit*) dan menjadi keras, kemudian ditumbuk menjadi tepung. Karena *samot* telah dibakar keras, bahan ini ditambahkan pada tanah liat dengan cara menguletnya untuk mengurangi penyusutan yang terjadi selama pembakaran dan bahan ini juga sering dipergunakan bila membuat karya berukuran besar atau badan berat.

Dengan mengurangi susut, *samot* melindungi benda-benda terhadap perubahan bentuk, yang biasanya disebabkan oleh penyusutan yang tiba-tiba. Karena partikel *samot* yang lebih besar dari tanah liat, maka badan menjadi lebih porous, yang memungkinkan cairan dengan mudah terhisap ke permukaan benda selama pengeringan dan permulaan pembakaran, ini memungkinkan penguapan lebih lambat dan mengurangi kesempatan benda pecah/meledak selama pembakaran. Juga karena bahan ini tidak plastis, penambahannya pada tanah liat yang sangat plastis dapat mencegah retak selama pengeringan atau pembakaran. Selama badan yang mengandung *samot* tahan terhadap perubahan suhu yang mendadak, bendanya tidak cenderung pecah bila diambil dari tungku pada waktu masih panas. *Samot* juga membantu menghasilkan tekstur halus/kasar, sederhana, permukaan yang tanpa polish. (Astuti, 1997).

#### **2.6.5. Pembentukan**

Pada dasarnya teknik pembentukan dapat dibagi dalam 2 golongan, yaitu teknik pembentukan dengan tangan dan teknik pembentukan dengan mesin. Teknik pembentukan dengan mempergunakan mesin dilakukan dengan digerakkan oleh tangan yaitu pembentukan dengan teknik putar. Disamping kedua macam teknik ini, masih ada alternatif lain yaitu teknik pembentukan dengan cetakan.

Teknik pembentukan dengan cetak dapat memproduksi barang dengan jumlah yang banyak dalam waktu relatif singkat dengan bentuk dan ukuran yang sama pula. Bahan cetakan yang biasa dipakai adalah berupa gips,

seperti untuk cetakan berongga, cetakan padat, cetakan jigger maupun cetakan untuk dekorasi temple. Cara ini digunakan pada pabrik-pabrik keramik dengan produksi massal.

#### **2.6.6. Pengeringan**

Benda-benda yang akan dibakar harus dikeringkan terlebih dahulu, karena jika masih sedikit basah pun mungkin akan terjadi ledakan uap air waktu dibakar.

Mengeringkan benda keramik berarti menghilangkan apa yang disebut air plastisnya saja, sedang air yang terikat dalam molekul tanah liat (air kimia) hanya bisa dihilangkan melalui pembakaran.

Proses pengeringan biasa diikuti dengan proses penyusutan. Penyusutan disebabkan karena kehilangan kandungan airnya setelah proses pengeringan berakhir karena itu bentuk bendanya akan menjadi lebih kecil dari ukuran semula.

Pengeringan bertujuan memberikan kekuatan kepada barang-barang mentah sehingga dapat disusun didalam tungku, dan menghilangkan air yang berlebihan, yang menimbulkan kesukaran-kesukaran dalam proses pembakaran.

Beberapa cara pengeringan yang baik antara lain adalah :

1. Diangin-anginkan

Cara ini dilakukan diudara terbuka, tidak tersampai terkena sinar matahari langsung kecuali kalau sudah hampir kering benar; baik juga ditempatkan



pada rak-rak pengering didalam suatu ruangan yang menggunakan atap transparan yang tembus sinar dari luar sehingga tidak perlu menjemur.

## 2. Dipanaskan

Benda-benda dimasukkan kedalam lemari yang dipanasi sehingga lembab dari *greenware* (benda keramik yang belum dibakar) lentap sama sekali. Lemari tersebut harus berlubang dari bawah untuk melenyapkan uap air dan berlubang pula diatasnya untuk melenyapkan udara keluar.

## 3. Membungkus bagian-bagian benda dengan lap yang agak basah terutama bila benda mempunyai bagian-bagian yang tebal dan bagian-bagian yang tipis. Pada bagian bawah dari benda diberi kayu-kayu penyangga agar supaya aliran udara dari bawah dapat mengeringkan bagian bawah benda tersebut.

### **2.6.7. Pembakaran**

Proses pembakaran bahan keramik sering juga disebut *sintering processes*. Suhu yang dipakai dalam pembakaran sangat tergantung dari metode, bahan yang akan dibakar dan benda hasil bakar. Sebagai contoh untuk jenis keramik *stoneware* digunakan suhu 1200-1300°C (Astuti, 1997).

### **2.6.8. Jenis Badan Keramik Menurut Kepadatan**

#### 1. Gerabah (*Earthenware*)

Dibuat dari semua jenis bahan tanah liat yang plastis dan mudah dibentuk dan dibakar pada suhu maksimum 1000°C. Keramik jenis ini struktur dan teksturnya sangat rapuh, kasar dan masih berpori. Agar supaya kedap air,

gerabah kasar harus dilapisi glasir, semen atau bahan pelapis lainnya. Gerabah termasuk keramik berkualitas rendah apabila dibandingkan dengan keramik batu (*stoneware*) atau porselin. Bata, genteng, paso, pot, anglo, kendi, gentong dan sebagainya termasuk keramik jenis gerabah. Genteng telah banyak dibuat berglasir dengan warna yang menarik sehingga menambah kekuatannya.

## 2. Keramik Batu (*Stoneware*)

Dibuat dari bahan lempung plastis yang dicampur dengan bahan tahan api sehingga dapat dibakar pada suhu tinggi ( $1200^{\circ}$ - $1300^{\circ}$ C). Keramik jenis ini mempunyai struktur dan tekstur halus dan kokoh, kuat dan berat seperti batu.

Keramik jenis termasuk kualitas golongan menengah.

## 3. Porselin (*Porcelain*)

Adalah jenis keramik bakaran suhu tinggi yang dibuat dari bahan lempung murni yang tahan api, seperti kaolin, alumina dan silika. Oleh karena badan porselin jenis ini berwarna putih bahkan bisa tembus cahaya, maka sering disebut keramik putih. Pada umumnya, porselin dipijar sampai suhu  $1350^{\circ}$ C atau  $1400^{\circ}$ C, bahkan ada yang lebih tinggi lagi hingga mencapai  $1500^{\circ}$ C. Porselin yang tampaknya tipis dan rapuh sebenarnya mempunyai kekuatan karena struktur dan teksturnya rapat serta keras seperti gelas. Oleh karena keramik ini dibakar pada suhu tinggi maka dalam bodi porselin terjadi pengelasan atau vitrifikasi. Secara teknis keramik jenis ini mempunyai kualitas tinggi dan bagus, disamping mempunyai daya tarik tersendiri karena keindahan dan kelembutan khas porselin. Juga bahannya sangat peka dan cemerlang terhadap warna-warna glasir.

#### 4. Keramik Baru (*New Ceramic*)

Adalah keramik yang secara teknis, diproses untuk keperluan teknologi tinggi seperti peralatan mobil, listrik, konstruksi, komputer, cerobong pesawat, kristal optik, keramik metal, keramik multi lapis, keramik multi fungsi, komposit keramik, silikon, bioceramic, dan keramik magnet. Sifat khas dari material keramik jenis ini disesuaikan dengan keperluan yang bersifat teknis seperti tahan benturan, tahan gesek, tahan panas, tahan karat, tahan suhu kejut seperti isolator, bahan pelapis dan komponen teknis lainnya ([www.Ipteknet.com](http://www.Ipteknet.com), 2005).

### **2.7. Solidifikasi/Stabilisasi**

#### **2.7.1. Solidifikasi/Stabilisasi**

Stabilisasi adalah proses penambahan bahan-bahan aditif tertentu untuk mengurangi sifat berbahaya limbah dengan mengubah limbah tersebut menjadi bentuk yang:

- mempunyai laju migrasi kontaminan serendah mungkin
- mempunyai tingkat toksisitas rendah (Buckingham. L; C. Evans; D. La Grega, 1994).

Dengan demikian proses stabilisasi, yang dikenal pula sebagai solidifikasi adalah suatu tahapan proses pengolahan limbah B3 untuk mengurangi potensi racun dan kandungan limbah B3 melalui upaya memperkecil/membatasi daya larut immobilisasi unsur yang bersifat racun sebelum limbah B3 tersebut dibuang ke tempat penimbunan akhir (landfill) (Yulinah. T, 2000).

Tujuan dari proses stabilisasi/solidifikasi adalah mengkonversi limbah beracun menjadi massa yang secara fisik inert, memiliki daya leaching rendah serta kekuatan mekanik yang cukup untuk agar aman untuk di buang ke landfill limbah B3.

Untuk mengurangi volume akhir limbah, biasanya limbah dilakukan penghilangan air lebih dahulu sebelum dilakukan proses solidifikasi. Dalam proses solidifikasi limbah menjadi bentuk block atau padatan yang kompak digunakan suatu bahan pengikat atau polymer. Sebagai bahan pengikat yang banyak digunakan adalah semen portland, thermoplastic, organik polymer dan pozzolanic.

Produk stabilisasi diharapkan memiliki karakteristik sebagai berikut :

- stabil
- mampu menahan beban
- toleran terhadap kondisi basah dan kering yang silih berganti
- permeabilitas rendah
- tidak menghasilkan lindi yang berkualitas buruk

Bahan aditif yang ditambahkan untuk stabilisasi/solidifikasi harus bersifat :

1. Dapat memperbaiki karakteristik fisik limbah.
2. Mengurangi luas permukaan limbah.
3. Mengurangi kelarutan polutan yang terdapat dalam limbah
4. Mengurangi toksisitas kontaminan.

Jenis bahan aditif dan bahan-bahan lainnya yang umum digunakan untuk stabilisasi/solidifikasi adalah :

1. Bahan pencampur : gypsum, pasir, lempung, abu terbang.
2. Bahan perekat/pengikat : semen, kapur, tanah liat, dan lain-lain.

Prosedur stabilisasi/solidifikasi adalah sebagai berikut :

1. Sebelum distabilisasi/solidifikasi karakteristik limbah B3 harus ditentukan karakteristiknya terlebih dahulu guna menentukan komposisi bahan-bahan yang perlu ditambahkan.
2. Setelah dilakukan stabilisasi/solidifikasi, selanjutnya dilakukan uji *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* (TCLP) terhadap hasil olahan tersebut untuk mengukur kadar/konsentrasi parameter dalam lindi (*extract/eluate*). Hasil uji TCLP sebagaimana dimaksud, kadarnya tidak boleh melewati nilai ambang batas sebagaimana ditetapkan Bapedal.
3. Terhadap hasil olahan tersebut selanjutnya dilakukan uji kuat tekan (*compressive strength*). Hasil stabilisasi mempunyai nilai tekanan minimum sebesar 10 ton/m<sup>2</sup> dan lolos uji *paint filter test*.
4. Hasil stabilisasi yang memenuhi persyaratan baku mutu TCLP, nilai uji kuat tekan dan *paint filter test* harus ditimbun di tempat penimbunan (landfill) B3.

Proses stabilisasi biasa digunakan untuk :

1. Stabilisasi limbah cair B3 sebelum dibuang ke landfill.
2. Remediasi lahan-lahan yang terkontaminasi limbah B3.

Jenis-jenis proses stabilisasi yang banyak digunakan antara lain :

1. Stabilisasi dengan semen
2. Vitrifikasi atau glasifikasi
3. Absorpsi
4. Kapsulasi termoplastik
5. Kapsulasi makro

### **2.7.2. *Extraction Procedure Toxicity Test***

Dalam banyak kasus, pengurangan berbagai zat pencemar dapat berpindah kedalam lingkungan dan hal itu merupakan alasan utama untuk menggunakan stabilisasi/solidifikasi sebagai teknik pengolahan limbah berbahaya. Ketika terjadi infiltrasi pada limbah stabilisasi, kontaminan berpindah dari massa padat ke dalam air (*medium transfer*) dan menuju ke dalam lingkungan.

Tes *leachate* tertera pada tabel 2.6. Istilah *extraction* dan *leaching* adalah proses dimana zat tercemar ditransfer dari matriks padatan menjadi *leachant*. Dalam hal ini kemampuan suatu material yang telah distabilkan untuk melepaskan zat pencemar disebut *leachability*.

Untuk menentukan lindi/*leachate* yang keluar dari padatan yang telah distabilkan digunakan metode *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* (TCLP) adalah salah satu evaluasi toksisitas limbah untuk bahan-bahan yang dianggap berbahaya dan beracun dengan penekanan pada nilai *leachate*.

Tabel 2.6. Metode Tes Lindi

No	<i>Leaching Test Methods</i>
1	<i>Paint Filter Test</i>
2	<i>Liquids Release Test</i>
3	<i>Extraction Procedure Toxicity Characteristic (EPTox)</i>
4	<i>Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP)</i>
5	<i>Modified Uniform Leach Procedure (ANS 16.1)</i>
6	<i>Maximum Possible Concentration Test</i>
7	<i>Equilibrium Leach Test</i>
8	<i>Dynamic Leach Test</i>
9	<i>Sequential Leach Test</i>
10	<i>Multiple Extraction Procedure</i>

### 2.7.3. Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP)

TCLP digunakan pada tanggal 7 November tahun 1986, oleh U.S. EPA dibawah Amandemen Limbah Padat dan Berbahaya pada tahun 1984. Test ini, suatu penngatur, dipakai sebagai pengganti untuk *EP Toxicity Test* untuk menjelaskan pengolahan partikel limbah dengan menggunakan standar pengolahan aplikasi dasar teknologi menjadi *land disposed*. TCLP juga secara luas digunakan untuk mengevaluasi efektivitas stabilisasi. Dalam metode ini, material yang distabilkan dihancurkan untuk suatu partikel butir dengan ukuran <9,5 millimeter. Material yang dihancurkan bercampur dengan *acetid acid extraction liquid*, dan diaduk dalam *rotary extractor* selama 18 jam pada 30 RPM dan 22°C. setelah 18 jam, sampel disaring melalui 0,6-0,8 *micrometer glass fiber filter* dan air saringan sebagai *TCLP extract*. *TCLP extract* dianalisa untuk

mengetahui kontaminan pencemar yang mencakup *volatile* dan *semi-volatile organics, metals, dan pesticides*.

## 2.8. Kuat Lentur

Kuat lentur adalah hasil bagi momen lentur yang terbesar dan momen perlawanan, yang terjadi pada beban lentur maksimum (beban pada patahnya benda uji).

$$\rho = \frac{3 PL}{2.b(h)^2} \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan :

P = Beban patah

L = Jarak tumpuan

b = Lebar benda coba

h = Tebal benda coba



## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1. Umum**

Penelitian yang dilakukan termasuk dalam penelitian eksperimen yang berada pada skala laboratorium dengan tahapan-tahapan yang sesuai literatur, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.2. Secara garis besar penelitian ini meliputi kegiatan sebagai berikut :

1. Analisa karakteristik limbah fisik dan kimia *fly ash*.
2. Analisa karakteristik fisik hasil solidifikasi yaitu uji kuat lentur.
3. Analisa pelindian (*leachate*) hasil solidifikasi dengan metode *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* (TCLP).

#### **3.2. Bahan Susun**

Dalam membuat sampel untuk penelitian ini, bahan-bahan susun yang dipergunakan adalah :

1. Limbah *fly ash* hasil pembakaran *incinerator*
2. Bahan-bahan mentah keramik yang dipergunakan adalah :
  - Kaolin (20%)
  - Tanah liat (20%)
  - *Fire clay* (10%)

- *Samot/grog* (12%)
- *Feldspar* (38%)

### 3. Air

#### 3.3. Asal Bahan Susun

##### 3.3.1 Asal Limbah *Fly Ash*

Limbah *fly ash* yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah berasal dari proses pembakaran dengan *incinerator* yang dihasilkan dari sistem pengolahan limbah cair dan limbah lumpur (Gambar 3.1). Limbah lumpur dihasilkan dari Unit Pengolahan Limbah Cair (UPLC) yang berasal dari proses produksi di *weaving* 1, *weaving* 4, *weaving* 5, laundry dan laboratorium WWT.. Tahapan-tahapan proses produksi tekstil PT. Apac Inti Corpora ialah pengkajian, proses penghilangan kanji, penggelantangan, pemasakan, merserisasi, pewarnaan, pencetakan dan proses penyempurnaan. Dari tahapan tersebut dihasilkan limbah berupa gas, cair dan uap yang diolah di unit *Waste Water Treatment* (WWT), baik diunit WWT I maupun diunit WWT II.

Selanjutnya limbah lumpur dimasukkan dalam mesin pemeras lumpur (Alfa Laval NX 4500) yang bertujuan untuk memisahkan lumpur dengan air (*dewatering*) dengan cara memberikan tekanan kepada lumpur sehingga airnya bisa keluar/terpisahkan dengan padatnya. Lumpur yang telah kering selanjutnya dibakar dengan *rotaring dryer dan incinerator* yang beroperasi selama 24 jam dengan suhu tinggi, yaitu  $> 700^{\circ}\text{C}$ .

Pembakaran dengan *rotaring dryer dan incinerator* pada industri tekstil menghasilkan limbah abu padat. Abu tersebut diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu abu dasar (*bottom ash*) dan abu terbang (*fly ash*). Dalam penelitian ini limbah abu padat yang digunakan sebagai sampling adalah abu terbang (*fly ash*).

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 18 tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Berbahaya dan Beracun menyatakan bahwa limbah lumpur dari industri tekstil termasuk jenis limbah berbahaya dan beracun (limbah B3) dari sumber yang spesifik dengan kode D213. Hal ini karena dalam limbah tersebut umumnya mengandung unsur-unsur berbahaya seperti As, Cd, Cr, Pb, Cu dan Zn.

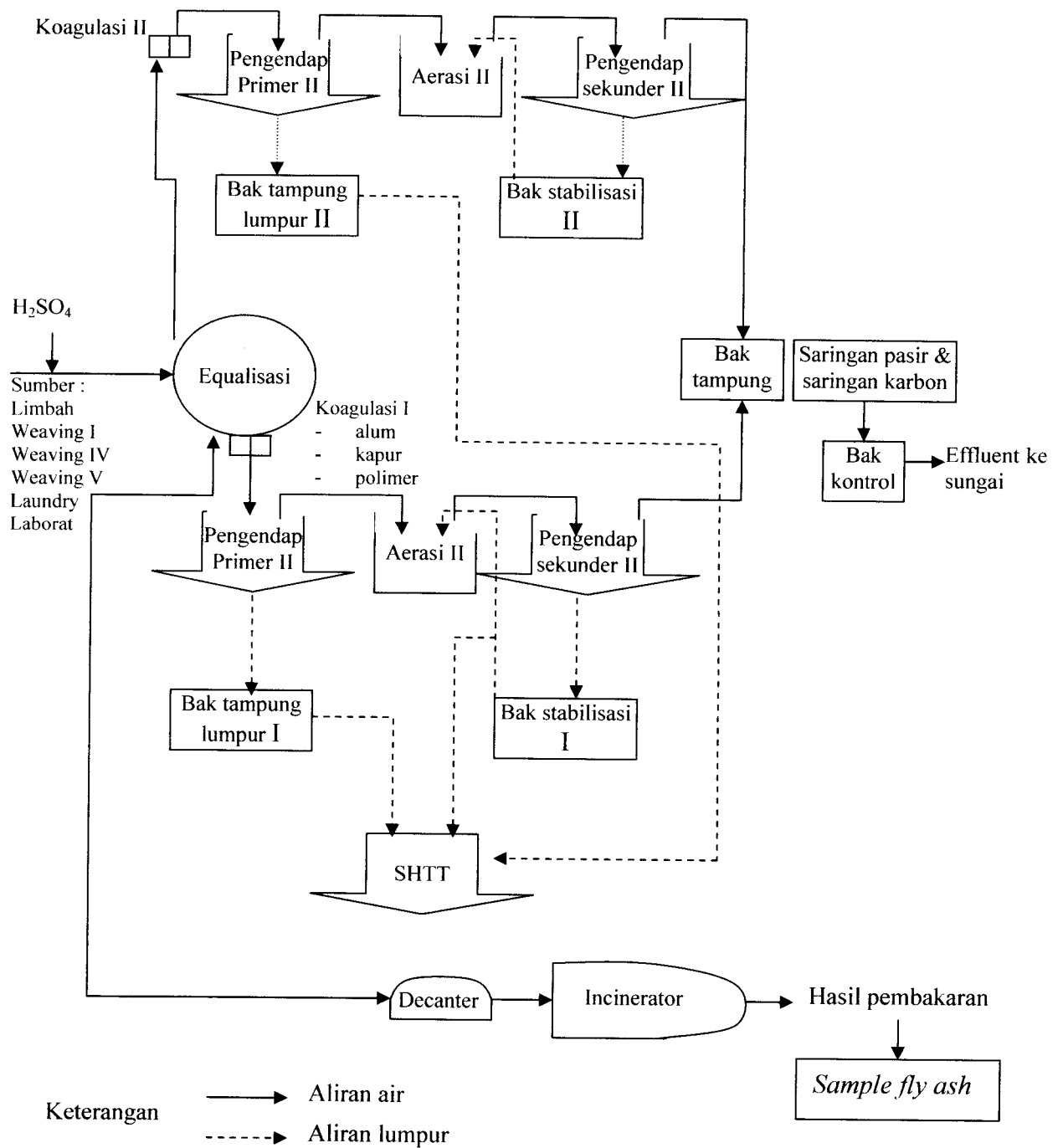
### **3.3.2. Asal Bahan Mentah Keramik**

Bahan-bahan mentah keramik yang dipergunakan adalah :

1. Kaolin (20%) berasal dari Malang
2. Tanah liat (20%) berasal dari Sengkawang
3. *Fire clay* (10%) berasal dari Spanyol
4. *Samot/grog* (12%) berasal dari PPPG Kesenian Yogyakarta
5. *Feldspar* (38%) berasal dari Malang.

### **3.3.3. Asal Air**

Air yang digunakan berasal dari sumur Pusat Pengembangan Penataran Guru Kesenian Yogyakarta (PPPG Kesenian).



Gambar 3.1. Diagram Alir Sistem Air Limbah  
(Sumber : Arsip WWT, 1999)

### **3.4. Analisa Karakteristik Bahan**

#### **3.4.1. Analisa Limbah *Fly Ash***

Pada limbah *fly ash* dilakukan pemeriksaan terhadap karakteristik fisika dan kimia.

- Karakteristik fisika
  1. Analisa berat jenis (SK SNI M-10-1989-F)
  2. Analisa berat volume (SK SNI M-08-1989-F)
  3. Analisa modulus kehalusan (SK SNI M-10-1989-F)
  4. Analisa kadar air
- Karakteristik Kimia
  1. Analisa terhadap senyawa/unsur yang berhubungan dengan fungsinya sebagai material keramik seperti  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$  dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  tidak dilakukan. Pada limbah *fly ash* mengandung unsur-unsur tersebut (ASTM, 1994).
  2. Analisa logam berat, yaitu : Cr, Pb, dan Zn

#### **3.4.2. Analisa Bahan Mentah Keramik**

Pada bahan-bahan mentah keramik, yaitu kaolin, tanah liat, *fire clay*, *samot/grog* dan *feldspar* tidak dilakukan analisa terhadap kandungan senyawa/unsur, seperti  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$  dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Pada bahan-bahan keramik mengandung unsur-unsur tersebut (Glen. C. Nelson, 1984).

### 3.4.3. Analisa Air

Dalam penelitian ini air yang digunakan tidak dianalisa. Air yang digunakan sebagai bahan campuran keramik berasal dari sumur Pusat Pengembangan Penataran Guru Kesenian Yogyakarta (PPPG Kesenian).

### 3.5. Rancangan Campuran

Rencana campuran keramik dibuat sesuai dengan berat dan banyaknya keramik yang dibuat, dengan berat 500g tiap keramik dan ukuran 10cmx10cmx1cm. Banyaknya sampel yang dibuat adalah 25 keramik.

### 3.6. Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dilakukan sesuai dengan peralatan yang dipakai. Sedangkan jenis, ukuran dan jumlah benda uji ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Jenis, Ukuran dan Jumlah Benda Uji

Pengujian Benda Uji	Ukuran (cm)	Jumlah Sampel Uji					Cetakan
		Formula 1 (0 %)	Formula 2 (10 %)	Formula 3 (20 %)	Formula 4 (30 %)	Formula 5 (40 %)	
Kuat Lentur	10x10	5	5	5	5	5	Persegi
TCLP	Lolos ayakan 50 mesh	100 gram	100 gram	100 gram	100 gram	100 gram	-



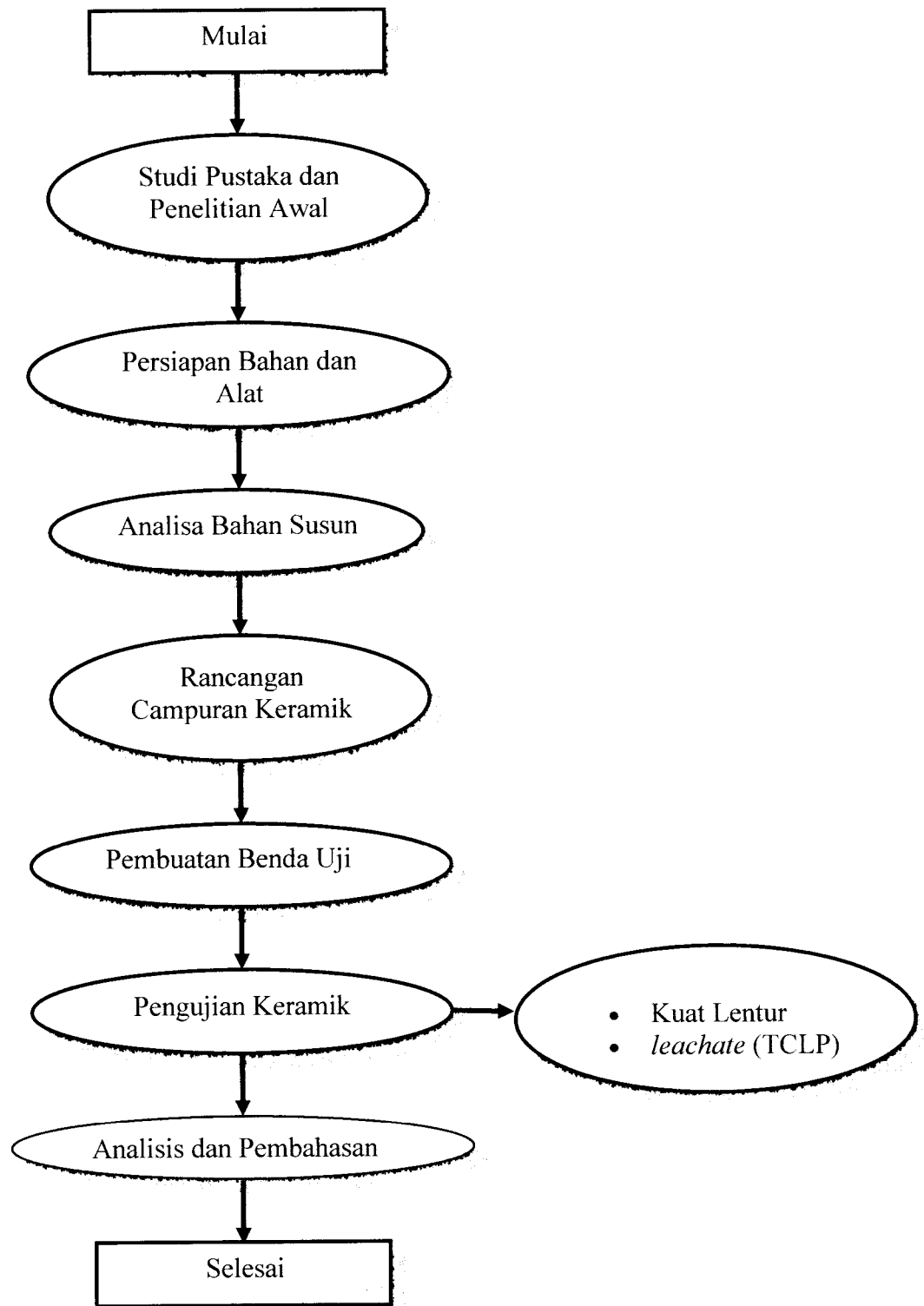
Keterangan :

1. Penambahan limbah *fly ash* dibuat dalam 4 formula, yaitu 10%, 20%, 30% dan 40% terhadap bahan mentah keramik, yaitu kaolin (20 %), tanah liat (20%), *fire caly* (10 %), *samot/grog* (12%) dan *feldspar* (38 %), masing-masing formula 5 benda uji.
2. Pengujian kuat lentur keramik untuk masing-masing formula 3 benda uji.
3. Pengujian pelindian (*leachate*) keramik dengan metode *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* (TCLP) untuk masing-masing formula 100 gram dari 3 keramik yang telah diuji kuat lenturnya dan dihancurkan (lolos ayakan 50 mesh). Dilakukan 3 analisa untuk masing-masing formula.

### 3.7. Pengujian Benda Uji

Setelah sampel keramik dibuat, dilakukan pengujian terhadap sampel keramik. Pengujian yang dilakukan meliputi :

1. Kuat lentur pada keramik
2. Pengujian pelindian (*leachate*) dilakukan dengan metode *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* (TCLP)



Gambar 3.2. Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian



## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Hasil Penelitian

##### 4.1.1. Karakteristik Limbah *Fly Ash*

Pemeriksaan karakteristik limbah *fly ash* meliputi sifat fisik dan kimia yang ditampilkan seperti Tabel 4.1 dan 4.2.

Tabel 4.1. Karakteristik Fisik Limbah *Fly Ash*

No	Parameter	Data Penelitian
1	Kadar air	0,04 %
2	Berat jenis	2,424 gr/ml
3	Berat volume	0,0738 t/m <sup>3</sup>
4	Modulus Kehalusan	0,33

(Sumber : Hasil Penelitian, 2005)

Tabel 4.2. Karakteristik Kimia Limbah *Fly Ash*

No	Senyawa/unsur	Data Penelitian	PP No.18 Tahun 1999
1	Cr	19,500±0,390	5,0
3	Zn	587,500±21,740	50,0
5	Pb	39,991±1,086	5,0

(Sumber : Hasil Penelitian, 2005)

#### 4.1.2. Rancangan Campuran Keramik

Rancangan penambahan limbah *fly ash* dalam bahan-bahan keramik stoneware dibuat sesuai dengan berat dan banyaknya keramik yang dibuat, dengan berat 500g tiap keramik dan ukuran 10cmx10cmx1cm. Banyaknya sampel yang dibuat adalah 25 keramik.

Tabel 4.3. Rancangan Campuran Keramik

Formula	Bahan Mentah Keramik				
	Kaolin (20%) (gr)	Tanah Liat (20%) (gr)	<i>Fire Clay</i> (10%) (gr)	<i>Samot/Grog</i> (12%) (gr)	<i>Feldspar</i> (38%) (gr)
1 (0%)	500	500	250	300	950
2 (10%)	450	450	200	250	900
3 (20%)	400	400	150	200	850
4 (30%)	350	350	100	150	800
5 (40%)	300	300	50	100	750

(sumber : Hasil Penelitian, 2005)

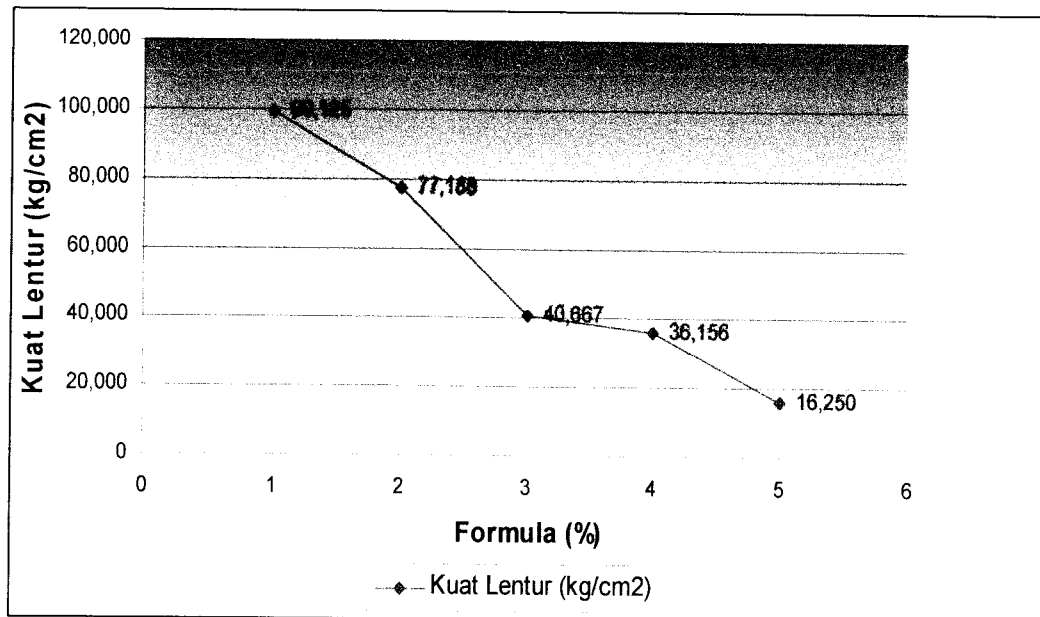
### 4.1.3. Uji Kuat Lentur

Dari pengujian kuat lentur benda uji persegi keramik dengan menggunakan persamaan (2.5) diperoleh seperti pada Tabel 4.4. dan Gambar 4.1.

Tabel 4.4. Nilai Kuat Lentur Rata-rata Sampel Keramik

No	Formula (%)	Kuat Lentur (kg/cm <sup>2</sup> )	Pembanding Kuat Lentur (kg/cm <sup>2</sup> )		
			Keramik Dinding "Mulia"	Keramik Dinding "Diamond"	Keramik Dinding "KIA"
1	1 (0%)	99,125	29,25	31,69	21,94
2	2 (90 : 10)	77,188			
3	3 (80 : 20)	40,667			
4	4 (70 : 30)	36,156			
5	5 (60 : 40)	16,250			

(Sumber : Hasil Penelitian, 2005)



Gambar 4.1. Grafik Kuat Lentur Rata-rata Pada Berbagai Proporsi Limbah

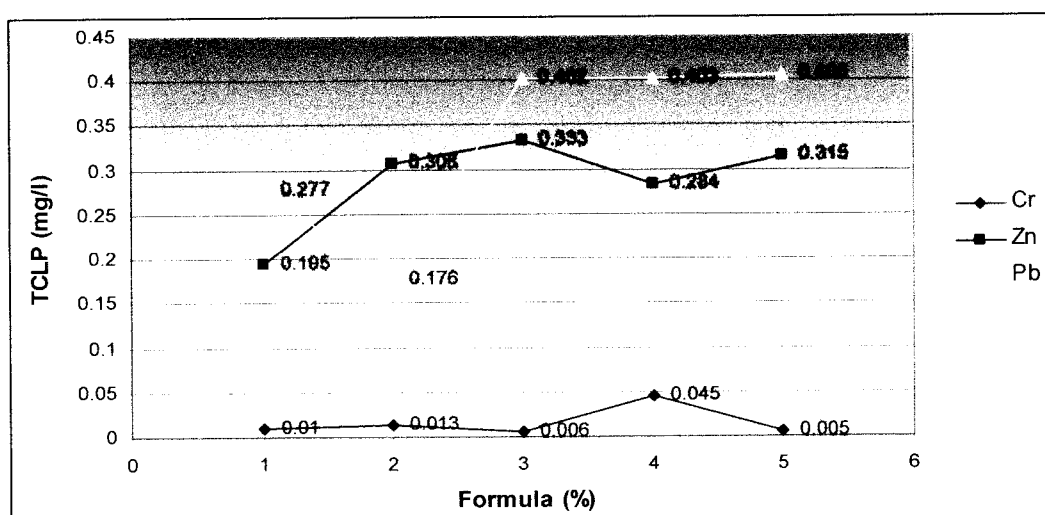
#### 4.1.4. Uji *Leachate* Dengan Metode TCLP

Hasil pengujian lindi/*leachate* dengan metode *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* (TCLP) pada masing-masing formula ditunjukkan pada Tabel 4.5. dan Gambar 4.2.

Tabel 4.5. Hasil Rata-rata *leachate* Logam Berat Dalam keramik Limbah

No	Benda Uji	p <sup>H</sup>	<i>Leachate</i> Logam Berat (mg/l)		
			Cr	Zn	Pb
1	Formula 1 (0%)	4,86	0,01	0,195	0,277
2	Formula 2 (10%)	4,86	0,013	0,308	0,176
3	Formula 3 (20%)	4,82	0,006	0,333	0,402
4	Formula 4 (30%)	4,81	0,045	0,284	0,403
5	Formula 5 (40%)	4,81	0,0045	0,315	0,406
Standar TCLP (PP 18/1999)			5,0	50,0	5,0

(Sumber : Hasil Penelitian, 2005)



Gambar 4.2. Grafik TCLP Logam Berat (Cr, Zn dan Pb)

#### 4.1.5. Efisiensi Immobilisasi Logam-logam Berat (Cr, Zn dan Pb) Dalam

##### Keramik

Efisiensi immobilisasi logam berat Cr, Zn dan Pb menggunakan rumus

$$E = \frac{A1 - A2}{A1} \times 100\%.$$

Tabel 4.6. Efisiensi Immobilisasi Logam Berat Cr, Zn dan Pb

No	Formula	Logam Berat (%)		
		Cr	Zn	Pb
1	1 (0%)	-	-	-
2	2 (10%)	86,67	89,51	11,98
3	3 (20%)	96,92	94,33	-0,77
4	4 (30%)	84,62	96,78	32,82
5	5 (40%)	98,85	97,32	49,24

(Sumber : Hasil Penelitian, 2005)

## 4.2. Pembahasan

### 4.2.1. Karakteristik Limbah *Fly Ash*

Pada penelitian awal dilakukan pemeriksaan karakteristik fisik dan kimia limbah *fly ash* yang ditampilkan pada Tabel 4.1 dan 4.2. Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui syarat potensi limbah *fly ash* dalam pembuatan keramik dan kandungan logam berat dalam limbah *fly ash* sebelum disolidifikasi.

Dari hasil analisa yang dilakukan terhadap sifat fisik limbah *fly ash* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.1, berat jenis 2.424 gr/ml, berat volume 0.0738 t/m<sup>3</sup> dan modulus kehalusan sebesar 0.33 adalah berpotensi untuk pembuatan keramik.

Jika dilihat dari unsur-unsur yang terkandung seperti pada Tabel 4.2, maka limbah *fly ash* tergolong jenis limbah berbahaya dan beracun (limbah B3) menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 18 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Berbahaya dan Beracun yaitu Zn (587,500±21,740 µg/g), Pb (39,991±1,086 µg/g) dan Cr (19,500 ± 0,390 µg/g).

Karakteristik kimia terutama senyawa SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO dan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> adalah merupakan hal penting dalam pembuatan keramik karena dapat membentuk ikatan keramik dan memberikan kontribusi kuat (Surdia dan Saito, 1985). Adanya unsur SiO<sub>2</sub> atau silika dalam limbah *fly ash* industri tekstil pada pembuatan keramik, bermanfaat untuk mengurangi susut kering, retak saat pembakaran dan mempertinggi kualitas produk keramik. Aluminium atau Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> berguna untuk mengontrol dan mengimbangi pelelehan serta memberikan kekuatan pada keramik. Kandungan CaO dapat menurunkan titik leleh pada saat

pembakaran dan mencegah lengkung. Sedangkan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  atau oksida besi yang terkandung dalam limbah dapat memperbaiki proses pembakaran.

#### 4.2.2. Rancangan Campuran Keramik

Dalam membuat sampel untuk penelitian ini dipergunakan bahan-bahan dasar pembuat keramik, yaitu: kaolin, tanah liat, *fire clay*, *samot/grog*, *feldspar* dan bahan bantu, yaitu air. Variasi komposisi dibuat berdasarkan jenis keramik yang dibuat, yaitu keramik dinding *stoneware* dengan komposisi kaolin 20%, tanah liat 20%, *fire clay* 10%, *samot/grog* 12% dan *feldspar* 38%, seperti ditunjukkan pada Tabel 4.3. Rancangan campuran bahan keramik didasarkan pada berat dan banyaknya keramik yang dibuat, dengan berat 500g tiap keramik dan ukuran 10cmx10cmx1cm. Banyaknya sampel yang dibuat adalah 25 keramik.

Adapun penambahan limbah *fly ash* pada penelitian ini adalah 10%, 20%, 30% dan 40% pada tiap formula bahan keramik. Berdasarkan pada penelitian sebelumnya bahwa semakin banyak proporsi limbah berpengaruh pada kualitas yang dihasilkan, yaitu dihasilkan nilai kuat tekan pada produk seperti beton dan batu bata semakin rendah sehingga kualitas produk kurang baik, dan penambahan limbah terhadap campuran produk yaitu nilai kuat tekan optimum tercapai pada proporsi limbah 40%. Tabel 4.3. menunjukkan bahwa untuk formula 2, 3, 4 dan 5 dilakukan penambahan 10%, 20%, 30% dan 40% limbah *fly ash*.

### 4.2.3. Uji Kuat Lentur

Dari hasil pengujian kuat lentur diperoleh, keramik hasil penambahan 10% yaitu sebesar 77,188 kg/cm<sup>2</sup> sampai dengan 30% yaitu sebesar 36,156 kg/cm<sup>2</sup> limbah *fly ash* masih memberikan mutu kuat lentur yang baik karena kuat lentur pada penambahan limbah tersebut berada diatas nilai pembanding keramik dinding Mulia, Diamond dan KIA yang dijual dipasaran yaitu sebesar 29,25 kg/cm<sup>2</sup>; 31,69 kg/cm<sup>2</sup> dan 21,94 kg/cm<sup>2</sup>, sedangkan pada penambahan 40% limbah *fly ash* yaitu sebesar 16,250 kg/cm<sup>2</sup> menghasilkan nilai kuat lentur dibawah nilai pembanding sehingga menghasilkan mutu keramik kurang baik. Kuat lentur tertinggi adalah 77,188 kg/cm<sup>2</sup> dengan penambahan 10% limbah, sedangkan untuk keramik normal (tanpa limbah) kuat lenturnya adalah 99,125 kg/cm<sup>2</sup>.

Dari Tabel 4.4. dan Gambar 4.1. diperoleh bahwa suhu pembakaran berpengaruh pada proses vitrifikasi, yaitu proses terjadinya peleburan bagian-bagian dari mineral tertentu (Feldspar/Ca Al<sub>2</sub> SiO<sub>8</sub> dan Amorthite Albite/Na Al Si<sub>3</sub>O<sub>8</sub>) dari bahan keramik (Vlack, 1981). Jika suhu pembakaran tinggi sesuai dengan suhu jenis keramik, bagian-bagian mineral yang melebur tadi menyebabkan partikel tanah dan bahan lainnya melekat satu dengan lain, membentuk ikatan-ikatan unsur pada bahan (ikatan keramik) yang memberikan sifat keras pada yang dibakar.

Sifat dan kandungan bahan-bahan keramik juga berpengaruh terhadap kuat lentur keramik. Tanah liat berbahan plastis seperti kaolin dan *fire clay* tahan api (*refractory*) saat dibakar, karena itu tahan terhadap suhu tinggi. Untuk tanah



liat non plastis seperti *feldspar* dan *samot/grog* merupakan bahan campuran untuk memperoleh hasil yang memuaskan. *Feldspar* mengandung mineral yang dapat memberikan sampai 25% flux (pelebur) pada badan keramik, bila mase keramik dibakar, *feldspar*nya meleleh (melebur) dan membentuk leburan yang menyebabkan partikel tanah dan bahan lainnya melekat satu sama lainnya, sehingga memberikan kekuatan dan kekukuhan pada badan keramik. Adanya bahan *samot/grog* yang ditambahkan pada campuran bahan keramik, mengurangi penyusutan yang terjadi selama pembakaran. Dengan mengurangi susut, *samot/grog* melindungi benda-benda terhadap perubahan bentuk yang biasanya disebabkan oleh penyusutan yang tiba-tiba. Karena partikel *samot/grog* yang lebih besar dari tanah liat, maka badan menjadi lebih porous, yang memungkinkan cairan dengan mudah terhisap ke permukaan benda selama pengeringan dan permulaan pembakaran, ini memungkinkan penguapan lebih lambat dan mengurangi kesempatan benda pecah/retak selama pembakaran.

Selain itu, adanya unsur  $\text{SiO}_2$  atau silika dalam limbah *fly ash* industri tekstil pada pembuatan keramik, bermanfaat untuk mengurangi susut kering, retak saat pembakaran dan mempertinggi kualitas produk keramik. Alumina atau  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , berguna untuk mengontrol dan mengimbangi pelelehan serta memberikan kekuatan pada keramik. Sedangkan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  atau oksida besi yang ada dalam limbah *fly ash* dapat memperbaiki proses pembakaran dan memberi warna pada keramik.

Tabel 4.4. dan Gambar 4.1. terlihat bahwa makin meningkatnya penambahan limbah *fly ash* dalam bahan-bahan keramik *stoneware* dengan suhu pembakaran  $1200^\circ\text{C}$ , mempunyai nilai kuat lentur semakin rendah. Hal ini

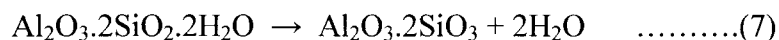
disebabkan butiran limbah *fly ash* yang lebih kecil dari ukuran tanah liat baik yang plastis maupun non plastis sehingga akan mengisi rongga antara butiran tanah liat. Akibatnya akan menghalangi/mengurangi ikatan antara bahan keramik yang satu dengan yang lain. Selain itu disebabkan juga oleh kuantitas atau jumlah mineral (kaolin, tanah liat, *fire clay*, *samot/grog* dan *feldspar*) penyusun dari keramik tersebut akan berkurang dengan adanya substitusi limbah *fly ash* yang semakin besar.

#### **4.2.4. Uji Lindi Dengan Metode TCLP**

Uji *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* (TCLP) merupakan salah satu metode pengujian yang digunakan untuk limbah padat suatu industri. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui tingkat pelepasan logam berat mengingat bahan tambahan yang digunakan adalah limbah industri tekstil. Seperti diketahui dalam limbah padat industri tekstil mengandung logam berat yang berasal dari zat warna yang digunakan. Untuk maksud tersebut dilakukan uji *leachate* dengan metode TCLP terhadap produk keramik *stoneware* yang dihasilkan. Pada penelitian ini, analisis logam berat yang dianalisa yaitu Cr, Zn dan Pb.

Dari data hasil penelitian ini (Tabel 4.5. dan Gambar 4.4.) terlihat bahwa lindi (*leachate*) logam berat yaitu Cr, Zn dan Pb yang lepas dari keramik sangat kecil, berada dibawah ketentuan yang ditetapkan berdasarkan PP No 18 tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Berbahaya dan Beracun (B3). Hal ini disebabkan terjadi ikatan fisik dan kimia dalam sampel keramik.

Makin halus tekstur tanah makin tinggi kekuatan untuk mengikat logam berat. Oleh karena itu tanah yang bertekstur liat mempunyai kemampuan untuk mengikat logam berat lebih tinggi dari tanah berpasir (Babich dan Stotzki, 1978). Pada proses pembuatan keramik digunakan tanah liat plastis (kaolin, *fire clay*) dan tanah liat non plastis (*feldspar*, *samot/grog*) terhadap limbah *fly ash* menyebabkan logam berat dalam limbah terikat sempurna oleh bahan keramik. Pengikatan ini menyebabkan perubahan struktur bahan dari bentuk struktur antar partikel menjadi suatu bentuk yang homogenitas (ikatan fisik). Diikuti dengan proses pemanasan, yaitu pembakaran keramik limbah yang tinggi dengan suhu 1200°C, ikatan keramik yang terjadi antara partikel-partikel dengan limbah *fly ash* akan semakin kuat, hal ini karena suhu pembakaran berpengaruh pada proses vitrifikasi, yaitu proses terjadinya peleburan bagian-bagian dari mineral tertentu dari bahan keramik (Vlack, 1981). Bagian-bagian mineral yang melebur terutama SiO<sub>2</sub> dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pada suhu 1200°C menyebabkan partikel mineral (tanah liat, kaolin, *fire clay*, *samot* dan *feldspar*) dengan partikel limbah *fly ash* melekat satu dengan lain membentuk ikatan kuat. Ikatan yang terjadi pada proses ini adalah ikatan kimia, karena kedua oksida tersebut (SiO<sub>2</sub> dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) pada proses pembakaran mengalami proses reaksi kimia membentuk ikatan keramik.



Dalam proses pembakaran keramik limbah juga terjadi reaksi kimia antara logam-logam berat (Cr, Zn dan Pb) dan gas yang terdapat dalam tungku. Proses ini membentuk senyawa-senyawa oksida logam, sehingga pengikatan yang terjadi dalam proses pembakaran lebih sempurna.



Dengan pengujian lindi terlihat bahwa logam-logam berat yaitu Cr, Zn dan Pb dalam limbah *fly ash* setelah disolidifikasi sebagai keramik menjadi stabil, ini terbukti dalam air lindi (*leachate*) jauh lebih kecil, berada dibawah ketentuan yang ditetapkan berdasarkan PP No 18 tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Berbahaya dan Beracun (B3). Dengan demikian proses solidifikasi limbah *fly ash* sebagai keramik dengan pembakaran tinggi membentuk senyawa baru yang lebih stabil sehingga aman dilingkungan.

Nilai lindi dari uji TCLP pada setiap variasi penambahan limbah *fly ash* memberikan perbedaan yang signifikan antara satu dengan yang lainnya. Perbedaan nilai lindi ini dipengaruhi beberapa faktor diantaranya proses pencampuran bahan yang tidak homogen. Pada proses solidifikasi, pencampuran bahan-bahan mentah keramik dan limbah *fly ash* dilakukan secara manual dengan tangan. Pencampuran seperti ini menyebabkan tidak homogen antara bahan-bahan yang digunakan dengan limbah *fly ash* sehingga pada proses pencetakan, sampel pada masing-masing formula mengandung limbah *fly ash* yang berbeda.

Faktor ini juga dipengaruhi oleh sisa-sisa formula yang mengandung 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% limbah *fly ash* pada alat cetak yang digunakan, karena pada saat pencetakan didahulukan formula yang mengandung limbah *fly ash*. Pencetakan awal dilakukan untuk formula 4 yang selanjutnya dikuti

dengan formula 5, 4, 3 dan terakhir formula 1 (0% limbah). Pada saat pencetakan, alat cetak yang digunakan tidak dicuci tapi hanya dilap saja dengan menggunakan kain. Ini ditunjukkan pada formula 1 (0% limbah) mengandung logam berat Cr, Zn dan Pb.

Selain itu dipengaruhi juga oleh larutan ekstraksi pada pengujian TCLP yang tidak sempurna pada proses penyaringan. Pada pengujian TCLP, untuk larutan ekstraksi sampel disaring dengan menggunakan kertas saring. Pada proses ini diperoleh hasil saringan yang tidak sama untuk setiap formula, dikarenakan masih ada padatan yang lolos saringan.

Dari hasil penelitian terlihat adanya logam-logam berat yaitu Cr, Zn dan Pb yang masih terlindi, hal ini disebabkan pada proses solidifikasi sebagai keramik dengan pembakaran yang tinggi, partikel bahan-bahan keramik yang digunakan tidak terikat sempurna dengan limbah baik secara fisik maupun secara kimia.

Apabila hasil penelitian lindi dengan metode TCLP dibandingkan dengan baku mutu TCLP menurut PP 18 tahun 1999 semuanya jauh dibawah baku mutu. Dengan demikian pemanfaatan limbah *fly ash* industri tekstil untuk keramik layak dari aspek teknis (kuat lentur) maupun aspek kesehatan dan lingkungan.

#### **4.2.5. Perbandingan Optimum Ditinjau dari Uji Kuat Lentur dan Uji TCLP**

Dari hasil penelitian ini, uji kuat lentur pada Tabel 4.4, makin meningkatnya penambahan limbah *fly ash* dalam bahan-bahan keramik mempunyai nilai kuat lentur semakin rendah. Sedangkan pada uji lindi dengan metode TCLP pada Tabel 4.5, nilai lindi pada setiap variasi penambahan limbah *fly ash* memberikan perbedaan yang signifikan antara satu dengan yang lainnya. Berdasarkan pada penelitian pendahuluan dengan uji TCLP, makin meningkat penambahan limbah mempunyai nilai uji lindi dengan metode TCLP semakin tinggi. Oleh karena itu perbandingan optimum ditinjau dari uji kuat lentur dan uji lindi tidak sesuai sehingga penambahan komposisi limbah *fly ash* yang optimum dalam pembentukan keramik berdasarkan aspek teknis dan tingkat toksisitas dari hasil penelitian uji kuat lentur dan uji lindi dengan metode TCLP yaitu penambahan 10% limbah *fly ash*. Hal ini dikarenakan pada penambahan 10% limbah *fly ash* menghasilkan nilai kuat lentur terbesar yaitu 77,188 kg/cm<sup>2</sup> dan nilai lindi untuk Cr, Zn dan Pb sebesar 0,013 mg/l; 0,308 mg/l dan 0,176 mg/l berada dibawah nilai minimum yang ditetapkan.

Dari aspek kesehatan/tingkat toksisitas logam berat, komposisi penambahan 10%, 20%, 30% dan 40% limbah *fly ash* masih berada dibawah baku mutu TCLP berdasarkan PP 18 tahun 1999, sedangkan dari aspek teknis yaitu kuat lentur pada penambahan 40% limbah *fly ash* tidak memenuhi nilai pembanding keramik yang dijual dipasaran.

Tabel 4.7. Perbandingan Optimum DiTinjau dari Uji Kuat Lentur dan Uji TCLP

Formula	Pengujian			
	Kuat Lentur (kg/cm <sup>2</sup> )	TCLP (mg/l)		
		Cr	Zn	Pb
1 (0%)	99,125	0,01	0,195	0,277
2 (10%)	77,188	0,013	0,308	0,176
3 (20%)	40,667	0,006	0,333	0,402
4 (30%)	36,156	0,045	0,284	0,403
5 (40%)	16,250	0,0045	0,315	0,406
Standar	15	5,0	50,0	5,0

(Sumber : Hasil Penelitian, 2005)

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian solidifikasi limbah *fly ash* industri tekstil untuk keramik yang bermutu serta aman bagi kesehatan dan lingkungan dapat disimpulkan :

1. Penambahan 10% yaitu sebesar 77,188 kg/cm<sup>2</sup> sampai dengan 30% yaitu sebesar 36,156 kg/cm<sup>2</sup> limbah *fly ash* yang digunakan dalam pembuatan keramik menghasilkan kualitas keramik yaitu kuat lentur yang baik, karena kuat lentur keramik masih berada diatas nilai pembanding keramik dinding yang dijual dipasaran yaitu sebesar 31,69 kg/cm<sup>2</sup>; 29,25 kg/cm<sup>2</sup> dan 21,94 kg/cm<sup>2</sup>, sedangkan pada penambahan 40% limbah yaitu sebesar 16,250 kg/cm<sup>2</sup> menghasilkan nilai kuat lentur dibawah nilai pembanding sehingga menghasilkan mutu keramik kurang baik.
2. Pengujian pelindian (*leachate*) dengan metode *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* (TCLP) pada hasil solidifikasi dari penambahan 10%, 20%, 30% dan 40% limbah *fly ash* dengan bahan-bahan mentah keramik diperoleh hasil dibawah baku mutu (PP 18 tahun 1999). Hal ini berarti pengolahan limbah *fly ash* dengan solidifikasi menjadi keramik dapat memobilisasi logam-logam berat yaitu Cr, Zn dan Pb.



3. Persentase penambahan limbah *fly ash* yang optimum dalam pembentukan keramik dari aspek teknis (kuat lentur) dan aspek toksisitas (kesehatan dan lingkungan) yaitu 10%, hal ini dikarenakan memiliki nilai kuat lentur terbesar yaitu 77,188 kg/cm<sup>2</sup> dan nilai lindi Cr, Zn dan Pb sebesar 0,013 mg/l; 0,308 mg/l dan 0,176 mg/l berada dibawah nilai minimum yang ditetapkan.

## 5.2. Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan terhadap solidifikasi limbah *fly ash* industri tekstil dengan bahan-bahan keramik mengenai :

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut terhadap immobilisasi limbah *fly ash* dengan bahan-bahan mineral yang berbeda agar kualitas keramik lebih baik.
2. Pada pengujian kuat lentur keramik hendaknya mengacu pada nilai standar yang telah ditetapkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, (1994). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 19 Tahun 1994 Tentang Pengolahan Limbah Bahan Beracun dan Berbahaya*, Badan Pengendali Dampak Lingkungan, Jakarta, 1994.
- Anonim, (1996). *Bahan-bahan Berbahaya dan Dampaknya terhadap Kesehatan*
- Achmad, H. (1992). "Kimia unsur dan radiokimia", UI Press, Jakarta
- Suharto, S. (1989). *Kimia Anorganik Dasar*, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Alloway, B.J., (1990). *Heavy Metals in Soils*, Glasgow
- Astuti, A., (1997). *Pengetahuan Keramik*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Babich, H. and G. Stotzky. 1978. *Effects of cadmium on the biota : influence of environmental factors*. *Edv. Appl. Microbiol.* 23 : 55 – 117
- LaGrega, M.D., P.L. Buckingham, dan J.C. Evans, 1994, *Hazardous Waste Management*, McGraw-Hill International Inc., New York.
- C, Nelson Glen, 1984, *Ceramics*, Apotter's Hanbook, CBS New York.
- Djojo Soeprapto.S, (1997). *Teknologi Keramik*. Fakultas Teknik-UGM, Yogyakarta.
- Gatot Bidiyanto. Drs, 2003, *Mengenal Tanah Liat*, Pusat Pengembangan Dan Penataran Guru Kesenian Yogyakarta.
- Palar, Heryando., (1994). *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*, PT. Rineka Cipta, Jakarta.

- Sherve, R.N., (1956). *The Chemical Process Industries*, Second Ed., Mc. Graw Hill Book Company, Tokyo.
- Surdia, T. dan Saito, S., (1985). *Pengetahuan Bahan Keramik*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Suharto, S, (1989). *Kimia Anorganik Dasar*, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Tchobanglous, et al, (1997). *Solid Wastes, Engineering Principles and Managements Issues*, Mc. Graw-Hill, New York.
- Trihadiningrum, Yulinah, (2000). *Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)*, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Van Vlack, Lavrence H., Sriati Djaprie, 1994, *Ilmu dan Teknologi Bahan*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [www.Chemicalelements.com](http://www.Chemicalelements.com)
- [www.Ipteknet.com](http://www.Ipteknet.com)
- [www.Lenntech.com](http://www.Lenntech.com)

**LAMPIRAN A**  
**HASIL ANALISA KARAKTERISTIK FISIK**  
**LIMBAH *FLY ASH***



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jln. Kallurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta.

DATA PEMERIKSAAN  
 MODULUS HALUS BUTIR KERIKIL

Jenis benda uji : \_\_\_\_\_ Di periksa oleh :  
 Nama benda uji : Fly ash 1. Zumiyati  
 Asal : Industri Tekstil 2. \_\_\_\_\_  
 Keperluan : Tugas Akhir Tanggal : \_\_\_\_\_

Saringan		Berat tertinggal gram		Berat tertinggal %		Berat kumulatif (%)	
No	Ø lubang mm	I	II	I	II	I	II
1	40	.....	.....	.....	.....	.....	.....
2	20	.....	.....	.....	.....	.....	.....
3	10	.....	.....	.....	.....	.....	.....
4	4.75	0	0	0	0	0	0
5	2.36	0	0	0	0	0	0
6	1.18	0	0	0	0	0	0
7	0.600	0,2	0,1	0,02	0,01	0,02	0,01
8	0.300	6,1	5,5	0,61	0,55	0,63	0,56
9	0.150	236,8	39,1	23,68	39,61	24,31	40,17
10	Pan	731,5	58,3	73,15	58,3	---	---
		971,6	984,7	Jumlah		24,96	40,74

Jumlah rata - rata 32,85

$$\text{MODULUS HALUS BUTIR} = \frac{32,85}{100} \times 100\% = \boxed{0,33}$$

Yogyakarta, \_\_\_\_\_

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII,



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jln. Kallurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta.

DATA PEMERIKSAAN  
 BERAT VOLUME AGREGAT HALUS " SSD "

Jenis benda uji : \_\_\_\_\_ Di periksa oleh :  
 Nama benda uji : Fly ash 1. Jumiyati  
 Asal : Industri Tekstil 2. \_\_\_\_\_  
 Keperluan : Tugas Akhkir Tanggal : \_\_\_\_\_

ALAT - ALAT

1. Tabung silinder (  $\varnothing$  15 x t 30 ) cm
2. Timbangan kap. 20 kg
3. Tongkat penumbuk  $\varnothing$  16 panjang 60 cm
4. Serok / sekop , lap dll.

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat tabung ( $W_1$ )	5,2 Kg	5,8 Kg
Berat tabung + Agregat ( $W_2$ )	9,12 Kg	9,7 Kg
Volume tabung $\frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot t$	0,053 $m^3$	0,053 $m^3$
Berat volume $\frac{W_2 - W_1}{V}$	$\frac{9,12 - 5,2 \text{ kg}}{0,053 \text{ m}^3} = 73,96 \text{ kg/m}^3$	$\frac{9,7 - 5,8}{0,053} = 73,58 \text{ kg/m}^3$
Berat volume rata-rata	$\frac{73,96 + 73,58}{2} = 73,77 \text{ kg/m}^3$	$= 0,0738 \text{ t/m}^3$

Yogyakarta, \_\_\_\_\_

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII,

**LAMPIRAN B**

**HASIL ANALISA KARAKTERISTIK KIMIA**

**LIMBAH *FLY ASH***



# LABORATORIUM KIMIA ANALITIK

PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN TEKNOLOGI MAJU-BATAN

Terakreditasi sebagai Laboratorium Pengujian (LP-119-IDN)

Jl. Babarsari Krak Pos 1008, Yogyakarta, Indonesia Telp. (62) (0274) 515435, Fax (0274) 561824

Form-29/Sert/Uji

Nomor 010/KA/IV/04

Number

Halaman 2 dari 2

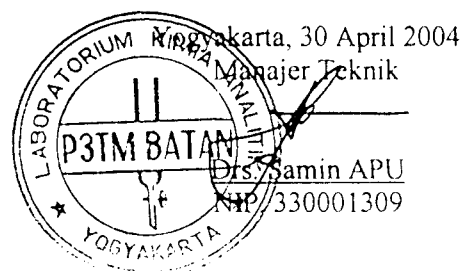
Page

## Hasil Pengujian Test Result

Nama Contoh	Kode	Label	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Metode Uji
Abu hasil pembakaran	304/P/KA	-	Cr	µg/g	19,500 ± 0,390	020/MU/F-AAS/00
			Cu	µg/g	16,450 ± 0,130	021/MU/F-AAS/00
			Zn	µg/g	587,500 ± 21,740	017/MU/F-AAS/00
			Hg	µg/g	6,741 ± 1,452	SS-AAS
			Pb	µg/g	39,991 ± 1,086	005/MU/SS-AAS/00
			Cd	µg/g	1,090 ± 0,017	005/MU/SS-AAS/00

### Keterangan :

- Satuan : µg/g = ppm  
F-AAS : Flame-Atomic Absorption Spectrofotometry  
SS-AAS : Solid Sampling- Atomic Absorption Spectrofotometry



Catatan : 1. Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk contoh yang diuji  
Notes : These test result are only valid for the tested samples

2. Sertifikat ini tidak boleh diperbanyak/digandakan tanpa izin dari Manajer Teknik Laboratorium  
The certificate shall not be reproduced (copied) without the written permission of the laboratory Technical Manager





**LABORATORIUM KIMIA ANALITIK**  
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN TEKNOLOGI MAJU-BATAN  
Terakreditasi sebagai Laboratorium Penguji (LP-119-IDN)  
Jl. Babarsari Kotak Pos 1008, Yogyakarta, Indonesia Tel. (62) (0274) 515435, Fax (0274) 561824

Form-29/Sert/Uji

Nomor  
Number 010/KA/IV/04  
Halaman  
Page 1 dari 2

## Sertifikat Pengujian

### Test Certificate

Dibuat untuk  
*Certified for* : Jumiwati, Mahasiswa UII Yogyakarta

Jenis>Nama Contoh  
*Type/Name of sample* : Abu hasil pembakaran

Asal contoh  
*Origin of sample* : Jumiwati, Mahasiswa UII Yogyakarta

Jumlah Contoh  
*Amount of sample* : 1 (satu)

Kode Contoh  
*Sample Code* : 304/P/KA

Parameter  
*Parameters* : Cr, Zn, Cu, Hg, Pb dan Cd

Tanggal Pengambilan  
Contoh  
*Sample taken on* : -

Tanggal Penerimaan Contoh  
*Sample received on* : 24 Maret 2004

Tanggal Pengujian Contoh  
*Sample tested on* : 30 April 2004

1  
2.  
3.  
4.  
5.  
6.  
7.  
8.

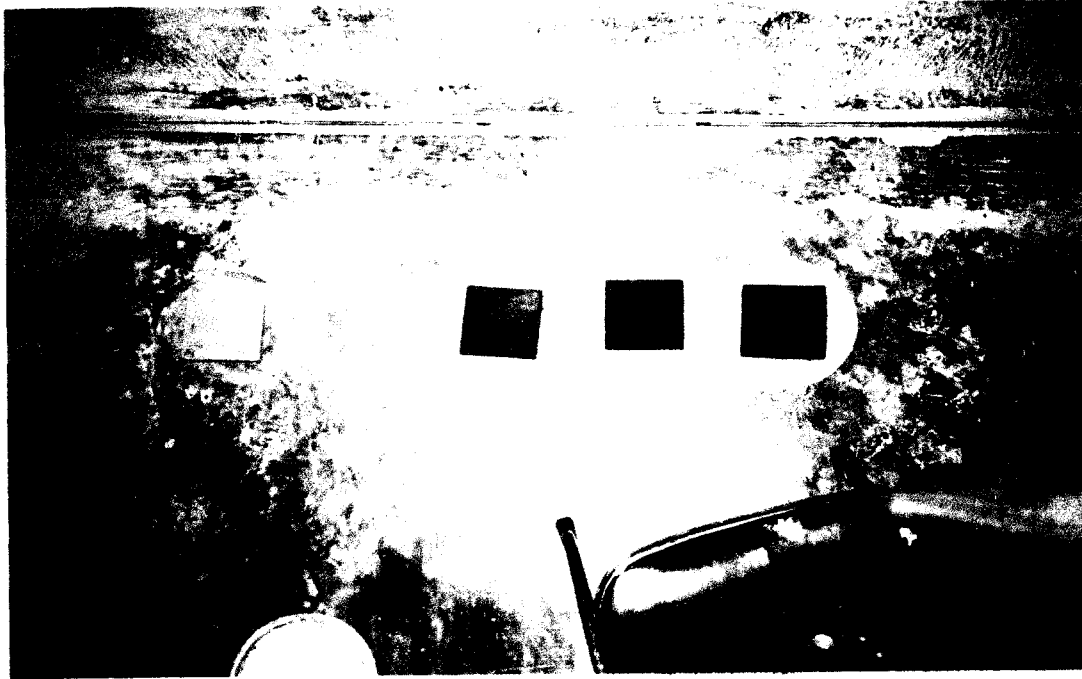
**LAMPIRAN C**  
**LANGKAH-LANGKAH PEMBUATAN**  
**BENDA UJI**



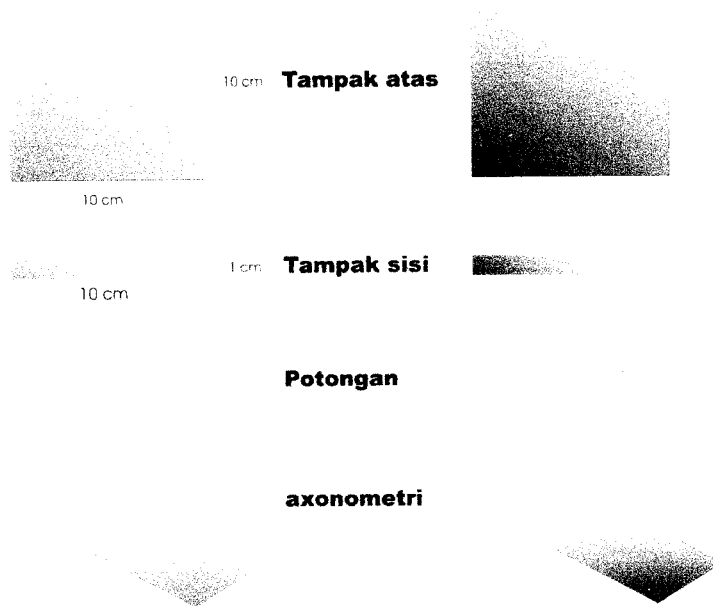
Gambar C-1. Proses Pencampuran



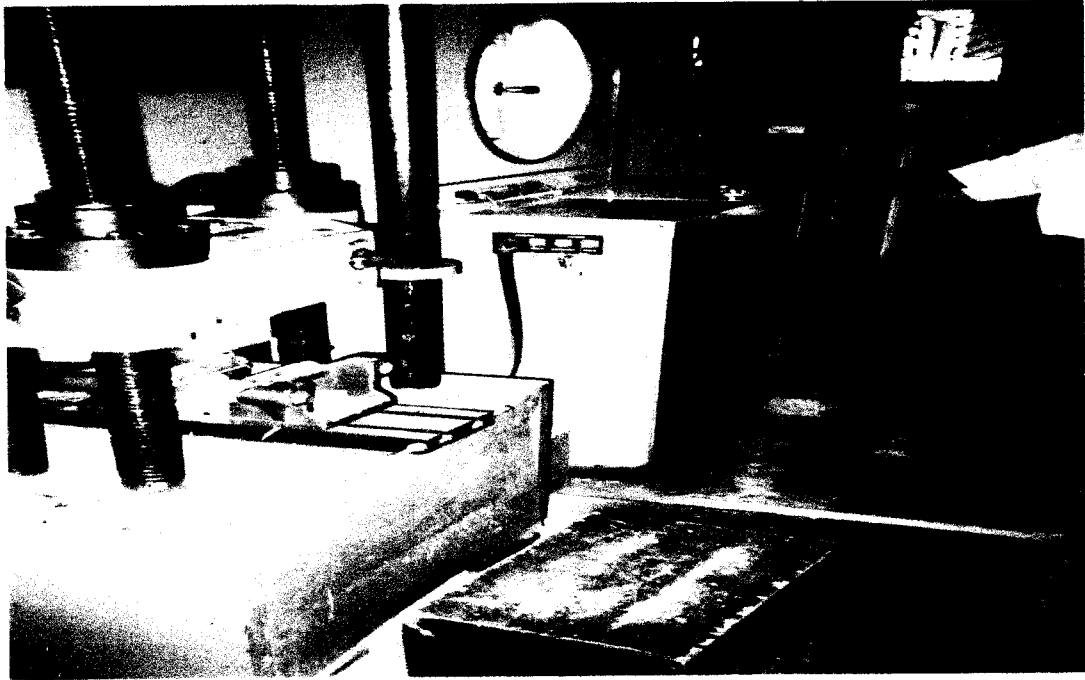
Gambar C-2. Pencetakan Keramik



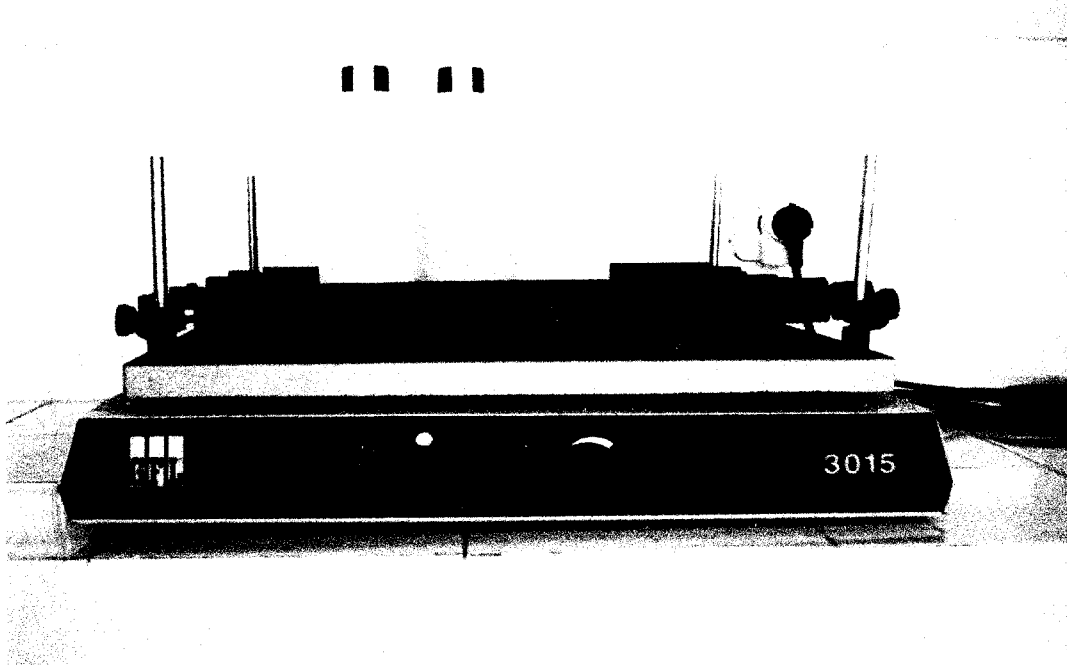
Gambar C-3. Keramik yang telah Dikeringkan



Gambar C-4. Sampel Keramik



Gambar D-1. Pengujian Kuat Lentur Keramik



Gambar E-1. Ekstraksi Sampel dalam Larutan Ekstraksi dengan Seker



Gambar E-2 Filtrasi Sampel dengan Kertas Saring



Gambar E-3. Sampel Larutan Ekstraksi



Gambar E-4. Analisis Larutan Ekstaksi dengan AAS

Tabel H-1 Beban Keramik dalam Kg

No	Formula				
	1 (0%)	2 (10%)	3 (20%)	4 (30%)	5 (40%)
1	117,5	125	65	50	17,5
2	130	57,5	27,5	27,5	17,5
3	57,5	55	32,5	33,75	15
Rata-rata	101,667	79,167	41,667	37,083	16,250

Tabel H-2 Nilai Kuat Lentur Keramik

Formula	Nilai Kuat Lentur (kg/cm <sup>2</sup> )			Rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
	1	2	3	
1 (0%)	114,563	126,75	56,063	99,125
2 (10%)	121,875	56,063	53,625	77,188
3 (20%)	63,375	26,813	31,687	40,667
4 (30%)	48,75	26,813	32,906	36,156
5 (40%)	17,063	17,063	14,625	16,250



Method Name: Cr Flame  
Method Description: Analisa Cr

Element: Cr

Date: 05/07/2005

Technique: Flame

Wavelength: 357.9 nm

Lamp Current: 10

Sample Info File: JUMI.SIF

Calibration Equation: Zero Intercept: Linear

Slit Width: 0.70 nm

Energy: 69

Result Data Set: Cr Jumi

No	Sample ID	Seq No.	El	Mean Sig (Absorbance)	SD Calib	Mean Samp Conc	Std Dev	Samp Units
1	Calib Blank	9	Cr	-0.000678	0.000559			mg/L
2	std1	10	Cr	0.018176	0.000288			mg/L
3	std2	11	Cr	0.038809	0.000828			mg/L
4	std3	15	Cr	0.054577	0.001735			mg/L
5	std4	13	Cr	0.077673	0.003515			mg/L
6	std5	16	Cr	0.106084	0.002086			mg/L
7	F1-1	17	Cr	0.000232		0.011546	0.019705	mg/L
8	F1-2	18	Cr	0.000109		0.005440	0.018319	mg/L
9	F1-3	19	Cr	0.000285		0.014210	0.018343	mg/L
10	F2-1	20	Cr	0.000007		0.000333	0.008286	mg/L
11	F2-2	21	Cr	0.000673		0.033527	0.024146	mg/L
12	F2-3	22	Cr	0.000118		0.005884	0.017527	mg/L
13	F3-1	23	Cr	0		0	0	mg/L
14	F3-2	24	Cr	0.000011		0.000555	0.012574	mg/L
15	F3-3	25	Cr	0.000361		0.017985	0.017623	mg/L
16	F4-1	26	Cr	0.000890		0.044296	0.010080	mg/L
17	F4-2	27	Cr	0.000898		0.044740	0.019817	mg/L
18	F4-3	28	Cr	0.000934		0.046516	0.012028	mg/L
19	F5-1	29	Cr	0.000279		0.013877	0.008051	mg/L
20	F5-2	30	Cr	0		0	0	mg/L
21	F5-3	31	Cr	0.000036		0.001776	0.012202	mg/L

Seq. No.	6	AS Loc:	Date:	5/ 7/05
Sample ID:	std4			
Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal	Time
Cr			0.0619	14:10:39
			0.0625	14:10:41
			0.0617	14:10:44
Standard number 4 applied. [4]				
Correlation Coefficient: 0.9158		Slope: 0.0177		
Mean:			0.0620	
SD:			0.00041	
%RSD:			0.67	

Seq. No.	7	AS Loc:	Date:	5/ 7/05
Sample ID:	std5			
Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal	Time
Cr			0.0764	14:11:05
			0.0765	14:11:07
			0.0749	14:11:10
The calibration curve may not be linear.				
Standard number 5 applied. [5]				
Correlation Coefficient: 0.9431		Slope: 0.0166		
Mean:			0.0760	
SD:			0.00090	
%RSD:			1.19	

Seq. No.	8	AS Loc:	Date:	5/ 7/05
Sample ID:	Calib Blank			
Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal	Time
Cr			0.0045	14:22:06
			0.0049	14:22:09
			0.0046	14:22:11
Auto-zero performed.				
Mean:			0.0046	
SD:			0.00021	
%RSD:			4.60	

Seq. No.	9	AS Loc:	Date:	5/ 7/05
Sample ID:	Calib Blank			
Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal	Time
Cr			-0.0007	14:22:18
			-0.0012	14:22:20
			-0.0001	14:22:23
Auto-zero performed.				
Mean:			-0.0007	
SD:			0.00056	
%RSD:			82.44	

Seq. No.	10	AS Loc:	Date:	5/ 7/05
Sample ID:	std1			
Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal	Time
Cr			0.0182	14:22:39
			0.0179	14:22:42
			0.0184	14:22:45
Standard number 1 applied. [1]				
Correlation Coefficient: 1.0000		Slope: 0.0182		
Mean:			0.0182	
SD:			0.00029	
%RSD:			1.59	

Seq. No.	AS Loc:	Date:		
16		5/ 7/05		
Sample ID: std5				
Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal	Time
Cr			0.1047	14:24:50
			0.1085	14:24:53
			0.1051	14:24:55
The calibration curve may not be linear.				
Standard number 5 applied. [5]				
Correlation Coefficient: 0.9904		Slope: 0.0201		
Mean:			0.1061	
SD:			0.00209	
%RSD:			1.97	

Seq. No.	AS Loc:	Date:		
17		5/ 7/05		
Sample ID: F1-1				
Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal	Time
Cr	-0.003 mg/L	-0.003 mg/L	-0.0001	14:25:14
	0.034 mg/L	0.034 mg/L	0.0007	14:25:16
	0.004 mg/L	0.004 mg/L	0.0001	14:25:19
Mean:	0.012mg/L	0.012mg/L	0.0002	
SD:	0.020mg/L	0.020mg/L	0.00040	
%RSD:	170.66		170.66	

Seq. No.	AS Loc:	Date:		
18		5/ 7/05		
Sample ID: F1-2				
Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal	Time
Cr	-0.013 mg/L	-0.013 mg/L	-0.0003	14:25:33
	0.006 mg/L	0.006 mg/L	0.0001	14:25:36
	0.024 mg/L	0.024 mg/L	0.0005	14:25:38
Mean:	0.005mg/L	0.005mg/L	0.0001	
SD:	0.018mg/L	0.018mg/L	0.00037	
%RSD:	336.75		336.75	

Seq. No.	AS Loc:	Date:		
19		5/ 7/05		
Sample ID: F1-3				
Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal	Time
Cr	0.002 mg/L	0.002 mg/L	0.0000	14:25:47
	0.005 mg/L	0.005 mg/L	0.0001	14:25:50
	0.035 mg/L	0.035 mg/L	0.0007	14:25:52
Mean:	0.014mg/L	0.014mg/L	0.0003	
SD:	0.018mg/L	0.018mg/L	0.00037	
%RSD:	129.08		129.08	

Seq. No.	AS Loc:	Date:		
20		5/ 7/05		
Sample ID: F2-1				
Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal	Time
Cr	0.008 mg/L	0.008 mg/L	0.0002	14:26:01
	0.002 mg/L	0.002 mg/L	0.0000	14:26:03
	-0.009 mg/L	-0.009 mg/L	-0.0002	14:26:06
Mean:	0.000mg/L	0.000mg/L	0.0000	
SD:	0.008mg/L	0.008mg/L	0.00017	
%RSD:	2487.97		2,487.97	

Seq. No.	AS Loc:	Date:		
21		5/ 7/05		
Sample ID: F2-2				
Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal	Time
Cr	0.009 mg/L	0.009 mg/L	0.0002	14:26:15
	0.034 mg/L	0.034 mg/L	0.0007	14:26:18
	0.058 mg/L	0.058 mg/L	0.0012	14:26:21

Seq. No.	AS Loc:	Date:		
11		5/ 2/05		
Sample ID: F1-3				
Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Zn	0.048 mg/L	0.048 mg/L	0.0043	15:30:03
	0.055 mg/L	0.055 mg/L	0.0050	15:30:06
	-0.008 mg/L	-0.008 mg/L	-0.0007	15:30:08
Mean:	0.032mg/L	0.032mg/L	0.0028	
SD:	0.035mg/L	0.035mg/L	0.00310	
%RSD:	108.85		108.85	

Seq. No.	AS Loc:	Date:		
12		5/ 2/05		
Sample ID: F1-3				
Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Zn	0.140 mg/L	0.140 mg/L	0.0126	15:30:16
	0.171 mg/L	0.171 mg/L	0.0153	15:30:19
	0.177 mg/L	0.177 mg/L	0.0158	15:30:22
Mean:	0.163mg/L	0.163mg/L	0.0146	
SD:	0.020mg/L	0.020mg/L	0.00176	
%RSD:	12.06		12.06	

Seq. No.	AS Loc:	Date:		
13		5/ 2/05		
Sample ID: F2-1				
Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Zn	0.332 mg/L	0.332 mg/L	0.0297	15:30:33
	0.338 mg/L	0.338 mg/L	0.0302	15:30:35
	0.291 mg/L	0.291 mg/L	0.0261	15:30:38
Mean:	0.320mg/L	0.320mg/L	0.0287	
SD:	0.025mg/L	0.025mg/L	0.00226	
%RSD:	7.88		7.88	

Seq. No.	AS Loc:	Date:		
14		5/ 2/05		
Sample ID: F2-2				
Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Zn	0.359 mg/L	0.359 mg/L	0.0321	15:30:49
	0.356 mg/L	0.356 mg/L	0.0318	15:30:51
	0.343 mg/L	0.343 mg/L	0.0307	15:30:54
Mean:	0.353mg/L	0.353mg/L	0.0315	
SD:	0.008mg/L	0.008mg/L	0.00075	
%RSD:	2.37		2.37	

Seq. No.	AS Loc:	Date:		
15		5/ 2/05		
Sample ID: F2-3				
Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Zn	0.278 mg/L	0.278 mg/L	0.0249	15:31:20
	0.247 mg/L	0.247 mg/L	0.0221	15:31:22
	0.227 mg/L	0.227 mg/L	0.0203	15:31:25
Mean:	0.251mg/L	0.251mg/L	0.0224	
SD:	0.026mg/L	0.026mg/L	0.00230	
%RSD:	10.25		10.25	

Seq. No.	AS Loc:	Date:		
16		5/ 2/05		
Sample ID: F3-1				
Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Zn	0.254 mg/L	0.254 mg/L	0.0227	15:31:49
	0.279 mg/L	0.279 mg/L	0.0249	15:31:52
	0.285 mg/L	0.285 mg/L	0.0255	15:31:54
Mean:	0.272mg/L	0.272mg/L	0.0244	
SD:	0.017mg/L	0.017mg/L	0.00148	
%RSD:	6.07		6.07	

Method Name: Pb Flame  
Method Description: Analisa Pb

Element: Pb

Date: 05/02/2005  
Technique: Flame  
Wavelength: 283.3 nm  
Lamp Current: 5  
Sample Info File: JUMI.SIF

Calibration Equation: Zero Intercept: Linear  
Slit Width: 0.70 nm  
Energy: 65  
Result Data Set: Pb Jumi

No	Sample ID	Seq No.	El	Mean Sig (Absorbance)	SD Calib	Mean Samp Conc	Std Dev	Samp Units
1	Calib Blank	2	Pb	0.000675	0.001154			mg/L
2	std 1	3	Pb	0.003658	0.000413			mg/L
3	std 2	4	Pb	0.011087	0.001136			mg/L
4	std 3	5	Pb	0.023303	0.000401			mg/L
5	std 4	6	Pb	0.031305	0.001424			mg/L
6	std 5	7	Pb	0.040030	0.000810			mg/L
7	F1-1	8	Pb	0.002214		0.212315	0.058737	mg/L
8	F1-2	9	Pb	0.002673		0.256360	0.103092	mg/L
9	F1-3	10	Pb	0.003774		0.361983	0.113905	mg/L
10	F2-1	11	Pb	0.001427		0.136839	0.126228	mg/L
11	F2-2	12	Pb	0.002082		0.199700	0.043078	mg/L
12	F2-3	13	Pb	0.001989		0.190720	0.038579	mg/L
13	F3-1	14	Pb	0.002807		0.269189	0.013891	mg/L
14	F3-2	15	Pb	0.004113		0.394483	0.044483	mg/L
15	F3-3	16	Pb	0.005647		0.541585	0.047037	mg/L
16	F4-1	23	Pb	0.004626		0.443659	0.028040	mg/L
17	F4-2	24	Pb	0.004327		0.415008	0.037028	mg/L
18	F4-3	19	Pb	0.003643		0.349368	0.036987	mg/L
19	F5-1	20	Pb	0.004229		0.405601	0.004366	mg/L
20	F5-2	21	Pb	0.004182		0.401111	0.024920	mg/L
21	F5-3	22	Pb	0.004287		0.411160	0.043135	mg/L

Mean:	0.444mg/L	0.444mg/L	0.0046
SD:	0.028mg/L	0.028mg/L	0.00029
%RSD:	6.32		6.32

Seq. No. 24 AS Loc: Date: 5/ 2/05

Sample ID: F4-2

Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Pb	0.385 mg/L	0.385 mg/L	0.0040	16:13:49
	0.456 mg/L	0.456 mg/L	0.0048	16:13:51
	0.403 mg/L	0.403 mg/L	0.0042	16:13:54
Mean:	0.415mg/L	0.415mg/L	0.0043	
SD:	0.037mg/L	0.037mg/L	0.00039	
%RSD:	8.92		8.92	