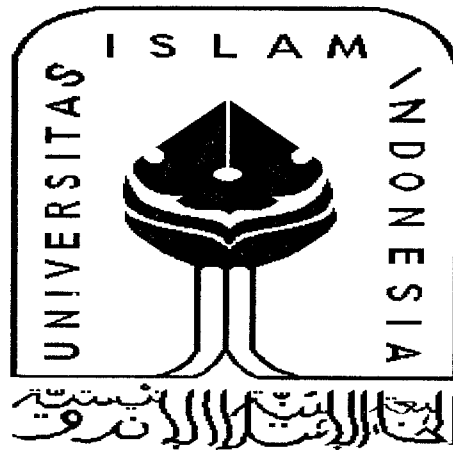


TUGAS AKHIR

**SOLIDIFIKASI LIMBAH *BOTTOM ASH* INDUSTRI TEKSTIL PT. APAC DARI
PEMBAKARAN *INCENERATOR* DENGAN
PEMANFAATAN PAVING BLOK**

Tugas Akhir Ini Diajukan Sebagai Persyaratan Untuk Menempuh Studi Sarjana Strata-1
Jurusan Teknik Lingkungan



Oleh :

Nama : Agustria

NIM : 00513026

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

2005

TUGAS AKHIR

**SOLIDIFIKASI LIMBAH *BOTTOM ASH* INDUSTRI TEKSTIL PT. APAC
DARI PEMBAKARAN *INCENERATOR* DENGAN
PEMANFAATAN PAVING BLOK**

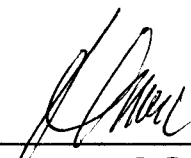
Nama : Agustria

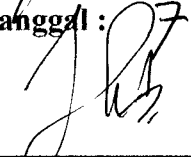
NIM : 00513026

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. H. Kasam, MT
Dosen Pembimbing I

Hudori, ST
Dosen Pembimbing II


Tanggal : 07-7-05.


Tanggal : 7 Juli 2005

“Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal (ulul albab)”. (Q.S. Ali Imran : 190)

*Tugas Akhir ini kupersembahkan sebagai tanda baktiku
Kepada
Ayah dan mamah tercinta,
Adik-adikku tersayang
Serta
Untuk seseorang yang aku sayangi*

KATA PENGANTAR

Bismillaahirrohmaa nirrohiim

Puji dan syukur penyusun panjatkan kepada Allah SWT, karena atas rahmat-Nyalah penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “**SOLIDIFIKASI LIMBAH BOTTOM ASH INDUSTRI TEKSTIL PT. APAC DARI PEMBAKARAN INCENERATOR DENGAN PEMANFAATAN PAVING BLOK**” dapat terselesaikan.

Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat guna meraih gelar Sarjana Teknik Lingkungan pada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Penyusun menyadari bahwa masih banyak kekurangan dari pada kesempurnaan dalam penyusunan tugas akhir ini, namun dengan segala kemampuan yang ada penyusun mencoba dan berusaha menyusun tugas akhir ini sebaik mungkin dengan harapan tugas akhir ini dapat berguna bagi siapa saja yang memerlukan.

Tugas akhir ini tidak mungkin dapat diselesaikan tanpa adanya bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penyusun ingin mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tuaku yang selalu memberikan semangat, saran serta do'a yang tiada putusnya untuk keberhasilanku.
2. Bapak Prof. Ir. Widodo, MSCE, Ph.D selaku Dekan FTSP UII
3. Bapak Ir. H. Kasam, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta serta sebagai pembimbing I tugas

akhir, Bapak Hudori, ST selaku dosen wali serta pembimbing II tugas akhir yang saya jalani ini, saya ucapkan terima kasih banyak atas bimbingannya.

4. Seluruh Staf Pengajar dan Civitas Akademika Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
5. Bapak Agus, selaku sekretaris Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia, pak Sam serta mas Tasyono terima kasih atas bantuannya selama ini.
6. Meri, terima kasih atas semua waktu, do'a, rasa pengertian dan dukungannya selama ini.
7. Adik-adikku Adi, Ican, Budi, Novi terima kasih atas dukungan serta do'anya selama ini.
8. Jumi, Sari, Aini, Rina, Santi, Luwis dan semua anak-anak TL'00 terima kasih buat kerja sama dan dukungannya selama ini.

Atas dukungan baik berupa moril maupun materiil yang telah penyusun terima baik yang telah disebutkan di atas maupun yang tidak sempat disebutkan satu per satu, semoga segala bantuan dan budi baik dari semua pihak akan mendapatkan ganjaran yang setimpal dari Allah SWT, Amin.

Yogyakarta, Juli 2005

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT.....	x
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Limbah Padat Industri Tekstil.....	5
2.2 Strategi Pengolahan Limbah Padat.....	7
2.3 Prinsip Solidifikasi.....	14
2.4 Pavali (Paving Blok Limbah Industri).....	20
2.5 Semen (<i>Portland Cement</i>).....	22
2.6 Agregat Halus (Pasir).....	24

2.7 Air.....	25
2.8 Logam Berat.....	26
2.9 Lindi/ <i>Leachate</i>	36
2.10 Kuat Tekan Paving Blok.....	38
2.11 Pengujian Daya Serap Air.....	40
2.12 Hipotesa.....	41

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian.....	42
3.2 Waktu Penelitian.....	42
3.3 Bahan Dan Alat.....	42
3.4 Variabel Yang Diteliti.....	44
3.5 Prosedur Kerja.....	45
3.6 Pelaksanaan Penelitian.....	50
3.7 Analisis Data.....	58

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pemeriksaan Bahan Susun.....	60
4.2 Pelindian Hasil Solidifikasi.....	61
4.3 Kuat Tekan PavingBlok.....	69
4.4 Daya Serap Air PavingBlok.....	72

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	76
5.2 Saran-saran.....	77

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Jenis Golongan Pewarna.....	6
Tabel 2.2	Karakteristik Air Limbah Pewarnaan Tekstil.....	6
Tabel 2.3	Standar Kuat Tekan Paving blok.....	21
Tabel 2.4	Unsur-unsur Penyusun Semen.....	23
Tabel 2.5	Bentuk-bentuk oksida, ion dan warna dari krom.....	28
Tabel 2.6	Kandungan Logam Berat Limbah <i>Bottom Ash</i> Hasil Pengujian.....	27
Tabel 3.1	Perbandingan antara semen dan agregat halus 1 : 6.....	50
Tabel 4.1	Berat Jenis.....	60
Tabel 4.2	Modulus Halus Butir.....	60
Tabel 4.3	Hasil Analisa TCLP Logam Berat Rata-rata Dalam Paving Blok.....	62
Tabel 4.4	Nilai pH Dalam PavingBlok.....	63
Tabel 4.5	Nilai pH Dalam Larutan Ekstraksi.....	63
Tabel 4.6	Komposisi Bahan Susun Paving Blok.....	64
Tabel 4.7	Nilai Efisiensi Immobilisasi Logam Berat (Cu, Cr dan Zn).....	64
Tabel 4.8	Kuat Tekan Rata-rata Paving Blok Pada Umur 28 Hari.....	70
Tabel 4.9	Standar Daya Serap Air Untuk Paving Blok.....	73
Tabel 4.10	Daya Serap Air Rata-rata.....	73
Tabel 4.11	Kuat Tekan, Daya Serap Air Dan Lindi Logam Berat Rata-rata.....	75

DAFTAR GAMBAR

Gbr 2.1 Skema Struktur Sel Dari Krom (Cr).....	29
Gbr 2.2 Struktur Kristal Dari Krom.....	30
Gbr 2.3 Skema Struktur Sel Dari Zinc (Zn).....	32
Gbr 2.4 Struktur Kristal Dari Zinc.....	32
Gbr 2.5 Skema Struktur Sel Dari Tembaga (Cu).....	35
Gbr 2.6 Struktur Kristal Dari Tembaga (Cu).....	35
Gbr 3.1 Diagram Alir Kerangka Pemikiran.....	45
Gbr 3.2 Tahapan Penelitian dan Analisa Data.....	46
Gbr 3.3 Pelaksanaan Analisa TCLP.....	48
Gbr 3.4 Model Paving Blok Yang Digunakan Dalam Penelitian.....	50
Gbr 4.1 Pelindian Logam Berat Rata-rata Dalam Paving Blok.....	62
Gbr 4.2 Efisiensi Immobilisasi Logam Cr, Cu dan Zn.....	65
Gbr 4.3 Kuat Tekan Paving Blok Berbagai Proporsi Limbah Pada Umur 28 Hari.....	70
Gbr 4.4 Daya Serap Air Rata-rata Berbagai Proporsi Limbah.....	73

ABSTRAK

Dengan berkembangnya industri tekstil tentunya diikuti dengan bertambahnya jumlah limbah dari proses produksi yang dihasilkan. Limbah tersebut selain terdiri dari limbah cair juga menghasilkan produk limbah padat berupa *sludge*. Penanganan limbah padat yang tergolong B-3 di Indonesia saat ini masih banyak yang belum memenuhi kaidah-kaidah penanganan limbah B-3 yang semestinya. Maka perlu dilakukan penelitian tentang pemanfaatan limbah *bottom ash* industri tekstil PT. APAC untuk bahan bangunan (paving blok) dengan prinsip solidifikasi yang memenuhi standar SNI tetapi juga aman bagi lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat perlindungan logam berat (Cu, Cr, Zn) hasil solidifikasi limbah *bottom ash* industri tekstil serta untuk mengetahui kuat tekan dan daya serap air paving blok

Limbah *bottom ash* industri tekstil PT. APAC dimanfaatkan sebagai bahan susun paving blok, sebelum pembuatan paving blok dilakukan analisa parameter fisik dan kimia pada bahan susun terlebih dahulu baru dibuat paving blok setelah itu dilakukan pengujian daya serap air berdasarkan SK-SNI-M-11-1989-F dan pengujian kuat tekan pada umur 28 hari berdasarkan SK-SNI-M-14-1989-F kemudian dilakukan uji lindi logam berat dengan metode TCLP (*Toxicity Characteristic Leaching Procedure*) menurut EPA. Dimensi paving blok yang digunakan adalah 20 x 10 x 6 cm, campuran pembuatan benda uji paving blok dengan perbandingan antara semen dan bahan pengisi adalah 1 : 6 dimana variasi campuran limbahnya adalah 0 %, 20 %, 40 %, 60 % dan 80 % dari pasir.

Hasil pengujian konsentrasi lindi, nilai konsentrasi paling kecil untuk logam Cu 0,611 mg/l, Cr 0,256 mg/l dan Zn 1,068 mg/l dengan penambahan limbah 20 % sedangkan konsentrasi paling besar untuk logam Cu 1,596 mg/l dengan penambahan limbah 60 %, Cr 0,453 mg/l dengan penambahan limbah 80 % dan Zn 1,234 mg/l dengan penambahan limbah 60 %, namun semua konsentrasi tersebut masih dibawah baku mutu TCLP berdasar PP85/1999. Persentase daya serap air terkecil adalah 15,244 % dengan penambahan limbah 20 % sedangkan terbesar adalah 29,278 % dengan penambahan limbah 80 %, jika dibandingkan dengan SII 819-83 daya serap air yang diperoleh tidak memenuhi standar. Untuk analisa kuat tekan didapatkan nilai kuat tekan terbesar 187,232 kg/cm² dengan penambahan limbah 20 % berdasarkan SNI 03-0691-1996 mutunya B untuk pelataran parkir sedangkan nilai kuat tekan terkecil 38,048 kg/cm² dengan penambahan limbah 80 % tidak memenuhi standar sama sekali.

Kata kunci : lindi logam berat, paving blok, kuat tekan, daya serap air

ABSTRACT

By expanding textile industry is perhaps followed by increasing sum up the waste from yielded production process. The waste besides consisted of the liquid waste also yield the solid waste product in the form of sludge. Solid the settlement of disposal which clasified B-3 in Indonesia in this time a lot still not yet fulfilled the method of the settlement of disposal B-3 which have to. Hence require to be conducted by research about exploiting of waste of bottom ash of textile industry PT. APAC for the construction material of (paving block) principally solidification fulfilling standard SNI but peaceful also for environment. This research aim to, to know the heavy storey;level leaching metal (Cu, Cr, Zn) result of solidification of waste of bottom ash of textile industry and also to know the strength depress and absorpsion irrigate the paving block.

Waste of bottom ash of textile industry PT. APAC exploited upon which compile the paving block, previously conducted by analysis of physical parameter and chemical at substance compile beforehand is newly made by paving block is afterwards conducted by an absorpsion examination irrigate pursuant to strong SK-SNI-M-11-1989-F examination and depress at age 28 day of pursuant to SK-SNI-M-14-1989-F is later;then conducted by heavy test leachate metal with the method TCLP (Toxicity Characteristic Leaching Procedure) according to EPA. Dimension of Paving block used by 20 x 10 x 6 cm, mixture of object making test the paving block with the comparison between cement and filler substance is 1 : 6 where variation of its waste mixture is 0 %, 20 %, 40 %, 60 % and 80 % from sand.

Result of examination of concentration leachate, assess the smallest concentration for the metal of Cu 0,611 mg / l, Cr 0,256 mg / l and Zn 1,068 mg / l with the waste addition 20 % while biggest concentration for the metal of Cu 1,596 mg / l with the waste addition 60 %, Cr 0,453 mg / l with the waste addition 80 % and Zn 1,234 mg / l with the waste addition 60 %, but all the concentration still below/under permanent quality of TCLP based on PP85 / 1999. Smallest water Absorpsion percentage is 15,244 % with the waste addition 20 % while biggest is 29,278 % with the waste addition 80 %, in comparison with SII 819-83 water absorpsion obtained do not fulfill the standard. For the analysis of strong depress got by a strong value depress biggest 187,232 kg / cm² with the waste addition 20 % pursuant to its SNI 03-0691-1996 quality is B for the background of park while strong value depress smallest 38,048 kg / cm² with the waste addition 80 % do not fulfill the standard is at all.

Keyword : heavy metal leachate, paving block, strong depress, absorpsion irrigate.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perindustrian di Indonesia yang menghasilkan tekstil dan produk tekstil sampai saat ini tetap masih merupakan produk ekspor unggulan selain produk kayu dan makanan serta minuman. Perkembangan industri tekstil ini dapat diamati di Jawa Tengah dimana dua daerah yaitu Surakarta dan Pekalongan merupakan sentral industri tekstil dan produk tekstil.

Dengan berkembangnya industri tekstil tentunya akan diikutsertakan dengan kemajuan teknologi produksi yang canggih pula dengan tujuan agar produk tekstil yang dihasilkan memiliki mutu yang bertaraf dan berstandar internasional. Salah satu permasalahan yang mengikutsertakan pula perkembangan industri dan teknologinya adalah ikut bertambahnya jumlah limbah dari proses produksi yang dihasilkan. Limbah tersebut selain terdiri dari limbah cair juga menghasilkan produk limbah padat yang berupa *sludge*. Limbah ini dapat diketahui dengan adanya system pengolahan pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang sampai saat ini cara penanganannya sudah memenuhi persyaratan dari standar baku mutu limbah industri. Dampak pembuangan limbah padat ini akan semakin besar dengan karakteristik pencemar yang dikategorikan ke dalam klasifikasi limbah B-3 (Bahan Berbahaya dan Beracun).

Penanganan limbah padat industri yang tergolong B-3 di Indonesia dan khususnya di Jawa Tengah saat ini masih banyak yang belum memenuhi kaidah-

kaidah penanganan limbah B-3 yang semestinya. Sebagian hanya ditimbun dalam areal pabrik dan sebagian lagi dibuang bersama sampah yang lain ke tempat pembuangan sampah kota (TPA). Hal ini apabila dibiarkan terus menerus dikhawatirkan dapat mengkontaminasi sistem perairan daerah sekitarnya khususnya air tanah. Keadaan ini terjadi karena di Jawa Tengah sampai saat ini belum mempunyai tempat pembuangan yang khusus untuk limbah padat industri dan masih banyak kalangan industri yang belum mengetahui bahwa limbah padat yang dihasilkan tergolong limbah B-3.

Di Indonesia untuk menangani dan mengolah limbah padat yang tergolong limbah B-3 harus didasarkan pada Peraturan Pengelolaan Limbah B-3 menurut PP No. 18 tahun 1999 dan PP No. 85 tahun 1999. Apabila penanganannya harus sesuai dengan PP tersebut membutuhkan biaya yang sangat besar dan saat ini dirasakan sangat berat bagi industri dalam kondisi yang krisis.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk pengolahan limbah padat tersebut yaitu dengan jalan memanfaatkan *sludge* tersebut untuk pembuatan berbagai produk seperti bahan bangunan, namun sampai saat ini, masih terbentur pada aturan yang mengisyaratkan bahwa *sludge* industri tekstil tergolong dalam limbah B-3.

Dalam rangka untuk ikut serta dalam menyelesaikan permasalahan limbah padat industri tekstil PT. APAC, maka perlu dilakukan penelitian tentang pemanfaatan limbah *bottom ash* (limbah padat dari IPAL PT. APAC yang sudah dibakar pada *incenerator* dan bentuknya seperti butiran pasir) industri tekstil untuk bahan bangunan (paving blok) dengan prinsip solidifikasi. Yang mana

dengan solidifikasi ini akan mampu mengimmobilisasi kandungan limbah yang menurut PP 85/1999 diklasifikasikan sebagai limbah B-3 dan diharapkan dengan teknologi pembuatan pavali (paving blok dari limbah) ini dapat memenuhi standar SNI tetapi juga aman bagi kesehatan dan lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah dengan solidifikasi terhadap limbah *bottom ash* ini mampu meminimalisasikan logam-logam berat yang terlepas pada lingkungan
2. Apakah pemanfaatan paving blok dari limbah *bottom ash* industri tekstil PT. APAC dengan prinsip solidifikasi sesuai dengan standar SNI bahan bangunan paving blok.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui tingkat perlindungan pada logam berat hasil solidifikasi limbah *bottom ash* industri tekstil
2. Mengetahui kuat tekan dan daya serap air paving blok yang terbuat dari semen, agregat halus (pasir) dan limbah *bottom ash* industri tekstil
3. Mencari perbandingan limbah yang paling baik dari hasil uji daya serap air, uji kuat tekan dan uji TCLP.

1.4 Batasan Masalah

1. Proses solidifikasi logam berat limbah *bottom ash* industri tekstil terdiri dari unsur-unsur Tembaga (Cu), Seng (Zn), Kromium (Cr)

2. Kriteria hasil pengolahan solidifikasi berupa paving blok akan disesuaikan dengan standar SNI untuk bahan bangunan paving blok.
3. Limbah padat industri tekstil yang digunakan pada penelitian ini berupa limbah *bottom ash* (limbah padat dari IPAL PT. APAC yang sudah dibakar pada *incenerator* dan bentuknya seperti butiran pasir)

1.5 Manfaat Penelitian

1. Memberikan alternatif pengolahan limbah *bottom ash* industri tekstil yang dikategorikan limbah B3.
2. Mampu menghasilkan alternatif bahan bangunan yang bernilai ekonomis dan ramah lingkungan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Padat 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 dampak pencemaran yang dapat terlihat jelas dari hasil buangan industri tekstil pada saat terjadi 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 (Marimoto, Kunihiro, 1995). Adapun jenis golongan pewarna tersebut adalah sebagai berikut :

Tabel 2.1 Jenis Golongan Pewarna

No.	Golongan	Zat Warna
1.	Hidrokarbon aromatik	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

(Sumber : Marimoto, Kunihiro, 1995)

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, Disperse dyes* dan sebagainya (Clarke, W, 1994).

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.

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
Reaktive	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

(Sumber : D. Palmer, 1989)

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*) (Metcalf and Eddy, 1991).

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 (Vanceslau 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* karakteristik limbah padat ini berasal dari proses kimia dan biologis.

2.2 Strategi Pengolahan Limbah Padat

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

penelitian ini pengolahan limbah padat dilakukan dengan sistem solidifikasi. Langkah-langkah awal dalam pengolahan limbah padat ini sebagai berikut :

Pengkonsentrasian dilakukan untuk meningkatkan konsentrasi *sludge* sehingga dapat mengurangi volume *sludge* tersebut. Pengkonsentrasian *sludge* biasanya dilakukan secara gravitasi (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.

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.

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 stabilisasi 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).

Yang dimaksud dengan **pembakaran** adalah pembakaran *sludge* dengan suhu tinggi ($> 700^{\circ} \text{C}$). Dalam proses pembakaran limbah padat ini harus digunakan peralatan yang khusus seperti *rotaring dryer* dan *incenerator* karena

dengan pembakaran pada suhu tersebut dapat sempurna dan tidak dihasilkan hasil samping yang akan membahayakan lingkungan.

Penghancuran lumpur dapat dilakukan dengan pemanasan tinggi (*Thermal reduction*). Dalam alat *incenerator* atau alat oksidasi pada temperatur dan tekanan tinggi (*Wet-Air-Oxidation*), atau dengan proses pirolisa.

Melalui proses pemanasan pada temperatur tinggi dalam alat *incenerator* bahan organik akan terdekomposisi menjadi gas – gas CO_x , SO_2 , NO_x dan H_2O . bila pemanasan dilakukan pada temperatur dan tekanan tinggi pada alat *Wet-Air-Oxidation* maka dekomposisi akan lebih sempurna. Pada pirolisa dilakukan pemanasan dalam keadaan bebas oksigen, terjadi “*thermal cracking*” dan reaksi kondensasi menghasilkan fraksi gas, cair dan padat, yaitu H_2 , CH_4 , CO , CO_2 dan lain – lain tergantung dari bahan organiknya, cair yaitu tar atau oli yang mengandung asam asetat, aseton, metanol, serta karbon dan bahan inert lainnya.

Dari proses “*thermal reduction*” ini akan dihasilkan gas – gas dan bahan padat / cair lainnya yang dapat menimbulkan dampak negatif bila langsung dilepas ke lingkungan, yaitu gas CO_x , NO_x , SO_x , yang dapat mengakibatkan terjadinya hujan asam serta sisa padat / cair yang mengandung logam berat / B3, maka alat “*thermal reduction*” harus mampu menangkap gas – gas tersebut.

Proses pembakaran di industri tekstil PT. Apac Inti Corpora dilakukan dengan suhu yang tinggi, yaitu $> 700^\circ\text{C}$. Dalam proses pembakaran ini digunakan peralatan – peralatan yang khusus, yaitu *rotaring dryer* dan *incenerator* yang beroperasi selama 24 jam.

Prose pembakaran dengan *rotaring dryer* dan *incenerator* di PT. Apac Inti Corpora sudah beroperasi selama 2 tahun, yang awal beroperasi pada tahun 2002. Sebelumnya cara penanganan lumpur dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) ialah dengan mengeringkan lumpur pada mesin pemeras lumpur (Alva Laval NX 4500), kemudian dari mesin pemeras lumpur dimasukkan dalam karung plastik lalu ditumpuk dilokasi pabrik. Masalah yang timbul dari penanganan tersebut ialah tidak mempunyai cukup lahan untuk menumpuk lumpur kering tersebut dan bau yang menyebabkan keresahan masyarakat disekitar pabrik tekstil PT. Apac Inti Corpora serta menyebabkan terjadinya perliindian (*leached*) akibat terkena air hujan. Untuk itu dalam menangani masalah tersebut, industri tekstil PT. Apac Inti Corpora menghancurkan lumpur dengan proses pembakaran menggunakan *rotaring dryer* dan *incenerator*.

Faktor yang perlu diperhatikan dalam proses pembakaran di WWT PT. Apac Inti Corpora dengan menggunakan *rotaring dryer* dan *incinerator*, yaitu :

1. Pengontrolan limbah padat
2. Nilai bakar
3. Suhu pembakaran
4. Mengetahui jumlah limbah padat yang akan dibakar
5. Peralatan

Tidak seluruh limbah padat dapat ekonomis untuk dibakar. Dalam proses pembakaran dengan *rotaring dryer* dan *incinerator*, perlu dilakukan pengontrolan terhadap limbah padat yang akan dibakar. Ini dimaksudkan agar limbah padat

yang akan dibakar sesuai dengan bahan bakar yang akan digunakan. Karena semakin tinggi kandungan air suatu jenis limbah padat maka semakin banyak pula bahan bakar yang dibutuhkan untuk membakar limbah padat tersebut. Limbah padat dengan kandungan air lebih besar dari 95% atau limbah *sludge* dengan kandungan padatan kurang dari 15% merupakan limbah yang tidak menguntungkan untuk dibakar. Di PT. Apac Inti Corpora, limbah padat yang akan dibakar memiliki kandungan air kurang dari 90% dan limbah *sludge* dengan kandungan padatan lebih dari 15%.

Proses pemusnahan limbah padat menggunakan energi *thermal*. Dengan demikian tanpa didukung dengan oleh adanya nilai bakar (*heating value*) yang cukup tinggi dari limbah padat yang akan dibakar, proses pemusnahan limbah padat bukan pemusnahan limbah padat yang baik.

Dalam proses pembakaran perlu memperhatikan banyaknya / debit limbah padat yang akan dibakar. Selain itu limbah padat yang akan dibakar disesuaikan dengan suhu pembakarannya, karena dengan tidak sesuainya limbah padat yang akan dibakar dengan suhu pembakaran mengakibatkan pembakaran tidak sempurna.

Selanjutnya perlu dilakukan pemeliharaan terhadap peralatan yang digunakan dalam proses pembakaran ini. Kegiatan pemeliharaan dilakukan oleh operator saat mengoperasikan peralatan pada *rotaring dryer* dan *incinerator*. Pemeliharaan dilakukan dengan melakukan pemeriksaan harian, pemeliharaan preventif dan perbaikan.

Rotaring dryer merupakan proses pembakaran pertama kemudian dilanjutkan dengan *incenerator*. Lumpur yang telah berkurang kadar airnya ditransportasi dengan menggunakan *screw* menuju *rotaring dryer*. *Screw* adalah alat transportasi untuk limbah padat dari *over tank* yang memiliki alirnya cukup baik.

Limbah padat ditampung sementara pada *over tank* untuk mengatur alir limbah padat yang akan dipindahkan ke *rotaring dryer* melalui *screw*. Limbah padat harus diumpangkan terus oleh *screw* hingga habis dengan tujuan agar tidak terjadi penggumpalan *sludge* diantara *flight* pada *screw* akibat ekspos panas dari *opening rotaring dryer* ke *screw*. Oleh karena itu poros *screw* harus diputar secara kontinyu hingga tidak ada lagi sisa *sludge* didalamnya. Limbah padat yang akan dihancurkan dengan dibakar ditransportasi menuju *rotaring dryer* tergantung dari kecepatan *screw*.

Hasil samping dari proses pembakaran dengan *rotaring dryer* adalah abu atau partikel berat dan partikel ringan. Untuk partikel ringan, proses penanggulangannya dilakukan dengan *water scrubber*, yaitu dengan menyembrotkan air (*water spray*) pada partikel ringan yang dihasilkan oleh *rotaring dryer*. Air hasil *spray* dalam proses ini disirkulasikan kembali ke bak penampung agar terjadi perpindahan panas dari air ke udara bebas sebelum dimasukkan ke *stripper*. Pada bak penampung, air yang keluar dari *scrubber* ditambahkan larutan NaOH (*caustic soda*) yang berfungsi untuk menetralkan pH air yang rendah, yaitu $\text{pH} < 7$. setelah dinetralisir maka air tersebut dapat kembali

disirkulasi ke *scrubber*. Jika kondisi air yang dihasilkan oleh *water scrubber* kotor, maka air tersebut dikembalikan ke bak ekualisasi.

Incenerator, Pemusnahan (*destruction*) limbah padat dalam suatu *incenerator* tercapai dengan terpaparnya limbah pada temperatur tinggi. Bila suatu *incenerator* dirancang dan dioperasikan secara tepat, maka cara ini akan memberikan hasil yang baik dalam menghancurkan limbah dan sekaligus mengurangi volume dan massanya.

Incinerator merupakan proses pembakaran kedua setelah *rotaring dryer* yang digunakan di industri tekstil PT. Apac Inti Corpora dengan temperatur yang tinggi, yaitu $> 700^{\circ}\text{C}$.

Hasil dari proses pembakaran dengan *incenerator* berupa pasir (limbah *bottom ash*). Berdasarkan hasil rata – rata analisa laboratorium yang dilakukan, karakteristik fisik pasir hasil pembakaran yakni berupa kadar air sebesar 0,04 % dan kadar lumpur sebesar 99,96 %.

Jenis pasir yang dihasilkan ada 3 tipe yaitu :

1. pasir putih (pembakaran sempurna)
2. pasir abu – abu (baik tapi belum sempurna)
3. pasir hitam (pembakaran tidak sempurna)

Faktor yang mempengaruhi ketiga jenis pasir tersebut adalah temperatur dan volume *sludge* yang dimasukkan, dimana untuk jenis pasir abu – abu dan pasir hitam disebabkan oleh jumlah limbah padat yang dibakar tidak sesuai dengan temperatur pembakarannya.

Pada kesempatan inilah penelitian tentang pemanfaatan limbah *bottom ash* industri tekstil untuk bahan bangunan (paving blok) dilakukan. Namun yang menjadi permasalahan adalah karena bahan baku berasal dari limbah industri tekstil yang menurut PP 85/1999 diklasifikasikan sebagai limbah B-3 maka perlu dicari teknologi pembuatan paving blok (paving blok dari limbah) yang memenuhi standar SNI tetapi juga aman bagi kesehatan dan lingkungan.

2.3 Prinsip Solidifikasi

Istilah solidifikasi dikenal pada pengolahan padat, yaitu suatu metode untuk mengubah limbah yang berbentuk padatan halus menjadi padat dengan menambahkan bahan pengikat (binder). Tujuannya adalah untuk mengubah limbah yang bersifat berbahaya menjadi tidak berbahaya karena permeabilitasnya berkurang dan kekuatan fisiknya meningkat, sehingga mudah diangkut dan disimpan/ditimbun (Connor, R.J, 1990). Metode ini dilatarbelakangi dari suatu kenyataan bahwa bahan yang berbahaya dan beracun tingkat bahayanya paling tinggi bila berbentuk gas dan paling rendah bila berbentuk padat (Manahan, 1994).

Teknik solidifikasi yang sekarang banyak digunakan diantaranya fiksasi dan kapsulisasi (pengkapsulan). Pada teknik fiksasi, partikel-partikel limbah diikat secara fisik dan kimia oleh bahan pengikat (binder) yang mengeras. Sedangkan teknik kapsulisasi, limbah diselimuti oleh bahan pengikat yang mengeras dibagian luar. Bahan pengikat yang sering digunakan adalah semen/bahan pengikat hidrolis

lainnya, kapur, senyawa silikat (tanah liat, pozzolan, dll), dan sebagainya (Anonim, 2002)

Proses solidifikasi pada prinsipnya adalah proses kombinasi antara limbah (B3 atau tidak) dengan bahan-bahan aditif yang mempunyai sifat saling mengikat/melekat dan secara fisik dapat mengeraskan limbah tersebut. Dengan demikian limbah tersebut lebih tahan terhadap proses pencucian (*leaching*) ataupun bila terjadi proses *leaching* senyawa B3 lebih lambat dan rendah konsentrasinya, sehingga tidak membahayakan lingkungan dibandingkan dengan tanpa pengelolaan (Anonim, 2002).

Bahan yang digunakan dalam proses solidifikasi adalah bahan non *radioaktif* untuk mengikat limbah menjadi satu kesatuan (*monolit*). Bahan yang digunakan disesuaikan dengan :

1. Kemampuan unsur pencemar dari limbah yang meliputi : jenis, sifat, dan tingkat bahaya dari bahan pencemar.
2. Sifat fisik dan kimia limbah : cairan, lumpur, resin penukar ion dan zat padat.
3. Sifat pengepakan dalam kaitannya dengan sistem pembuangan.

Tujuan dari proses solidifikasi antara lain :

1. Meningkatkan karakteristik fisik dan penanganan limbah
2. Mengurangi luas permukaan sehingga kontaminan yang lolos menjadi lebih sedikit
3. Membatasi kelarutan pencemar
4. Mereduksi *toksitas*.

Mineral lokal (*Solidifying Agent*) yaitu semen dengan kandungan utama silikat dan aluminium mampu melakukan penyerapan, agar unsur yang telah terserap tidak terlepas baik karena adanya reaksi dari luar ataupun kerusakan struktur mineral liat, maka harus dipadatkan menjadi satu kesatuan dengan memperhatikan komposisi yang baik dari bahan yang digunakan serta homogenitas sehingga dapat mencegah terlepasnya hasil penyerapan. Hal ini sesuai dengan tujuan solidifikasi yaitu mencegah agar pencemar tidak terlepas ke lingkungan.

Hasil akhir dari proses solidifikasi atau pengungkungan harus dapat membatasi terlepasnya radionuklida/pencemar dan mempunyai sifat antara lain :

1. Bercampur serasi dengan komponen limbah
2. Homogen
3. Kelarutan rendah
4. Permeabilitas rendah
5. Kekuatan mekanik baik

Mekanisme proses solidifikasi antara lain yakni :

1. Pengkapsulan Makro :
 - Komponen berbahaya dari limbah terperangkap secara fisik dalam sebuah struktur matriks. Komponen tersebut berada dalam ruang atau pori dari sebuah produk yang stabil.
 - Bila terjadi destabilisasi secara fisik, komponen limbah akan bermigrasi ke luar, misalnya karena factor cuaca (panas, lembab, dan sebagainya) atau masuknya fluida (air) dari luar.

- Fungsi solidifikasi akan tetap baik bila fisik kestabilan solidifikasi tersebut dirawat atau dipertahankan.
- Kualitas produk banyak tergantung pada tingkat pencampuran biasanya hasil *mixing* di laboratorium akan lebih baik dibandingkan lapangan.

2. Pengkapsulan Mikro :

- Komponen limbah terperangkap secara fisik dalam bahan solidifikasi pada level yang lebih mikro (misalnya dalam level kristal).
- Bila bahan solidifikasi tersebut mengalami kerusakan menjadi ukuran yang lebih kecil, komponen limbah masih tetap terperangkap.
- Keberadaan komponen dalam limbah tidak terikat secara kimia, naiknya laju kelolosan limbah sejalan dengan menurunnya ukuran partikel
- Pencampuran yang dilakukan di lab akan lebih baik dan homogen dibandingkan yang dilakukan di lapangan. Hasil lab perlu koreksi yang teliti agar lebih sesuai lapangan.

3. Absorpsi :

- Kontaminan ditahan didalam sorben (bersifat fisik), seperti halnya sponge menahan air. Proses ini membutuhkan bahan padat sebagai sorben untuk menyerap (absorb) komponen limbah.
- Utamanya untuk menyingkirkan cairan bebas dari limbah, sehingga penanganan limbah menjadi lebih baik. Cairan akan mudah keluar kembali bila produk mengalami tekanan atau fenomena lain.

- Absorben yang biasa digunakan adalah : tanah, abu terbang, debu semen kiln, dedak padi, mineral liat (*clay*) seperti bentonit, kaolin, vermikuli dan zeolit.

4. Adsorpsi :

- Disamping pemerangkapan fisik, dalam adsorpsi terdapat ikatan yang bersifat elektrokimia. Kontaminan terikat tetap secara kimia dalam matriks padat ikatannya lebih kuat dari pada absorpsi. Lolosnya komponen berbahaya dapat lebih dikurangi.

5. Pengendapan :

- Beberapa proses solidifikasi mengendapkan kontaminan dari limbahnya. Diperoleh bentuk yang lebih stabil, misalnya pengendapan anorganik sebagai hidroksida, silikat, karbonat, fosfat. Aplikasi yang banyak digunakan adalah hidroksida logam berat.
- Keterikatan fiksasi pengendapan metalik tergantung pada pH. Pada kondisi asam kuat, metal tersebut akan cenderung kembali larut dan terlindikan.

6. Detoksifikasi :

- Beberapa reaksi kimia dapat terjadi selama proses stabilisasi/solidifikasi berlangsung, termasuk kemungkinan detoksifikasi. Terjadi reduksi toksisitas sehingga menjadi lebih tidak toksik. Misalnya : Cr^{+6} ternyata juga mengalami reduksi menjadi Cr^{+3} pada saat solidifikasi dengan semen.

Komponen utama dalam proses solidifikasi yakni :

1. Binder (pengikat) : bahan yang akan menyebabkan produk solidifikasi menjadi lebih kuat seperti semen pada adukan beton.
2. Sorben : bahan yang berfungsi untuk menahan komponen pencemar dalam matrik yang stabil.
3. Bahan lain seperti agregat (pasir, kerikil) atau aditif lainnya.

Ada beberapa proses solidifikasi antara lain adalah proses yang berbasis pada semen, proses dengan pozzolan, proses termoplastis, polimerisasi organik, vitifikasi/galisifikasi.

PROSES DENGAN SEMEN :

- Limbah dicampur dengan semen portland dan agregat (pasir dan kerikil)
- Dengan dehidrasi pada adukan : terjadi pengerasan
- Ikatan yang terjadi : bersifat fisik dan secara kimia
- Dengan logam berat : terbentuk hidroksida-metal tidak larut
- Dapat ditambahkan aditif : *fly ash*, natrium silikat, bentonit dan sebagainya untuk mempercepat proses
- Produk solidifikasi yang dihasilkan akan tergantung semen yang ditambahkan : berbentuk adukan beton atau granular atau butiran seperti tanah
- Banyak diterapkan di lapangan untuk logam berat misalnya dari plating. Diterapkan pula untuk limbah *oils*, *oil sludge* dan limbah organik lainnya, tetapi keefektifannya dinilai kurang baik dibanding logam berat

- Menghasilkan bahan bangunan dari bahan non struktural beton (paving blok, batako, dan sebagainya) sampai bahan struktural beton. Umumnya limbah berfungsi menggantikan sebagian pasir. Tetapi beberapa limbah dapat menggantikan sebagian semen

Yang terjadi dengan kontaminan dalam proses solidifikasi :

- Destruksi : misalnya dekhlorinasi hidrokarbon berkhlor
- Hilang : misalnya melalui proses volatilisasi
- Terikat seperti asalnya : kontaminan anorganik seperti logam-logam berat
- Potensi lolosnya kontaminan dari campuran stabil tersebut biasanya diukur dengan uji pelindian (*leaching test*) antara lain dengan TCLP.

2.4 Pavali (Paving Blok Limbah Industri)

Paving blok / bata beton adalah suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen portland atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu dari paving blok tersebut (SNI 03-0691-1996). Paving blok adalah adukan kering yang dibuat dengan cara pemadatan dan tersusun dari campuran pasir dan semen Portland (Heinz Frick, 1999).

Campuran dari agregat halus, air dan semen saja disebut adukan atau mortar (PUBI, 1982). Berdasarkan bahan susunnya paving blok termasuk golongan adukan (mortar). Pencampuran dan pemakaian jenis bahan susun serta komposisi yang berbeda akan menghasilkan paving blok yang bervariasi kuat

desaknya. Pada umumnya paving blok yang digunakan di Indonesia pada setiap tempat mempunyai karakteristik kekuatan desak sebesar 300 kg/cm^2 kecuali untuk area lalu lintas berat, dimana standar kekuatannya adalah 450 kg/cm^2 (Pino Iskandar, 1984).

Bentuk paving blok / bata beton harus sempurna dalam arti tidak terdapat retak-retak dan cacat, bagian sudut dan rusuknya tidak mudah direpihkan dengan kekuatan jari tangan. Bentuk dan ukuran paving blok bervariasi tergantung selera konsumen, namun secara umum ada 4 – 5 bentuk yang beredar dipasaran seperti bentuk empat persegi panjang, bentuk huruf S, bentuk huruf I, bentuk hexagonal (segi enam) dan bentuk segi tiga. Ketebalannya pun bervariasi tetapi setiap produsen harus dapat memberikan penjelasan yang jelas kepada konsumen berapa ketebalan paving blok yang dibuat. Penyimpangan dimensi ukuran yang dapat ditolerir menurut SNI 03-0691-1996 sampai $\pm 8\%$.

Ada 4 (empat) kelas mutu paving blok seperti pada tabel berikut :

Tabel 2.3 Standar Kuat Tekan Paving Blok

Mutu Paving Blok	Kuat Tekan (Kg/cm^2)		Kegunaan
	Rata-rata	Minimal	
A	400	350	Untuk Jalan
B	200	170	Untuk pelataran parkir
C	150	125	Untuk pejalan kaki
D	100	85	Untuk taman dan penggunaan lain

(Sumber : SNI 03-0691-1996)

2.5 Semen (*Portland cement*)

Semen adalah bahan hidrolis berbentuk serbuk halus yang dihasilkan dengan cara menghaluskan *klinker* yang mengandung kapur, silika dan alumina. Semen portland dibuat dengan cara mencampur dan membakar bahan dasar semen dengan suhu 1550°C dan menjadi *klinker* (Kardiyono Tjokrodimuljo, 1995).

Semen Portland adalah suatu campuran kompleks dari kalsium silikat dan aluminat. Semen ini terbentuk melalui pemanasan batu kapur pada 1500°C dengan bahan-bahan yang kaya akan silika (SiO_2) dan alumina (Al_2O_3). Komponen lain mungkin terdapat juga. Hasilnya dihaluskan dulu sebelum digunakan. Reaksi semen dengan air dan diikuti dengan pengerasan, cukup rumit. Reaksi tertentu terjadi hampir segera setelah pencampuran semen dengan air. Yang lainnya berlangsung dalam waktu bulanan atau tahunan. Karena hanya air yang dibutuhkan untuk menyusun semen portland, maka semen ini dinamakan semen hidrolik. Semen ini akan memadat walaupun terendam air, misalnya dalam konstruksi kaki jembatan. Semen murni tidak mempunyai kekuatan yang besar, tetapi bila dicampur dengan pasir dan kerikil akan tersusun menjadi massa yang keras. Campuran ini biasa dinamakan beton. (Petrucci, 1992)

Semen merupakan unsur terpenting dalam pembuatan beton karena semen berfungsi sebagai bahan pengikat untuk mempersatukan bahan agregat halus dan kasar menjadi satu massa yang kompak dalam arti menjadi satu dan padat. Semen akan berfungsi sebagai pengikat apabila diberi air, sehingga semen tergolong bahan pengikat hidrolis.

Reaksi kimia antara semen portland dengan air menghasilkan senyawa-senyawa yang disertai pelepasan panas. Kondisi ini mengandung resiko besar terhadap penyusutan kering beton dan kecenderungan retak pada beton. Reaksi semen dengan air dibedakan menjadi 2 yaitu periode pengikatan dan periode pengerasan. Pengikatan merupakan peralihan dari keadaan plastis ke keadaan keras, sedangkan pengerasan adalah penambahan kekuatan setelah pengikatan selesai. Dikehendaki pengikatan semen berlangsung lambat, jika tidak adukan sulit dikerjakan karena spesifikasi semen Portland mensyaratkan tidak boleh terjadi kurang satu jam (Kardiyono Tjokrodinuljo, 1995).

Ketika semen dicampur dengan air timbul reaksi kimia antara unsur-unsur penyusun semen dengan air. Reaksi ini menghasilkan bermacam-macam senyawa kimia yang menyebabkan ikatan dan pengerasan. Unsur penyusun semen tersebut seperti pada tabel berikut ini.

Tabel 2.4 Unsur-Unsur Penyusun Semen

Nama Unsur	Simbol	Komposisi Kimia	(%)
Trikalsium Silikat	C ₃ S	3CaO.SiO ₂	50
Dikalsium Silikat	C ₂ S	2CaO.SiO ₂	25
Trikalsium Aluminat	C ₃ A	3CaO.Al ₂ O ₃	12
Tetrakalsium Aluminoferrite	C ₄ AF	4CaO.Al ₂ O ₃ .Fe ₂ O ₃	8

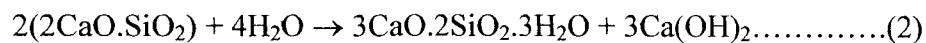
(Sumber : Kardiyono Tjokrodinuljo, 1995)

Reaksi-reaksi yang terjadi dalam beton adalah sebagai berikut :

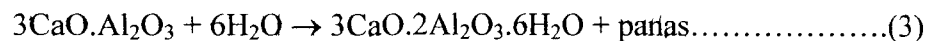
- Reaksi Trikalsium silikat dengan air :



- Reaksi Dikalsium silikat dengan air :



- Reaksi semen portland dalam beton dengan membentuk ikatan awal adalah



Unsur-unsur $3\text{CaO}.\text{SiO}_2$ dan $2\text{CaO}.\text{SiO}_2$ adalah bagian yang terpenting dalam semen hidrasi karena kedua unsur ini dengan adanya air merupakan pengikat pada proses hidrasi dan membentuk kalsium silikat hidrat atau C-S-H.

2.6 Agregat Halus (Pasir)

Agregat adalah adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar (beton). Agregat ini kira-kira menempati sebanyak 70% volume mortar (beton). Walaupun namanya sebagai pengisi, akan tetapi agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar/betonnya, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian yang penting dalam pembuatan beton (Kardiyono Tjokrodimuljo, 1995).

Agregat berdasarkan besar butiran dibedakan menjadi dua yaitu agregat halus dan agregat kasar. Agregat halus adalah agregat dengan ukuran maksimum 4,75 mm, sedangkan agregat kasar adalah agregat dengan ukuran butiran lebih besar dari 4,75 mm. Agregat halus berupa pasir sedangkan agregat kasar dapat berupa kerikil atau batu pecah (Kardiyono Tjokrodimuljo, 1995).

Untuk mendapatkan mutu beton yang baik agregat yang akan digunakan harus memenuhi persyaratan yaitu :

1. Agregat harus bersih dan tidak mengandung zat yang berbahaya terhadap beton, seperti :
 - Partikel lebih kecil dari 200 mesh
 - Zat organik
 - Garam-garam klorida
 - Sulfat
2. Agregat harus keras
3. Agregat harus kekal (tidak mudah berubah bentuk)
4. Agregat tidak boleh bersifat reaktif terhadap alkali

Komposisi dari pasir adalah (SiO_2). Satu-satunya perbedaan antara pasir dan kerikil adalah dalam ukuran butir-butirnya. Pasir terjadi melalui cara yang sama dengan kerikil.

2.7 Air

Air merupakan bahan dasar penyusun beton yang diperlukan untuk bereaksi dengan semen dan untuk bahan pelumas antara agregat, agar dapat dengan mudah beton dikerjakan dan dipadatkan (Kardiyono Tjokrodinuljo, 1995).

Air yang digunakan dalam pembuatan beton harus bebas dari bahan-bahan yang merugikan seperti lumpur, tanah liat, bahan organik dan asam organik, alkali dan garam-garam terlarut, tetapi bila air jernih tidak terasa asin atau payau, maka air dapat digunakan dengan aman (Kardiyono Tjokrodinulyo, 1995).

2.8 Logam Berat

Logam berasal dari kerak bumi yang berupa bahan-bahan murni, dan anorganik. Logam merupakan bahan pertama yang dikenal oleh manusia dan digunakan sebagai alat-alat yang berperan penting dalam sejarah peradaban manusia. Logam mula-mula diambil dari pertambangan dibawah (kerak bumi), yang kemudian dicairkan dan pemurnian logam tersebut yakni dari pencairan sampai menjadi logam dan sebagian terbuang kedalam lingkungan. Secara alami siklus perputaran logam dan kerak bumi kemudian kelapisan tanah, kemudian ke makhluk hidup (tanaman, hewan, manusia) ke dalam air, mengendap dan akhirnya ke kerak bumi.

Unsur logam ditemukan secara luas diseluruh permukaan bumi, mulai dari tanah, batu, badan air dan bahkan lapisan atmosfer yang menyelimuti bumi. Umumnya logam-logam di alam ditemukan dalam bentuk senyawa dengan unsur lain dan jarang ditemukan dalam bentuk tunggal. Dalam badan air logam pada umumnya ada dalam senyawa ionik. Keberadaan logam-logam dalam badan air dapat berasal dari sumber-sumber alamiah dan dari aktifitas yang dilaksanakan oleh manusia. Sumber-sumber alamiah yang masuk kedalam air dapat berupa pengikisan. Adapun logam yang berasal dari aktifitas manusia dapat berupa buangan dari industri ataupun buangan rumah tangga (Palar, H, 1994).

Pencemaran yang ditimbulkan oleh logam berat sampai ketinggian tertentu dapat mengganggu kesehatan manusia. Masalah yang ditimbulkan oleh unsur-unsur logam berat ini cukup rumit, karena logam-logam ini mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :

- a. Beracun
- b. Tidak dapat dirombak atau dihancurkan oleh organisme hidup
- c. Dapat diakumulasi dalam tubuh organisme termasuk manusia, baik secara langsung maupun tidak langsung.

Menurut (Sugeng Martopo, 1989) logam berdasarkan sifat racunnya dapat dikelompokkan dalam empat golongan yaitu :

- a) Sangat racun, dapat menyebabkan kematian ataupun gangguan kesehatan yang tidak pulih dalam waktu singkat yaitu Pb, Hg, Cd, Cr, As, Sb, Ti, U, Be.
- b) Moderat, menyebabkan gangguan kesehatan baik yang dapat pulih maupun yang tidak dapat pulih dalam jangka waktu yang relative lama yaitu : Ba, Be, Cu, Au, Li, Mn, Va, Co, Rb.
- c) Kurang racun dalam jumlah besar mengakibatkan gangguan kesehatan yaitu : Bi, Co, Fe, Ca, Mg, Ni, K, Ag, Ti, Zn.
- d) Tidak beracun, tidak menimbulkan gangguan yaitu : Al, Na, Sr, Ca.

Logam berat ada bermacam-macam, logam berat termasuk dalam kimia anorganik. Diantaranya yakni :

❖ **Khromium (Cr)**

Khromium (Cr) adalah metal kelabu yang keras. Kromium adalah logam putih keabu-abuan yang berkilauan, keras dan tidak suram jika dibiarkan di udara terbuka. Logam bereaksi dengan asam sulfat encer, asam klorida dan basa, namun tahan terhadap asam nitrat. Jarang

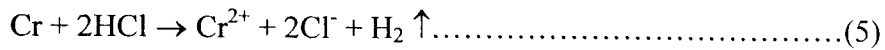
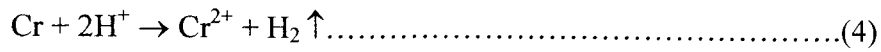
digunakan sendiri, biasanya dikombinasikan dengan baja tahan karat (*stainless steel*) dan baja krom atau untuk keperluan pelapisan sebagai penyempurnaan hasil akhir. Cr didapatkan pada industri gelas, metal, fotografi, dan electroplating. Khromium sendiri sebetulnya tidak toksik, tetapi senyawanya sangat iritan dan korosif, menimbulkan ulcus yang dalam pada kulit dan selaput lendir. Inhalasi Cr dapat menimbulkan kerusakan pada tulang hidung. Di dalam paru-paru, Cr ini dapat menimbulkan kanker (Soemirat, Juli, 2002).

Sifat-sifat khrom yakni mempunyai titik lebur 1765°C , oleh karena itu khrom banyak digunakan sebagai campuran atau pelapisan baja agar menjadi tahan karat. Khrom mempunyai tiga bilangan oksida. Bentuk oksida dan ion-ionnya seperti pada tabel dibawah ini. Terlihat bahwa semakin meningkat bilangan oksidasinya, maka oksida akan lebih bersifat asam.

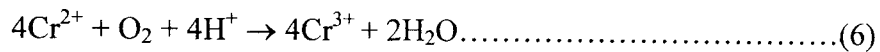
Tabel 2.5 Bentuk-bentuk oksida, ion dan warna dari khrom

Oksida	Formula	Bentuk Ion	Warna Ion
Khrom (II) oksida	CrO	Cr ⁺²	Biru
Khrom (III) oksida	Cr ₂ O ₃	Cr ⁺³	Ungu
		Cr(OH) ₄ ⁻ (khromit)	Hijau
Khrom (VI) oksida	CrO ₃	CrO ₄ ²⁻ (khromat)	Kuning
		Cr ₂ O ₇ ²⁻ (bikhromat)	jingga

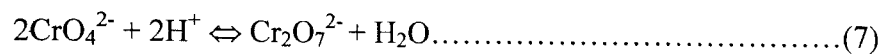
Dalam limbah industri khrom sebagian besar ditemukan dalam bentuk khromat (CrO_4^{2-}) dan bikhromat ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$). Jika tak terkena udara, akan terbentuk ion-ion khromium (II) :



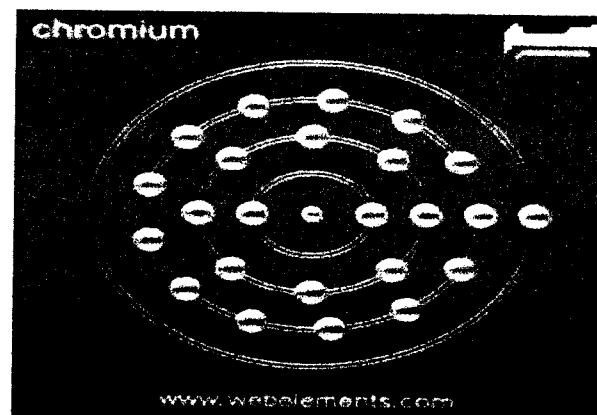
Dengan adanya oksigen dari atmosfer, Khromium sebagian atau seluruhnya menjadi teroksidasi ke keadaan tervalen :



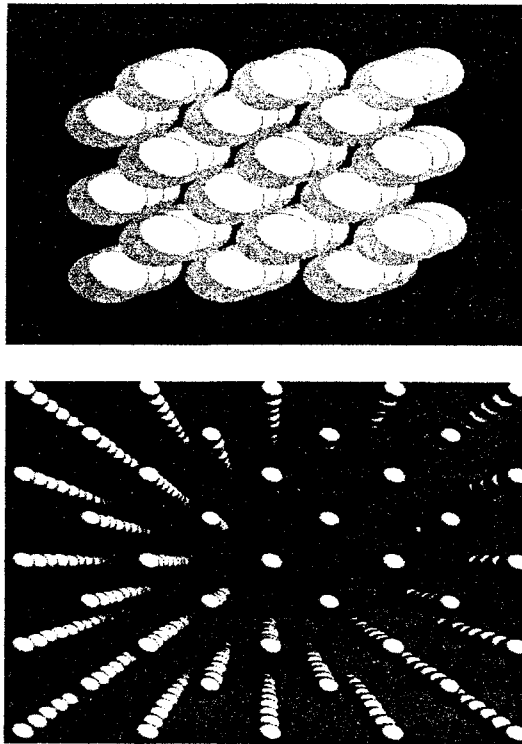
Khromat mudah diubah menjadi menjadi dikhromat dengan penambahan asam :



Reaksi ini *reversible*, dalam larutan netral (atau basa) ion khromat stabil, sedangkan jika diasamkan, akan terdapat terutama ion-ion dikhromat. Ion-ion khromat dan dikhromat merupakan zat pengoksid yang kuat (Setiono, 1985).



Gbr 2.1 Skema Struktur Sel Dari Krom (Cr)



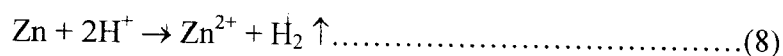
Gbr 2.2 Struktur Kristal Dari Krom

❖ **Seng (Zn)**

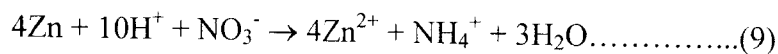
Seng (Zn) adalah metal yang didapat antara lain pada industri alloy, keramik, pigmen, karet, dll. Toksisitas Zn pada hakekatnya rendah. Tubuh memerlukan Zn untuk proses metabolisme, tetapi dalam kadar tinggi dapat bersifat racun. Di dalam air minum dapat menimbulkan rasa kesat, dan dapat menimbulkan gejala muntaber. Seng menyebabkan warna air menjadi opalescent, dan bila dimasak akan timbul endapan seperti pasir. Seng adalah logam putih, bersifat keras dan rapuh, menjadi sangat rapuh jika dipanaskan diatas 200°C . Jika dibiarkan diudara terbuka yang lembab akan terbentuk lapisan garam-garam dasar tipis dan putih sebagai

pelindung; untuk sifatnya ini maka seng diterapkan pada besi dengan proses galvanisasi. Seng bereaksi dengan asam encer (proses lebih lambat jika seng murni yang direaksikan), di samping itu seng juga bereaksi dengan basa. Jarang digunakan sendiri sebagai bahan konstruksi, lebih sering digunakan untuk proses galvanisasi, bahan campuran untuk logam seperti kuningan dan tembaga, dan sebagai bahan-bahan bangunan (Soemirat, Juli, 2002).

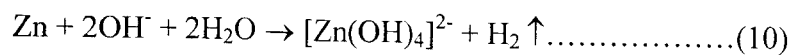
Sifat-sifat zink yang lain yakni logamnya yang murni, melarut lambat sekali dalam asam dan dalam alkali; adanya zat-zat pencemar atau kontak dengan platinum atau tembaga, yang dihasilkan oleh penambahan beberapa tetes larutan garam dari logam-logam ini, mempercepat reaksi. Ini menjelaskan larutnya zink-zink komersial. Yang terakhir ini dengan mudah larut dalam asam khlorida encer dan asam sulfat encer dengan mengeluarkan hydrogen :



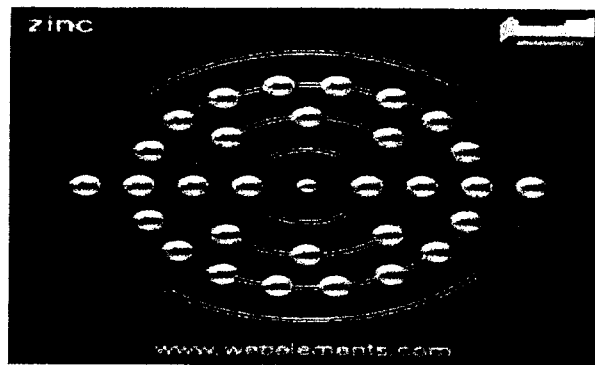
Pelarutan akan jadi dalam asam nitrat yang encer sekali, pada mana tak ada gas yang dilepaskan :



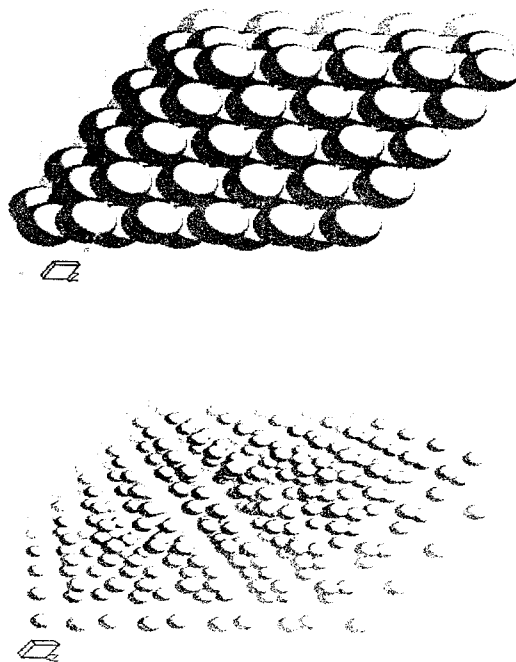
Zink juga larut dalam hidroksida alkal, pada mana terbentuk tetrahidroksozinkat (II) :



Zink hanya membentuk satu seri garam ; garam-garam ini mengandung kation zink (II) yang diturunkan dari zink oksida, ZnO (Setiono, 1985).



Gbr 2.3 Skema Struktur Sel Dari Zinc (Zn)

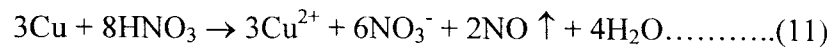


Gbr 2.4 Struktur Kristal Dari Zinc

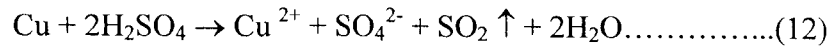
❖ Tembaga (Cu)

Tembaga (Cu) sebetulnya diperlukan bagi perkembangan tubuh manusia. Tetapi dalam dosis tinggi dapat menyebabkan gejala GI, SSP, GINJAL, HATI ; muntaber, pusing kepala, lemah anemia, kramp, konvulsi, shock, coma, dan dapat meninggal. Dalam dosis rendah menimbulkan rasa kesat, warna, dan korosi pada pipa, sambungan, dan peralatan dapur. Tembaga adalah logam berwarna merah, sangat lunak, mudah direntangari, merupakan penghantar yang baik untuk listrik dan panas. Berubah suram jika dibiarkan di udara terbuka, dengan terbentuknya lapisan garam tembaga yang berwarna hijau, yakni *verdigris* secara perlahan-lahan. Tembaga mudah dibentuk, namun ketelitian-ketelitian dalam pembentukannya tetap diusahakan, terutama jika direncanakan untuk alat-alat berat ; pembengkokan yang berulang-ulang mengakibatkan logam menjadi rapuh. Tembaga digunakan dalam konstruksi *heat exchanger*, komponen elektronika, kabel-kabel penghubung serta sebagai bahan campuran untuk pembuatan kuningan, perunggu, dan lain-lain (Soemirat, Juli, 2002).

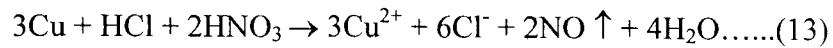
Adapun yang menjadi sifat-sifat tembaga adalah merupakan logam merah muda yang lunak, dapat ditempa, dan liat. Ia melebur pada suhu 1038°C . Karena potensial electrode standarnya positif, (+0,34 V untuk pasangan Cu/Cu^{2+}), ia tak larut dalam asam klorida dan asam sulfat encer, meskipun dengan adanya oksigen ia bias larut sedikit. Asam niterat yang sedang pekatnya (8M) dengan mudah melarutkan tembaga :



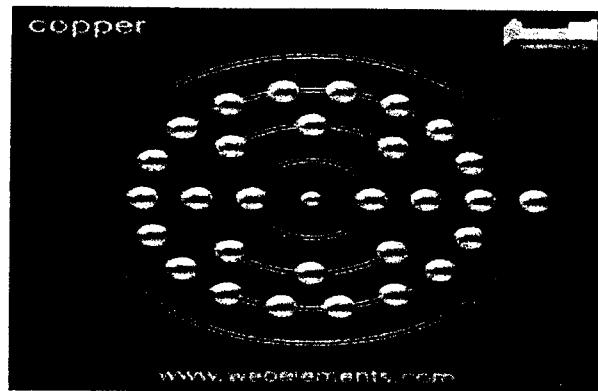
Asam sulfat pekat panas juga melarutkan tembaga :



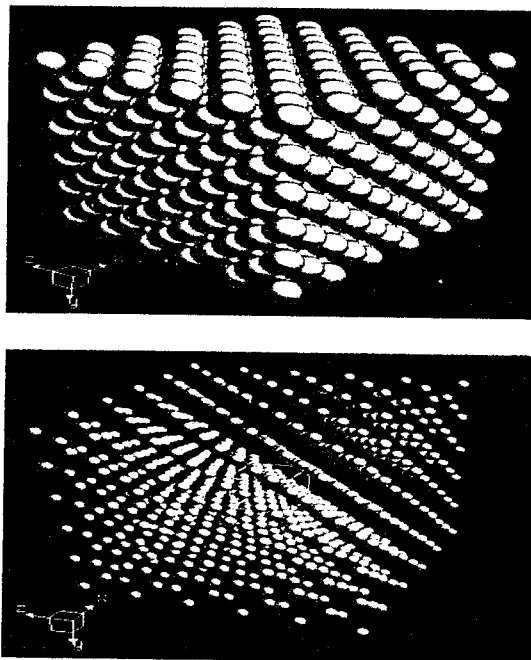
Tembaga mudah juga larut dalam air raja :



Ada dua deret senyawa tembaga. Senyawa-senyawa tembaga (I) diturunkan dari tembaga (I) oksida Cu_2O yang merah, dan mengandung ion tembaga (I), Cu^+ . Senyawa-senyawa ini tak berwarna, kebanyakan garam tembaga (I) tak larut dalam air, perilakunya mirip dengan perilaku senyawa perak (I). Mereka mudah dioksidasikan menjadi senyawa tembaga (II) yang dapat diturunkan dari tembaga (II) oksida, CuO , hitam. Garam-garam tembaga (II) umumnya berwarna biru, baik dalam bentuk hidrat, padat, maupun dalam larutan air; warna ini benar-benar khas hanya untuk ion tetraakuoprat (II) $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$ saja. Batas terlihatnya warna ion kompleks tetraakuoprat (II) (yaitu warna ion tembaga (II) dalam larutan air), adalah $500 \mu\text{g}$ dalam batas konsentrasi 1 dalam 10^4 . Garam-garam tembaga (II) anhidrat, seperti tembaga (II) sulfat anhidrat CuSO_4 , berwarna putih (atau sedikit kuning) (Setiono, 1985).



Gbr 2.5 Skema Struktur Sel Dari Tembaga (Cu)



Gbr 2.6 Struktur Kristal Dari Tembaga (Cu)

Dibawah ini adalah kandungan beberapa logam berat yang dikategorikan *toxic* yang terkandung di dalam limbah *bottom ash* hasil pembakaran *incenerator* dari industri tekstil di PT. APAC.

Tabel 2.6 Kandungan Logam Berat Limbah *Bottom Ash* Hasil Pengujian

Nama Contoh	Kode	Label	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Metode Uji
Pasir hasil Pembakaran	305/P/KA		Cr	μg/g	73,010 ± 0,730	020/MU/F-AAS/00
			Cu	μg/g	73,400 ± 0,220	021/MU/F-AAS/00
			Zn	μg/g	223,000 ± 1,150	017/MU/F-AAS/00
			Hg	μg/g	0,581 ± 0,115	SS-AAS
			Pb	μg/g	3,105 ± 0,410	005/MU/SS-AAS/00
			Cd	μg/g	< 0,008	005/MU/SS-AAS/00

(Sumber : BATAN Jogjakarta, April 2004)

Keterangan :

Satuan : μg/g = ppm

F-AAS : Flame-Atomic Absorption Spectrofotometry

SS-AAS : Solid Sampling-Atomic Absorption Spectrofotometry

2.9 Lindi/Leachate

Adalah cairan yang keluar dari suatu padatan yang terkontaminasi oleh zat-zat pencemar yang ditimbulkan dari limbah yang mengalami proses pembusukan. Menurut EPA *Leachate* adalah suatu cairan yang mencakup semua komponen di dalamnya yang terkandung di dalam cairan tersebut sehingga cairan tersebut tersaring dari limbah yang berbahaya.

Leachate telah dihasilkan sejak manusia pertama kali melakukan penggalian timbunan sampah untuk menyelesaikan persampahan. Tentu saja pada tahap ini jumlah *leachate* yang dihasilkan sangat kecil dan bercampur dalam suatu tanah liat. Resiko yang didapat jika tidak adanya suatu drainase yang baik dan

pengolahan limbah cair dapat menyebabkan suatu dampak yaitu penyakit bagi manusia akibat timbulnya leachate tersebut.

Pelindian merupakan parameter yang sangat menentukan terhadap kualitas hasil solidifikasi yang berkaitan dengan pencemaran lingkungan. Oleh karena itu untuk menentukan kualitas lindi adalah dengan *Toxicology Characteristic Leaching Prosedure* (TCLP) adalah salah satu evaluasi toksisitas limbah untuk bahan-bahan yang dianggap berbahaya dan beracun dengan penekanan pada nilai *leachate*.

TCLP menjadi bagian dari aturan karakteristik toksisitas. Toksisitas adalah satu dari empat karakteristik yang digunakan untuk menentukan jika suatu limbah padat, tidak termasuk limbah berbahaya, atau digolongkan sebagai limbah berbahaya. Tiga karakteristik yang lain adalah ignitabilas, corrosivas, dan kereaktifan. Prosedur karakteristik toksisitas pelepasan/lindi ditempatkan; terletak di : Uji metoda untuk mengevaluasi limbah padat, SW-846 metoda 1311, july 1992.

Metode TCLP untuk menilai resiko karakteristik toksisitas limbah berbahaya yang berada dengan sampah didalam *landfill* pada air tanah.

TCLP terdiri atas empat prosedur pokok:

- sampel persiapan untuk melepaskan (*leaching*)
- sampel melepaskan (*leaching*)
- persiapan *leachate* untuk analisa
- analisa *leachate*

TCLP dirancang untuk menentukan mobilitas kedua-duanya baik unsur anorganik dan organik yang berada di cairan, padat, dan contoh lainnya. Berikut pengambilan/penyaringan cairan ekstrak terpisah dari fasa-padat dengan melalui saringan berukuran 0,7 mikron. Jika dapat dipertukarkan (berbagai tahap tidak akan membentuk pada penggabungan-ulang), air saringan cairan awal dari contoh ditambahkan kepada cairan ekstrak dan cairan yang dikombinasikan (ekstrak TCLP) diproses bersama-sama. Jika tidak cocok/bertentangan, cairan diproses secara terpisah dan hasil dikombinasikan secara matematik untuk menghasilkan suatu konsentrasi berat volume rata-rata.

Tes TCLP tidak bisa memprediksikan potensi untuk bahan-kimia beracun untuk melepaskan lindi dari barang sisa berminyak sampai ke tanah untuk mencemari air tanah.

2.10 Kuat Tekan Paving Blok

Kuat tekan paving blok adalah besarnya beban persatuan luas, yang menyebabkan benda uji paving blok hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu.

Kekuatan tekan paving blok terutama dipengaruhi oleh perbandingan air dan semennya. Semakin rendah perbandingan air dan semennya semakin tinggi kuat tekan paving blok. Disamping itu kuat tekan paving blok juga dipengaruhi oleh hal sebagai berikut :

1. sifat-sifat dari bahan pembentuknya,
2. perbandingan bahan-bahannya,

3. cara pengadukan dan penuangan,
4. cara pemadatan,
5. perawatan selama proses pengerasan, dan
6. umur paving blok

Pengujian kuat tekan paving blok dilakukan terhadap benda uji paving blok berukuran 20 x 10 x 6 cm. Pengujian kuat tekan paving blok berdasarkan atas benda uji umur 28 hari.

Kekuatan tekan masing-masing paving blok dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\sigma' = \frac{P}{A}$$

dimana : P = beban maksimum (kg)

A = luas penampang benda uji (cm²)

Hasil pengujian pada paving blok perlu diperiksa perkiraan kuat tekan dari keseluruhan benda uji paving blok yang telah diuji.

Sedangkan nilai kuat tekan rata-rata (mean) dihitung dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\sigma'_{rt} = \sum \frac{\sigma'}{n}$$

dimana : n = jumlah seluruh nilai hasil pengujian

σ' = kuat tekan paving blok yang didapat dari masing-masing benda uji (kg/cm^2)

σ'_{rt} = kuat tekan paving blok rata-rata (kg/cm^2)

2.11 Pengujian Daya Serap Air

Pelaksanaan pengujian daya serap air dilakukan setelah paving blok mengalami rawatan pada suhu 60°C dengan umur 28 hari. Banyaknya benda uji sebanyak 10 buah untuk masing-masing variasi komposisi perbandingan volume dan diambil nilai rata-rata :

Tahapan pelaksanaannya adalah sebagai berikut :

1. Setelah pencetakan paving blok didiamkan selama 3 x 24 jam
2. Pada hari keempat benda uji direndam hingga umur 27 hari
3. Setelah perendaman benda uji tersebut ditimbang guna diketahui berat basahnya (W_b) dan dikeringkan didalam oven selama 24 jam
4. Tepat pada hari ke 28 benda uji tersebut dikeluarkan dari oven dan ditimbang guna mengetahui berat keringnya (W_k)

Setelah diketahui berat basah dan berat kering benda uji dilakukan perhitungan daya serap air dengan perhitungan :

$$\text{Daya serap air} = \frac{W_b - W_k}{W_k} \times 100 \%$$

dimana : W_b = Berat paving blok basah (gram)

W_k = Berat paving blok kering (gram)

2.12 Hipotesa

Berdasarkan tinjauan pustaka ataupun landasan teori, maka dapat dibuat suatu hipotesa sebagai berikut :

1. Bahan susun paving blok dapat disubstitusi dengan bahan lain seperti limbah *bottom ash* industri tekstil.
2. Solidifikasi limbah *bottom ash* industri tekstil dengan pembuatan paving blok tidak hanya terjadi pengikatan hidrolis tetapi juga mampu mengikat logam-logam berat yang kemungkinan terlepas di lingkungan.
3. Paving blok yang terbentuk dapat memenuhi standar SNI bahan bangunan paving blok dengan melihat perbandingan yang sesuai.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian yang dipakai adalah laboratorium BKT FTSP UII, laboratorium Teknik Lingkungan dan laboratorium terpadu Universitas Islam Indonesia. Adapun lokasi pencetakan paving blok berlokasi di Merapi Konblok Jakal km 8 Yogyakarta.

3.2 Waktu Penelitian

Waktu penelitian dimulai dari bulan November 2004 sampai bulan April 2005 selanjutnya penulis mengolah data dan kemudian menyusun tugas akhir sampai selesai.

3.3 Bahan Dan Alat

Bahan-bahan dan alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

3.3.1 Bahan-bahan

1. Limbah *bottom ash* industri tekstil PT. APAC yang digunakan sebagai bahan baku ataupun sebagai bahan susun dalam pembuatan paving blok diambil dari lumpur IPAL yang sudah dibakar pada *incenerator*.
2. Bahan pengikat berupa semen portland tipe 1 dengan merk Nusantara

3. Bahan susun pasir yang bersumber dari Cangkringan Gendol Yogyakarta dan air yang berasal dari sumur yang ada di Merapi Konblok.
4. Aqua bidest dan aquadest
5. HCl 1,0 N
6. Asam asetat
7. NaOH 1,0 N

3.3.2 Alat-alat

1. Alat pencampur (*rotary mixer*) dan mesin penggetar (mesin ayak)
2. Cetakan paving blok ukuran 20 x10 x 6 cm
3. Saringan/ayakan
4. Timbangan
5. Talam baja
6. Cetok
7. Penumbuk plat baja
8. Gelas ukur
9. Tabung silinder
10. Oven
11. Alat uji kuat tekan (*compression test*) merk controls
12. Pipet
13. Gelas beker dan Erlenmeyer
14. pH meter
15. *Magnetic stirrer* (pengaduk mekanik)

16. Penangas air dan kaca arloji

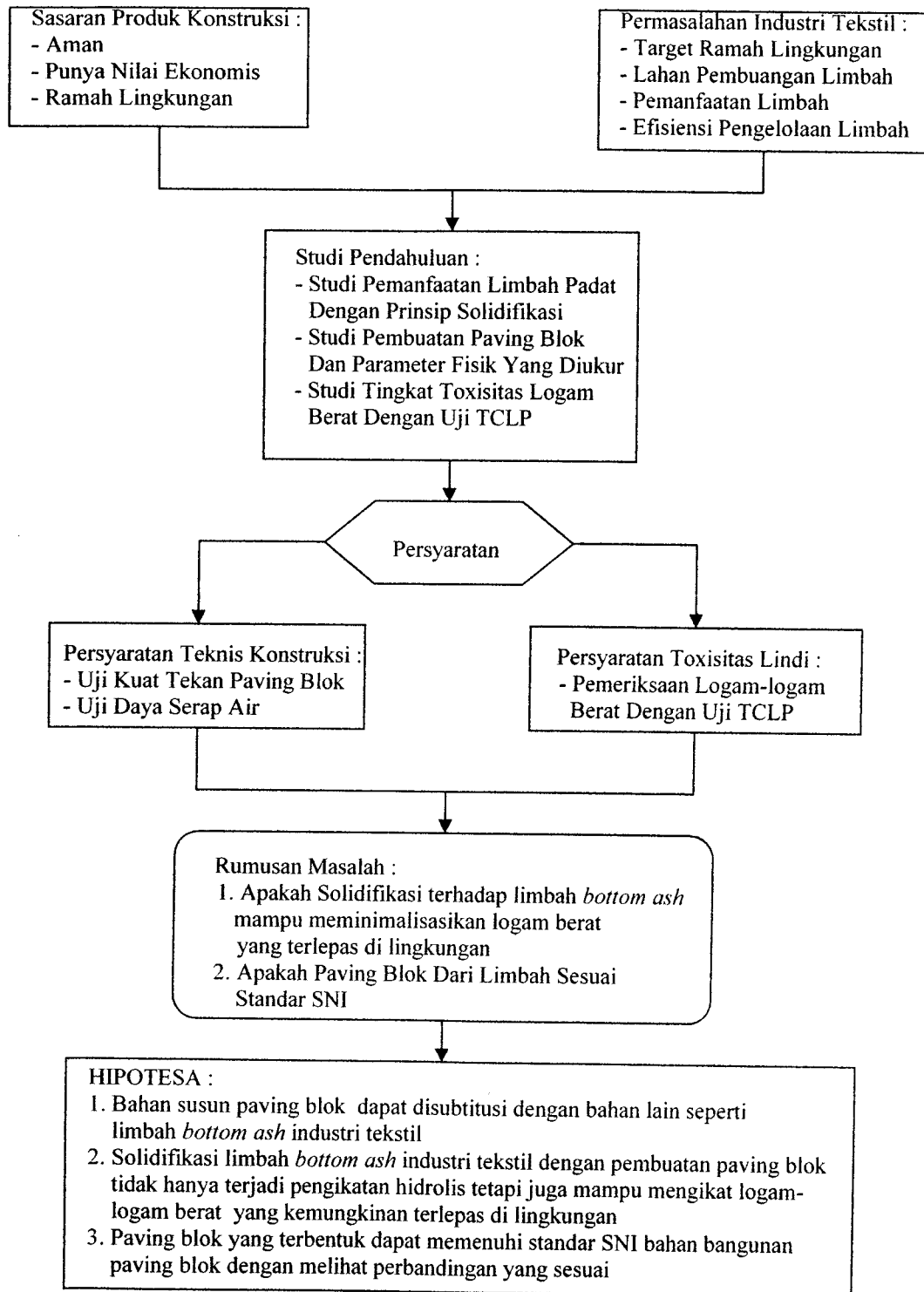
17. AAS (*atomic absorption spectrofotometer*)

3.4 Variabel Yang Diteliti

- a. Variabel terikat yaitu analisa daya serap air, kuat tekan dan tingkat perlindian dengan TCLP.
- b. Variabel bebas yaitu :
 1. Variabel unsur yang dianalisa berupa logam berat Cu, Zn, dan Cr-total.
 2. Variabel perbandingan adalah campuran pembuatan benda uji paving blok (perbandingannya 1 : 6 dalam berat (kg) dimana 1 untuk semen sedangkan 6 untuk campuran pasir dan limbah dengan dibuat lima percobaan), proporsi limbahnya 0 %, 20 %, 40 %, 60 % dan 80 % dari pasir.

3.5 Prosedur Kerja

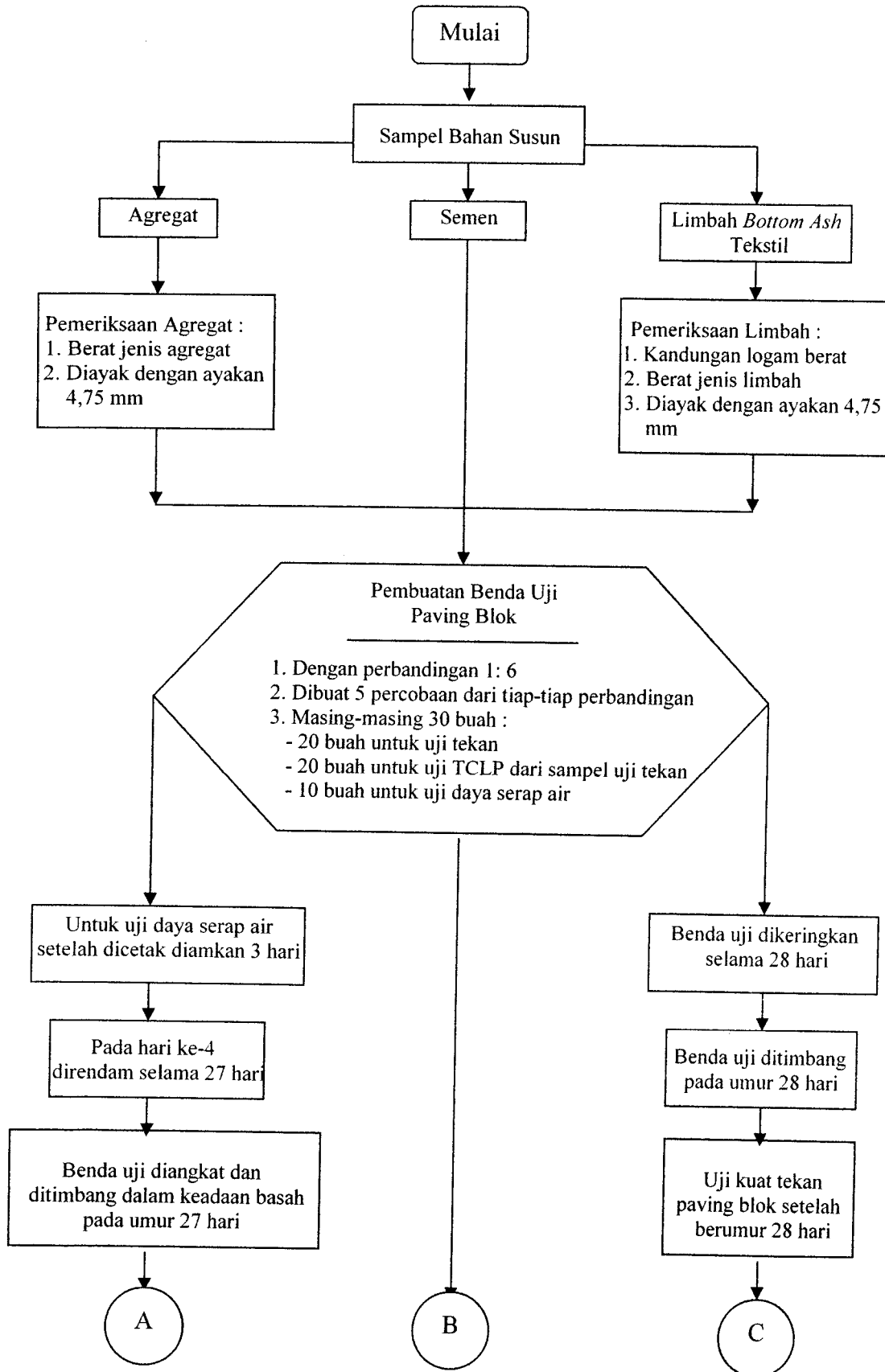
3.5.1 Diagram Alir Kerangka Pemikiran

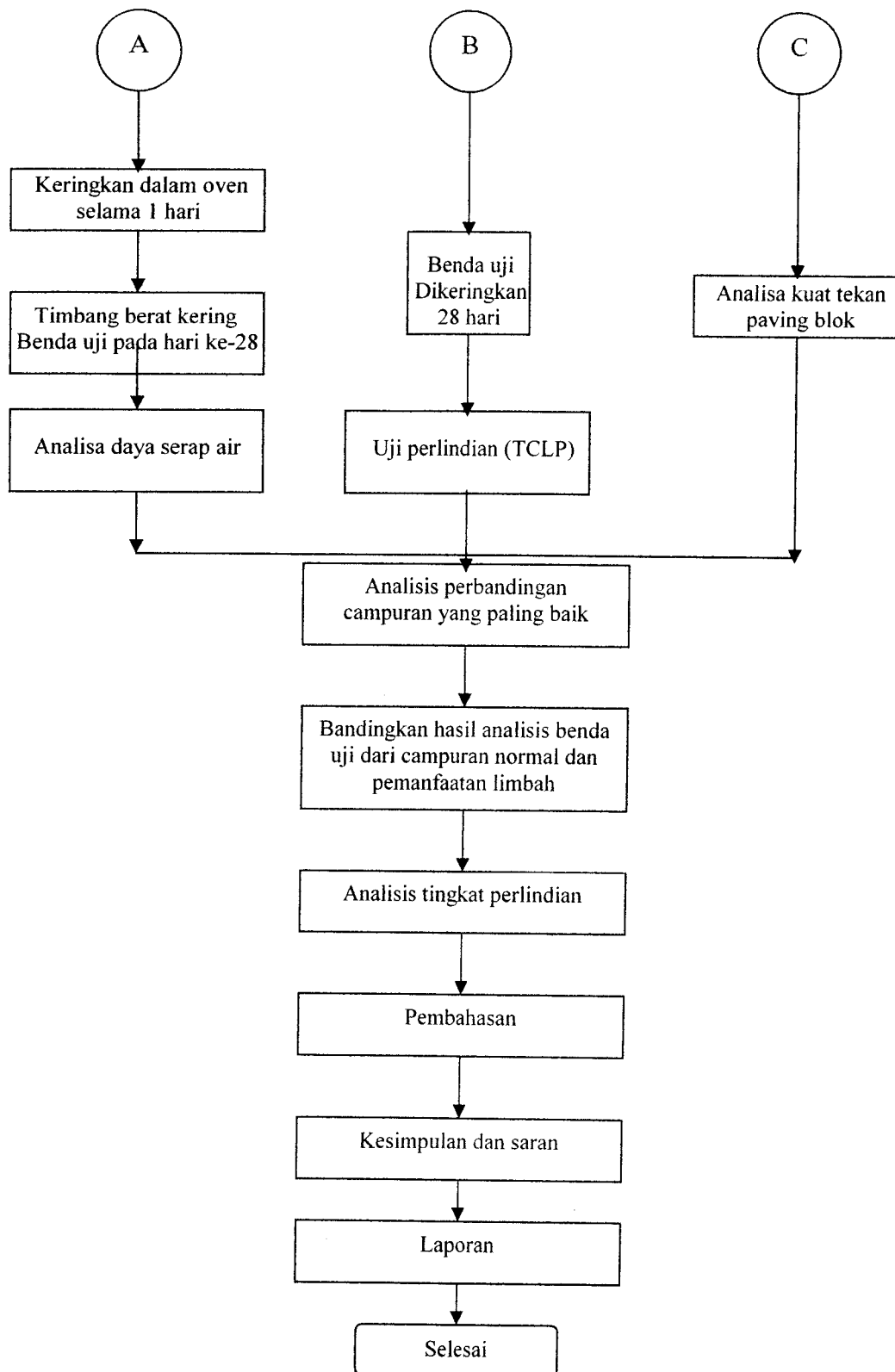


Gambar 3.1 Diagram alir kerangka pemikiran



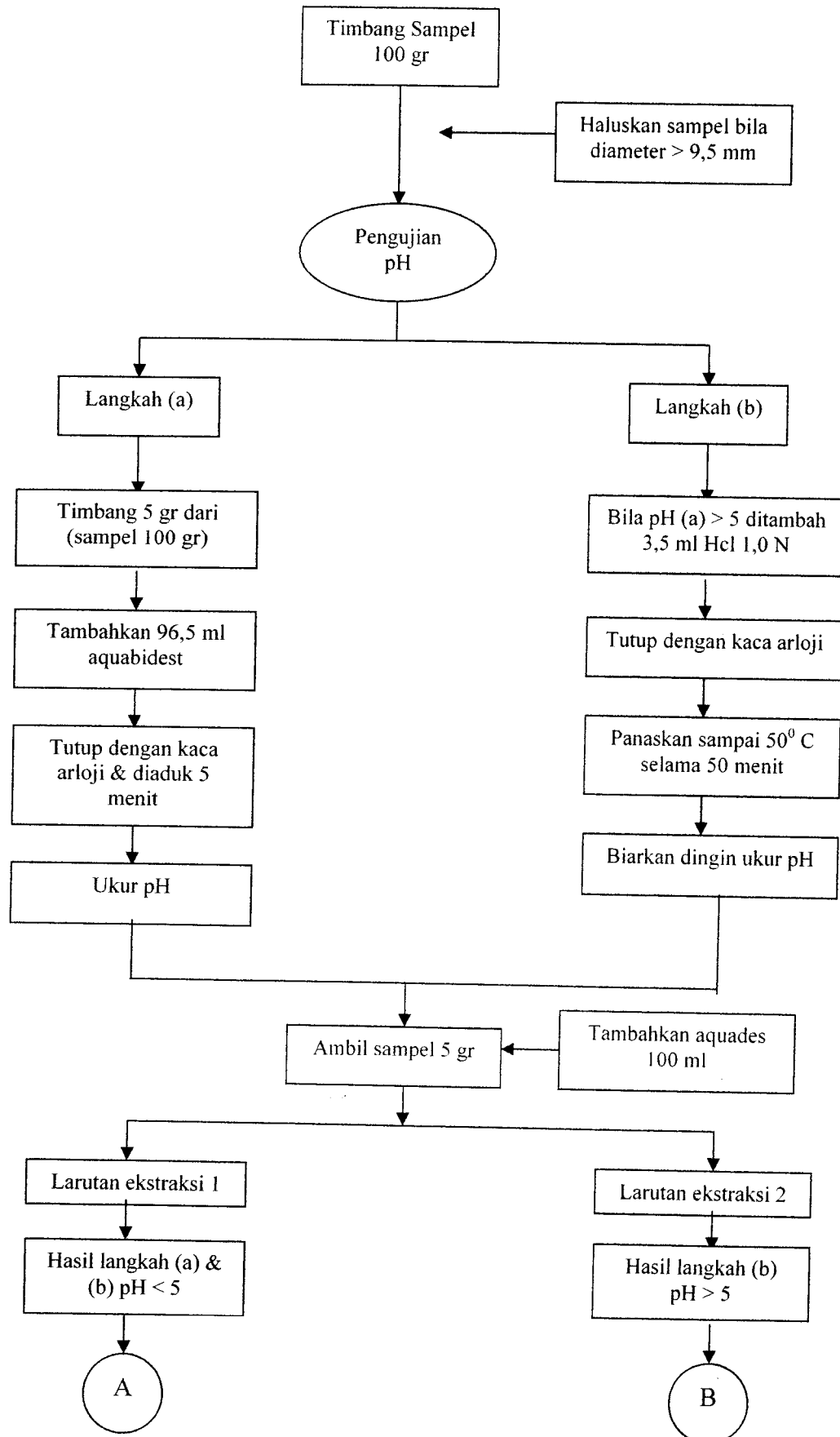
3.5.2 Tahapan Penelitian dan Analisa Data

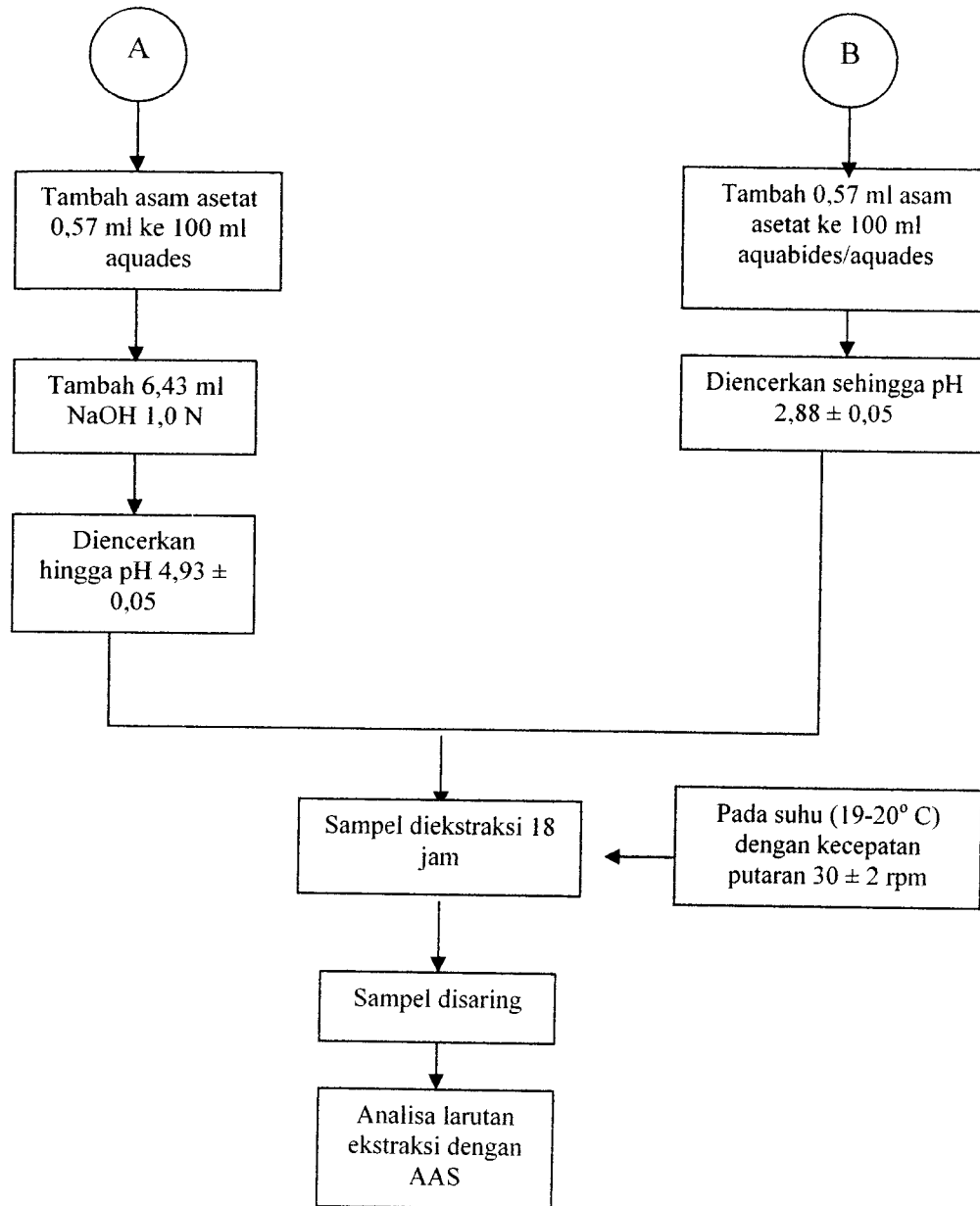




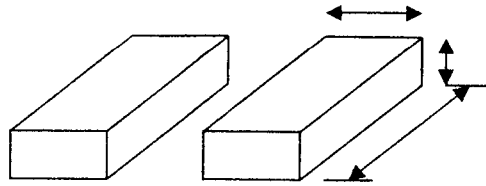
Gambar 3.2 Tahapan penelitian dan analisa data

3.5.3 Pelaksanaan Analisa TCLP





Gbr 3.3 Pelaksanaan analisa TCLP



Gbr 3.4 Model Paving Blok Yang Digunakan Dalam Penelitian

Berikut perbandingan-perbandingan antara semen, pasir dan limbah *bottom ash* industri tekstil.

Tabel 3.1 Perbandingan antara semen dan agregat halus 1 : 6

Percobaan	Semen (kg)	Agregat Halus 6 kg		% Limbah
		Pasir (kg)	Limbah (kg)	
1	1	6	0	0
2	1	4,8	1,2	20
3	1	3,6	2,4	40
4	1	2,4	3,6	60
5	1	1,2	4,8	80

3.6 Pelaksanaan Penelitian

3.6.1 Pemeriksaan Bahan Susun Berupa Berat Jenis Serta Modulus Halus Butir (mhb) Pasir Dan Limbah *bottom ash*

3.6.2 Perencanaan Variasi Komposisi Bahan Susun

Agar mendapatkan kekuatan paving blok sesuai dengan yang dikehendaki, maka campuran paving blok tersebut harus terlebih dahulu direncanakan. Perencanaan campuran paving blok juga bertujuan untuk memperoleh komposisi

material secara tepat, baik proporsi semen, agregat dan limbah dengan kuat tekan yang diharapkan. Adukan paving blok harus memenuhi beberapa kriteria berikut ini :

1. Kuat tekannya tidak kurang dari yang direncanakan
2. Mudah dikerjakan (*workability*)
3. Tahan lama (awet)
4. Murah (ekonomis)

Adapun dalam penelitian ini dimensi paving blok yang digunakan adalah 20 x 10 x 6 cm, sehingga volume paving blok = p x l x t

$$= 0,2 \times 0,1 \times 0,06$$

$$= 0,0012 \text{ m}^3$$

$$\text{Jumlah paving blok per m}^3 = \frac{1}{0,0012} = 833,3 \approx 834 \text{ unit}$$

Dalam penelitian ini akan dibuat lima percobaan masing-masing percobaan dibuat sebanyak 30 unit paving blok, adapun komposisi bahan susunnya adalah sebagai berikut :

- ❖ Komposisi bahan paving blok terdiri dari semen, pasir dan tanpa limbah, dimana berat satu paving blok = 2620 gr, berat semen dalam satu paving blok = 375 gr dan berat pasir dalam satu paving blok = 2245 gr.

Kebutuhan bahan untuk 1 m³ paving blok adalah :

$$\text{Semen} = 375 \text{ gr} \times 834 = 312,75 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} = 2245 \text{ gr} \times 834 = 1872,33 \text{ kg}$$

Kebutuhan bahan untuk membuat 30 unit paving blok adalah :

$$\text{Semen} = 375 \text{ gr} \times 30 = 11,25 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} = 2245 \text{ gr} \times 30 = 67,35 \text{ kg}$$

- ❖ Komposisi bahan paving blok terdiri dari semen, pasir dan 20 % limbah dari pasir, dimana berat satu paving blok = 2467 gr, berat semen dalam satu paving blok = 352 gr, berat pasir dalam satu paving blok = 1692 gr dan berat limbah dalam satu paving blok = 423 gr.

Kebutuhan bahan untuk 1 m³ paving blok adalah :

$$\text{Semen} = 352 \text{ gr} \times 834 = 293,568 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} = 1692 \text{ gr} \times 834 = 1411,128 \text{ kg}$$

$$\text{Limbah} = 423 \text{ gr} \times 834 = 352,782 \text{ kg}$$

Kebutuhan bahan untuk membuat 30 unit paving blok adalah :

$$\text{Semen} = 352 \text{ gr} \times 30 = 10,56 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} = 1692 \text{ gr} \times 30 = 50,76 \text{ kg}$$

$$\text{Limbah} = 423 \text{ gr} \times 30 = 12,69 \text{ kg}$$

- ❖ Komposisi bahan paving blok terdiri dari semen, pasir dan 40 % limbah dari pasir, dimana berat satu paving blok = 2302 gr, berat semen dalam satu paving blok = 329 gr, berat pasir dalam satu paving blok = 1184 gr dan berat limbah dalam satu paving blok = 789 gr.

Kebutuhan bahan untuk 1 m³ paving blok adalah :

$$\text{Semen} = 329 \text{ gr} \times 834 = 274,386 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} = 1184 \text{ gr} \times 834 = 987,456 \text{ kg}$$

$$\text{Limbah} = 789 \text{ gr} \times 834 = 658,026 \text{ kg}$$

Kebutuhan bahan untuk membuat 30 unit paving blok adalah :

$$\text{Semen} = 329 \text{ gr} \times 30 = 9,87 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} = 1184 \text{ gr} \times 30 = 35,52 \text{ kg}$$

$$\text{Limbah} = 789 \text{ gr} \times 30 = 23,67 \text{ kg}$$

- ❖ Komposisi bahan paving blok terdiri dari semen, pasir dan 60 % limbah dari pasir, dimana berat satu paving blok = 2115 gr, berat semen dalam satu paving blok = 302 gr, berat pasir dalam satu paving blok = 725 gr dan berat limbah dalam satu paving blok = 1088 gr.

Kebutuhan bahan untuk 1 m³ paving blok adalah :

$$\text{Semen} = 302 \text{ gr} \times 834 = 251,868 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} = 725 \text{ gr} \times 834 = 604,65 \text{ kg}$$

$$\text{Limbah} = 1088 \text{ gr} \times 834 = 907,392 \text{ kg}$$

Kebutuhan bahan untuk membuat 30 unit paving blok adalah :

$$\text{Semen} = 302 \text{ gr} \times 30 = 9,06 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} = 725 \text{ gr} \times 30 = 21,75 \text{ kg}$$

$$\text{Limbah} = 1088 \text{ gr} \times 30 = 32,64 \text{ kg}$$

- ❖ Komposisi bahan paving blok terdiri dari semen, pasir dan limbah 80 % dari pasir, dimana berat satu paving blok = 1848 gr, berat semen dalam satu paving blok = 264 gr, berat pasir dalam satu paving blok = 317 gr dan berat limbah dalam satu paving blok = 1267 gr.

Kebutuhan bahan untuk 1 m³ paving blok adalah :

$$\text{Semen} = 264 \text{ gr} \times 834 = 220,176 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} = 317 \text{ gr} \times 834 = 264,378 \text{ kg}$$

$$\text{Limbah} = 1267 \text{ gr} \times 834 = 1056,678 \text{ kg}$$

Kebutuhan bahan untuk membuat 30 unit paving blok adalah :

$$\text{Semen} = 264 \text{ gr} \times 30 = 7,92 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} = 317 \text{ gr} \times 30 = 9,51 \text{ kg}$$

$$\text{Limbah} = 1267 \text{ gr} \times 30 = 38,01 \text{ kg}$$

Jadi total kebutuhan bahan untuk membuat 150 unit paving blok dari kelima percobaan adalah :

$$\text{Semen} = 48,66 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} = 184,89 \text{ kg}$$

$$\text{Limbah} = 107,01 \text{ kg}$$

3.6.3 Pembuatan Benda Uji

3.6.3.1 Proses Pembuatan Benda Uji

Langkah-langkah pembuatan benda uji pada penelitian ini adalah seperti diuraikan dibawah ini :

1. Bahan susun yang sudah disiapkan ditimbang beratnya sesuai dengan variasinya, kemudian dimasukkan ke dalam talam baja dan diaduk dalam kondisi kering dengan cetok sampai adukan homogen
2. Adukan ditambahkan air, kemudian diaduk lagi sampai rata
3. Adukan dimasukkan dalam cetakan demi sedikit sampai cetakan penuh. Setelah penuh adukan dipadatkan menggunakan plat baja dengan cara ditumbuk hingga padat.
4. Cara melepaskan adukan dari cetakan paving blok yaitu alas dari cetakan diberi papan yang rata, kemudian cetakan dibalik dan ditekan hingga adukan

yang sudah berbentuk paving blok keluar. Maksud digunakannya papan tersebut selain berfungsi sebagai alas paving blok juga untuk menghindarkan agar tidak terjadi retak pada paving blok.

3.6.3.2 Perawatan Benda Uji

Setelah adukan berbentuk paving blok dikeluarkan dari cetakan, kemudian dilakukan perawatan. Perawatan paving blok adalah suatu pekerjaan menjaga agar permukaan paving blok segar selalu lembab, sejak adukan dipadatkan sampai paving blok dianggap cukup keras.

Kelembaban permukaan paving blok harus dijaga untuk menjamin proses hidrasi semen (reaksi semen dengan pasir) berlangsung dengan sempurna. Bila hal ini tidak dilakukan, akan terjadi paving blok yang kurang kuat, dan juga timbul retak-retak. Selain itu, kelembaban permukaan tadi juga menambah paving blok lebih tahan cuaca dan lebih kedap air.

Pada penelitian ini dilakukan perawatan paving blok dengan cara sebagai berikut :

1. Setelah pencetakan paving blok segar ditaruh di dalam ruangan yang lembab
2. Setelah umur 3 hari dibuat, benda uji diselimuti dengan karung basah, dan
3. Menyirami permukaan benda uji paving blok dengan air.

3.6.4 Pelaksanaan Pengujian

3.6.4.1 Pengujian Kuat Tekan Paving blok

Nilai kuat tekan paving blok didapat melalui pengujian yang menggunakan mesin uji dengan cara memberi beban tingkat dengan kecepatan peningkatan pada beban tertentu atas benda uji hingga hancur. Sebagai standar kekuatan paving blok dipakai kuat tekan paving blok umur 28 hari.

Tahapan pengujian kuat tekan paving blok adalah sebagai berikut :

1. Benda uji yang telah memenuhi umur pengujian, kemudian diambil dan diletakkan pada mesin tekan secara sentris
2. Mesin dihidupkan dengan penambahan beban yang konstan sebesar 2 – 4 kg/cm², dan
3. Pembebanan dilakukan sampai benda uji hancur dan dilakukan pencatatan beban maksimum yang terjadi.

3.6.4.2 Pengujian daya Serap air

Pelaksanaan pengujian serapan air dilakukan setelah paving blok mengalami rawatan pada suhu 60⁰C dengan umur 28 hari.

Tahapan pelaksanaannya adalah sebagai berikut ini :

1. Setelah pencetakan paving blok didiamkan selama 3 x 24 jam
2. Pada hari ke 4 benda uji direndam hingga umur 27 hari
3. Setelah perendaman benda uji tersebut ditimbang guna diketahui berat basahnya (Wb) dan dikeringkan didalam oven selama 24 jam

4. Tepat pada hari ke 28 benda uji tersebut dikeluarkan dari oven dan ditimbang guna mengetahui berat keringnya (Wk)

Setelah diketahui berat basah dan berat kering benda uji dilakukan perhitungan daya serap air.

3.6.4.3 Prosedur Pengujian Pelindian Dengan Metode TCLP Bagi Limbah Non Volatil

- 1) Timbang sampel 100 gram , haluskan sampel apabila mempunyai diameter lebih dari 9,5 mm (Tidak lolos saringan standar 9,5 mm).
- 2) Lakukan pengujian pH
 - a) - Timbang sub sampel 5 gram (berasal dari sampel 100 gram)
 - Tambahkan 96,5 ml air destilasi (aquabides/aquades)
 - Tutup dengan kaca arloji dan aduk dengan magnetic stirer (pengaduk mekanik) selama 5 menit
 - Ukur pH
 - b) - Bila pH langkah (a) lebih dari 5,0 tambahkan 3,5 ml Hcl 1,0 N
 - Tutup dengan kaca arloji dan panaskan sampai 50⁰C selama 50 menit
 - Biarkan larutan dingin
 - Ukur pH
- 3) Pembuatan Sampel :
 - Rumus yang digunakan : 20 x berat padatan
 - Misal : jika diinginkan 25 gr padatan, maka tambahkan aquades 500 gr (ml).
- 3) Bila hasil 2 (a) dan 2 (b) pH < 5 gunakan larutan ekstraksi 1, dan bila hasil 2

(b) memiliki pH > 5 gunakan larutan ekstraksi 2

a) Larutan ekstraksi 1 :

Larutan asam asetat sebanyak 5,7 ml dimasukkan ke dalam 500 ml H₂O tipe 1 (Aquadest) ditambahkan 64,3 ml NaOH 1,0 N. Kemudian diencerkan sampai volume 1 liter sehingga pH $4,93 \pm 0,05$

b) Larutan ekstraksi 2 :

Larutan sebanyak 5,7 ml asam asetat dilarutkan ke dalam H₂O tipe 1 (Aquadest) Sampai volume 1 liter (pH $2,88 \pm 0,05$) bila pH < 2,88 tambahkan NaOH 1,0 N sampai pH yang diharapkan.

- 4) Ekstraksi sampel dalam larutan ekstraksi yang sesuai selama 18 jam pada suhu $(19-25)^{\circ}\text{C}$ dengan kecepatan putaran 30 ± 2 rpm
- 5) Lakukan pencucian filter/kertas dengan asam lalu saring hasil ekstraksi diatas
- 6) Analisa larutan ekstraksi

3.7 Analisis Data

3.7.1 Analisis Teknis

Setelah semua pengujian dilakukan , dilanjutkan dengan analisis data teknis yang diperoleh. Analisis yang dilakukan adalah untuk mendapatkan nilai-nilai yang paling baik. Data yang diperlukan adalah sebagai berikut :

1. Kuat tekan paving blok yang paling maksimum atau minimal sama dengan perencanaan komposisi awal (pembanding), dan
2. Daya serap air paving blok yang paling minimum

3.7.2 Analisis Perlindian

Dilakukan uji TCLP dan dilihat dari masing-masing perbandingan sampai sejauh mana tingkat perlindian pada logam-logam berat hasil solidifikasi limbah *bottom ash* industri tekstil apakah masih dibawah baku mutu TCLP yang telah ditetapkan atau melebihi baku mutu. Adapun untuk menentukan efisiensinya dengan rumus sebagai berikut :

$$E = (C_1 - C_2) / C_1 * (100\%)$$

dimana : E = Efisiensi immobilisasi logam berat (%)

C₁ = Konsentrasi awal (mg)

C₂ = Konsentrasi akhir (mg)

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pemeriksaan Bahan Susun

Setelah melakukan pemeriksaan bahan susun berupa berat jenis dan modulus halus butir di laboratorium BKT Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia maka hasil yang didapat tertera pada tabel 4.1 dan 4.2 sebagai berikut :

Tabel 4.1 Berat Jenis

No	Bahan	Berat Jenis Rata-rata (ton/m ³)
1	Pasir	2,584
2	Limbah	2,291

(Sumber : Data Primer, 2005)

Tabel 4.2 Modulus Halus Butir

No	Bahan	Modulus Halus Rata-rata
1	Pasir	2,247
2	Limbah	2,865

(Sumber : Data Primer, 2005)

Data selengkapnya dapat dilihat pada lampiran A. Untuk semen portland I berat jenisnya sebesar 3,15 ton/m³ (sumber pabrik). Tujuan dari diselidiki nilai gradasi/modulus halus agregat pasir dan limbah adalah untuk diketahuinya nilai gradasi yang telah disyaratkan agar didapatkan paving blok dengan kemampuan

tinggi. Modulus halus butir adalah angka yang menunjukkan tingkat kehalusan dan kekasaran agregat, semakin besar nilai modulus halus butir menunjukkan bahwa pasir/limbah tersebut semakin kasar. Umumnya pasir mempunyai modulus halus (mhb) antara 1,5 - 3,8 (SK-SNI-T-15-1990-03). Dari data yang didapat bahwa mhb untuk pasir sebesar 2,247 sedangkan limbah *bottom ash* sebesar 2,865 menunjukkan sesuai dengan SNI seperti bahan pada umumnya. Jika dibandingkan ternyata mhb pasir lebih halus dibandingkan dengan limbah *bottom ash* sehingga pasir akan mengisi rongga pada butiran limbah.

Berat jenis rendah umumnya menunjukkan, bahwa bahannya berpori, lemah dan bersifat menyerap air banyak. Sedang berat jenis tinggi umumnya menunjukkan bahwa kualitas bahannya umumnya baik (Prof. Ir. A. Antono, 1988). Berdasarkan persyaratan berat jenis agregat halus adalah $\geq 2,5$ % (2,5 ton/m³) dan peresapan air agregat $\leq 3,0$ % (Anonim, 1985).

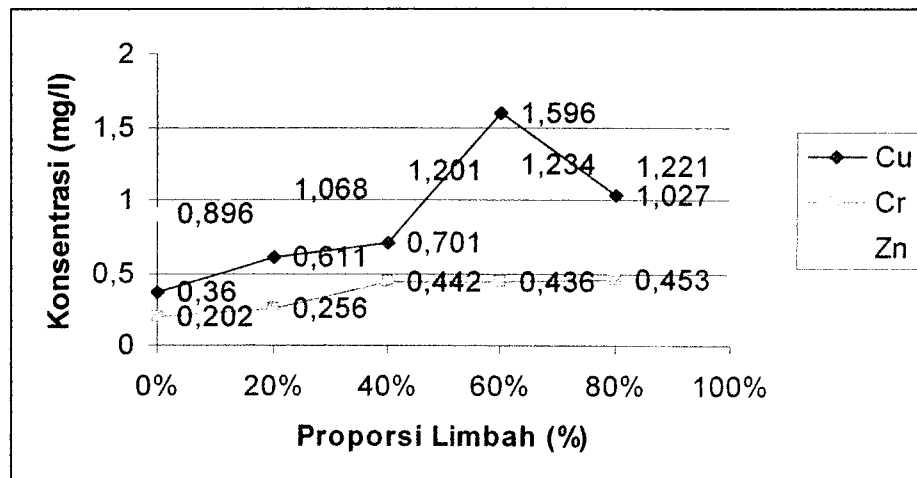
4.2 Pelindian Hasil Solidifikasi

Analisa ini dilakukan untuk mengetahui tingkat keamanan bagi kesehatan dan lingkungan mengingat bahan tambahan yang digunakan adalah limbah industri tekstil. Untuk maksud tersebut dilakukan uji lindi (TCLP) terhadap produk paving blok yang dihasilkan, dan hasil analisisnya dapat dilihat pada tabel 4.3 sebagai berikut :

Tabel 4.3 Hasil Analisa TCLP Logam Berat Rata-rata Dalam Paving Blok

Benda Uji	Hasil Analisa TCLP Rata-rata (mg/l)		
	Cu	Cr	Zn
0% (normal)	0,360	0,202	0,896
20% Limbah	0,611	0,256	1,068
40% Limbah	0,701	0,442	1,201
60% Limbah	1,596	0,436	1,234
80% Limbah	1,027	0,453	1,221
Baku Mutu TCLP (PP85/1999)	10	5	50

(Sumber : Data Primer, 2005)



Gbr 4.1 Pelindian Logam Berat Rata-rata Dalam Paving Blok

Dalam proses uji TCLP sebelumnya dilakukan pengukuran pH terlebih dahulu yakni pengukuran pH paving blok seperti tertera pada tabel 4.4 dan juga dilakukan pengukuran pH dalam larutan ekstraksi seperti tertera pada tabel 4.5 sebagai berikut :

Tabel 4.4 Nilai pH Dalam Paving Blok

No	Benda Uji	pH Dalam Paving Blok			Rata-rata
		I	II	III	
1	0% (normal)	11,96	11,69	11,78	11,81
2	20% Limbah	11,71	11,57	11,67	11,65
3	40% Limbah	11,65	11,60	11,60	11,62
4	60% Limbah	11,51	11,49	11,45	11,48
5	80% Limbah	11,42	11,46	11,43	11,44

(Sumber : Data Primer, 2005)

Tabel 4.5 Nilai pH Dalam Larutan Ekstraksi

No	Benda Uji	pH Dalam Larutan Ekstraksi			Rata-rata
		I	II	III	
1	0% (normal)	2,92	2,92	2,93	2,923
2	20% Limbah	2,93	2,93,	2,93	2,93
3	40% Limbah	2,92	2,92	2,92	2,92
4	60% Limbah	2,92	2,92	2,92	2,92
5	80% Limbah	2,93	2,93	2,93	2,93

(Sumber : Data Primer, 2005)

Adapun komposisi bahan susun paving blok yang terdapat pada masing-masing perbandingan seperti ditunjukkan pada tabel 4.6 sedangkan nilai efisiensi immobilisasi logam berat dari hasil perhitungan seperti tertera pada tabel 4.7 sebagai berikut :

Tabel 4.6 Komposisi Bahan Susun Paving Blok

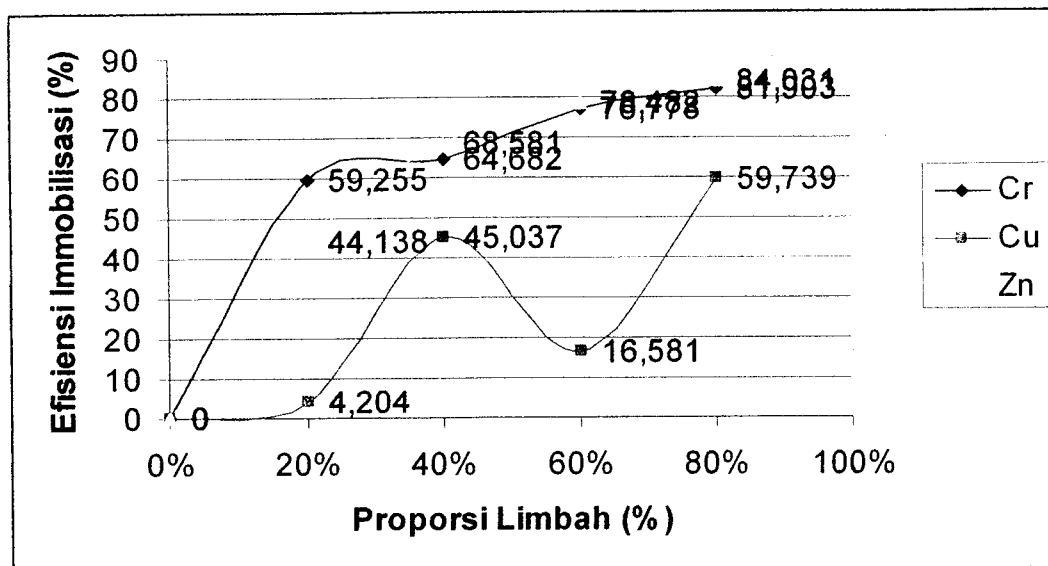
No	Benda Uji	Berat Paving Blok	Jumlah Semen	Jumlah Pasir	Jumlah Bottom Ash
		gr	gr	gr	gr
1	0% (normal)	2620	375	2245	0
2	20% Limbah	2467	352	1692	423
3	40% Limbah	2302	329	1184	789
4	60% Limbah	2115	302	725	1088
5	80% Limbah	1848	264	317	1267

(Sumber : Data Primer, 2005)

Tabel 4.7 Nilai Efisiensi Immobilisasi Logam Berat (Cu, Cr dan Zn)

No	Benda Uji	Cr (krom)			Cu (tembaga)			Zn (seng)		
		Dalam Paving	Yang Keluar	E	Dalam Paving	Yang Keluar	E	Dalam Paving	Yang Keluar	E
		mg	mg	%	mg	mg	%	mg	mg	%
1	0% (normal)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	20% Limbah	31	12,631	59,255	31,47	30,147	4,204	94,33	52,695	44,138
3	40% Limbah	57,62	20,35	64,682	58,72	32,274	45,037	175,99	55,294	68,581
4	60% Limbah	79,42	18,443	76,778	80,93	67,511	16,581	242,58	52,198	78,482
5	80% Limbah	92,52	16,743	81,903	94,28	37,958	59,739	282,59	45,128	84,031

(Sumber : Data Primer, 2005)



Gbr 4.2 Efisiensi Immobilisasi Logam Cr, Cu Dan Zn

Berdasarkan data yang dihasilkan bahwa semakin banyak proporsi limbah cenderung menunjukkan semakin meningkat konsentrasi lindinya, akan tetapi ada proporsi limbah tertentu tidak menunjukkan hasil yang demikian seperti untuk analisa konsentrasi lindi Cu pada proporsi limbah 80 % yakni 1,027 mg/l cenderung lebih kecil dibandingkan dengan proporsi limbah 60 % yakni 1,596 m/l untuk konsentrasi lindi Cr pada proporsi limbah 60 % yakni 0,436 mg/l cenderung lebih kecil dibandingkan dengan proporsi limbah 40 % yakni 0,442 mg/l sedangkan konsentrasi lindi Zn pada proporsi limbah 80 % yakni 1,221 mg/l cenderung lebih kecil dibandingkan dengan proporsi limbah 60 % yakni 1,234 mg/l sehingga grafik yang ditampilkan tidak linier hal ini kemungkinan disebabkan oleh faktor kurang homogennya campuran paving blok yang dibuat. Dari data yang dihasilkan konsentrasi lindi yang terlepas seperti pada tabel 4.3 baik itu logam berat Cr, Cu dan Zn semuanya kecil dan masih berada dibawah

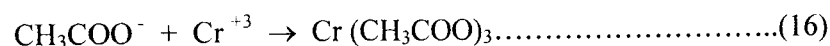
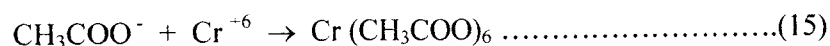
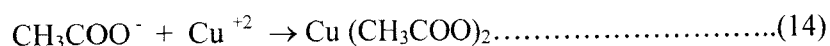
baku mutu yang ditetapkan yakni berdasarkan baku mutu TCLP (PP85/1999) dari berbagai proporsi limbah yang ditambahkan untuk proporsi limbah 20 % menunjukkan konsentrasi lindi yang paling kecil dibandingkan proporsi limbah lainnya. Untuk efisiensi immobilisasi logam berat yang didapat semakin banyak porsi limbah yang ditambahkan cenderung semakin meningkat nilai efisiensi immobilisasinya hanya saja untuk efisiensi immobilisasi logam Cu dengan penambahan limbah 60 % nilai efisiensi immobilisasinya lebih kecil dari pada penambahan limbah 40 % hal ini dikarenakan konsentrasi lindinya paling besar dan bedanya dengan konsentrasi lindi penambahan limbah lainnya cukup signifikan sehingga berat Cu yang keluarpun besar. Dari data yang didapat untuk logam Cr nilai efisiensi immobilisasi yang paling kecil adalah 59,255 % dengan penambahan limbah 20 % sedangkan nilai efisiensi terbesar adalah 81,903 % dengan penambahan limbah 80 %, untuk logam Cu nilai efisiensi immobilisasi yang paling kecil adalah 4,204 % dengan penambahan limbah 20 %, adapun nilai efisiensi immobilisasi tersebut sangat kecil atau dengan kata lain lebih banyak yang keluar hal ini bukan disebabkan analisa konsentrasi lindi pada AAS melainkan disebabkan faktor homogenitas campuran limbah dengan bahan penyusun lainnya hal ini memungkinkan karena untuk membuat campuran padatan menjadi benar-benar homogen tidak semudah dalam bentuk cairan, adapun pembuatan paving blok yang dilakukan dengan cetak tangan dan pengadukan secara manual sehingga campuran yang dibuat tidak benar-benar homogen atau penyebaran logam berat Cu pada paving blok jadi tidak merata sedangkan pada saat pengambilan cuplikan sampel yang diambil hanya sebagian

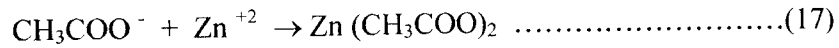
bongkahan paving blok masing-masing benda uji lalu dicampur menjadi satu dan tidak dilakukan penghancuran semua benda uji sehingga kemungkinan bongkahan yang diambil tersebut banyak logam Cu sehingga konsentrasi lindi yang terbaca pada AAS cukup besar maka jumlah logam Cu yang keluarpun dari hasil perhitungan menjadi lebih besar sedangkan nilai efisiensi terbesar adalah 59,739 % dengan penambahan limbah 80 % dan untuk logam Zn nilai efisiensi removal paling kecil adalah 44,138 % dengan penambahan limbah 20 % sedangkan nilai efisiensi terbesar adalah 84,031 % dengan penambahan limbah 80 %. Dari data efisiensi immobilisasi yang didapat menunjukkan hasil yang bervariasi hal ini tergantung dari jumlah/konsentrasi logam berat yang terlepas/keluar, semakin kecil jumlah logam berat yang terlepas maka akan semakin besar efisiensi immobilisasi yang didapatkan.

Dari hasil penelitian diketahui adanya limbah logam berat Cu, Cr dan Zn yang masih terlindi, terutama pada konsentrasi penambahan limbah yang tinggi, hal ini dikarenakan semakin tinggi penambahan limbah maka kebutuhan rongga-rongga dalam partikel mineral lokal akan semakin besar yang pada akhirnya akan mencapai kejenuhan. Pada keadaan tersebut partikel limbah tidak dapat terikat dengan sempurna baik secara fisik maupun secara kimia.

Di dalam proses ekstraksi logam pada analisa ini tergolong dalam hidrometalurgi, yang mana merupakan teknik untuk mengekstrak logam dari bijihnya dengan reaksi dalam larutan air, proses penting dalam hidrometalurgi adalah *leaching*. Setelah proses *leaching* logam atau senyawa terlarut dalam bentuk ion biasa atau ion kompleks (Hiskia Achmad, 1992). Umumnya dalam

ikatan hidrolisis, di dalam larutan berpelarut air, garam terurai sempurna menjadi ion-ion. Ikatan hidrolisis itu adalah ikatan antara ion dengan air (Petrucci, 1992). Adapun larutan asam asetat mampu mengeluarkan anion (-) begitu pula pada asam-asam yang lain, asam asetat ini tergolong sebagai asam lemah pada larutan ekstraksi yang fungsinya untuk melepas logam-logam berat yang ada pada paving blok. Komponen logam-logam di dalam status padat/matrik padat dapat terbentuk berupa model kristal yang sederhana, kisi-kisinya adalah terdiri dari ion positif lekat ditempelkan pada suatu awan elektron (Claude H.Yoder, 1980). Maka disini logam berat berupa Cu, Cr, dan Zn yang berada dalam campuran paving blok sebagai kation (+) atau ionnya positif, sedangkan semen yang unsur-unsurnya mengandung silika (SiO₂) dan alumina (Al₂O₃) hasil pembakaran batu kapur pada suhu yang tinggi membuat sifat umum dari mineral silikat adalah kekomplekan anion silikatnya (Petrucci, 1992), begitu pula pada alumina. Maka pada campuran paving blok yang mana logam berat yang berada pada limbah *bottom ash* berionkan positif sedangkan semen sebagai anion (-) dengan ditambahkan air sehingga terjadi ikatan secara kimia yang membuat logam berat yang ada pada paving blok hasil solidifikasi menjadi lebih stabil. Logam berat pada paving blok yang berada dalam larutan ekstraksi dengan menggunakan asam asetat akan terbentuk garam/senyawa baru yang nantinya dianalisa pada AAS. Adapun reaksi yang terjadi, sebagai berikut :





Semen Portland dan air setelah bertemu akan bereaksi, butir-butir semen Portland bereaksi dengan air menjadi gel yang dalam beberapa hari menjadi keras dan saling melekat. Agregat (yaitu pasir atau kerikil) tidak mengalami proses kimia, melainkan hanya sebagai bahan pengisi saja yaitu bahan yang dilekatkan (Kardiyono, 1992). Dari pernyataan diatas dapat diketahui bahwa bahan penyusun berupa pasir pada paving blok tidak terjadi proses pengikatan secara kimia melainkan terjadinya pengikatan secara fisik saja/sebagai bahan pengisi, maka dari itu proses solidifikasi yang terjadi antara bahan penyusun paving blok tidak saja terjadi pengikatan secara fisik melainkan juga terjadi pengikatan secara kimia.

Dari data-data dan keterangan yang didapat seperti diatas terlihat bahwa setelah jadi paving blok unsur logam yang terdapat dalam limbah tekstil menjadi lebih stabil, terbukti dalam air lindinya (*leached*) jauh lebih kecil dan dibawah standar yang telah ditetapkan dibandingkan dengan sebelum dijadikan paving blok.

4.3 Kuat Tekan Paving blok

Dari Pengujian terhadap benda uji paving blok dengan umur 28 hari didapat kuat tekan rata-rata seperti pada tabel 4.8 untuk data hasil perhitungannya terdapat pada lampiran B.

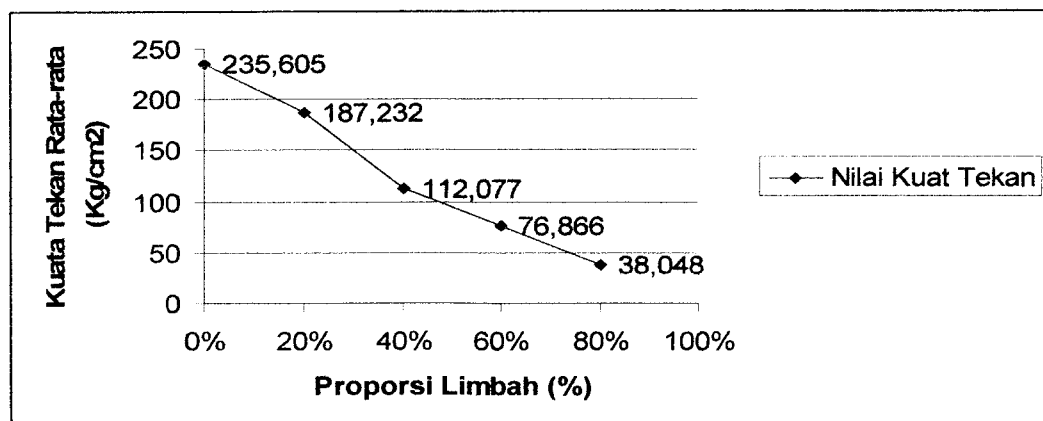
Contoh perhitungannya digunakan percobaan I (formulasi I) pada sampel pertama dengan berat 2,595 kg, panjang = 20,17 cm, lebar = 10,3 cm, tinggi = 6,1 cm, luas penampang (A) = 20,17 x 10,3 = 207,751 cm², beban max (P) = 480 KN,

$$\text{nilai kuat tekannya} = \sigma' = \frac{P}{A} = \frac{480}{207,751} = 2,310 \text{KN/cm}^2 = 231 \text{Kg/cm}^2$$

Tabel 4.8 Kuat Tekan Rata-rata Paving Blok Pada Umur 28 Hari

No	Benda Uji	Kuat Tekan Rata-rata (Kg/cm ²)	Mutu Paving Blok	Keterangan
1	0% (normal)	235,605	B	Untuk pelataran parkir
2	20% Limbah	187,232	B	Untuk pelataran parkir
3	40% Limbah	112,077	D	Untuk taman
4	60% Limbah	76,866	---	Tidak memenuhi standar
5	80% Limbah	38,048	---	Tidak memenuhi standar

(Sumber : Data Primer, 2005)



Gbr 4.3 Kuat Tekan Paving Blok Berbagai Proporsi Limbah

Pada Umur 28 Hari

Berdasarkan data yang didapat seperti tertera diatas menunjukkan bahwa pada percobaan pertama atau dengan porsi limbah 0 % (sebagai pembanding) didapat kuat tekan rata-rata pada umur 28 hari sebesar $235,605 \text{ kg/cm}^2$, data yang didapat ini apabila dibandingkan sesuai SNI 03-0691-1996 seperti tertera pada tabel 2.3 tergolong mutu kuat tekannya B yang kegunaannya untuk pelataran parkir. Untuk percobaan kedua dengan penambahan limbah sebesar 20 % didapat nilai kuat tekannya sebesar $187,232 \text{ kg/cm}^2$ tergolong mutu kuat tekannya B yang kegunaannya untuk pelataran parkir.

Untuk percobaan ketiga dengan penambahan limbah sebesar 40 % didapat nilai kuat tekannya sebesar $112,077 \text{ kg/cm}^2$ tergolong mutu kuat tekannya D yang kegunaannya untuk taman dan penggunaan lainnya. Sedangkan untuk percobaan keempat dengan penambahan limbah sebesar 60 % didapat nilai kuat tekannya sebesar $76,866 \text{ kg/cm}^2$ tidak memenuhi persyaratan kuat tekan, lalu untuk percobaan kelima dengan penambahan limbah sebesar 80 % didapat nilai kuat tekannya sebesar $38,048 \text{ kg/cm}^2$ untuk percobaan kelima ini juga tidak memenuhi persyaratan kuat tekan yang telah ditetapkan.

Berdasarkan uraian diatas bahwa dengan penambahan limbah 20 % kuat tekan yang didapatkan adalah yang paling besar dibandingkan dengan penambahan limbah lainnya sedangkan dengan penambahan limbah 80 % kuat tekan yang didapatkan adalah yang paling kecil hal ini dapat dilihat bahwa dengan semakin banyak porsi limbah maka semakin menurun nilai kuat tekannya, jadi campuran untuk mendapatkan kuat tekan yang paling baik adalah dengan penambahan limbah 20 %.

Dalam penelitian ini pengujian dilakukan pada umur beton 28 hari karena pada umur 28 hari ini kuat tekan yang didapatkan 100 %, pada umumnya kuat tekan beton/paving blok bertambah tinggi dengan bertambahnya umur, yang dimaksudkan umur disini dihitung sejak paving blok dibuat. Selain umur mutu paving blok juga dipengaruhi agregat terutama bentuk, tekstur permukaan, dan ukuran butirannya, pengaruh kekuatan agregat sendiri terhadap kekuatan beton/paving blok tidak begitu besar karena umumnya kekuatan agregat lebih tinggi dari pada kekuatan pasta semennya. Jika ukuran agregat lebih besar maka luas permukaan agregat lebih kecil, sehingga lekatan antara pasta dan permukaan agregat lebih lemah, akibatnya kekuatan beton lebih rendah, lagi pula butir agregat yang besar menyebabkan tertahannya proses susutan pada pastanya, yang berarti menimbulkan adanya tegangan internal dalam pasta, sehingga mengurangi kekuatan betonnya (Kardiyono Tjokrodimuljo, 1992). Dari pernyataan diatas diketahui butiran limbah *bottom ash* lebih besar daripada pasir hal ini memungkinkan terjadinya penurunan mutu kuat tekan dari paving blok tersebut, seperti pada data mutu kuat tekan untuk masing-masing penambahan limbah dengan semakin banyak porsi limbah yang ditambahkan maka mutu kuat tekannya menurun karena banyaknya kuantitas limbah akan mengurangi lekatan secara fisik dengan pasta semen.

4.4 Daya Serap Air Paving Blok

Dari hasil analisa dari daya serap air rata-rata dapat dilihat pada tabel 4.10 untuk data hitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran C. Contoh

perhitungannya digunakan percobaan I (formulasi I) pada sampel pertama dengan didapat berat basah (W_b) = 2736 gr, berat kering (W_k) = 2496 gr, daya serap yang

$$\text{didapat} = \frac{W_b - W_k}{W_k} \times 100\% = \frac{2736 - 2496}{2496} \times 100\% = 9,615\%$$

Tabel 4.9 Standar Daya Serap Air Untuk Paving Blok

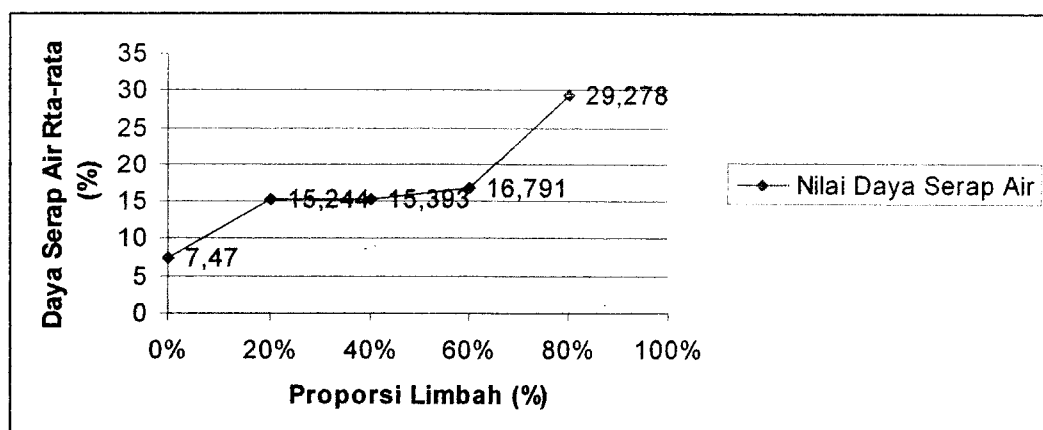
Mutu	Serapan Air Maksimum
I	3 %
II	5 %
III	7 %

(Sumber : SII 819-83)

Tabel 4.10 Daya Serap Air Rata-rata

No	Benda Uji	Daya Serap Air Rata-rata (%)	Mutu	Keterangan
1	0% (normal)	7,47	---	Tidak memenuhi standar
2	20% Limbah	15,244	---	Tidak memenuhi standar
3	40% Limbah	15,393	---	Tidak memenuhi standar
4	60% Limbah	16,791	---	Tidak memenuhi standar
5	80% Limbah	29,278	---	Tidak memenuhi standar

(Sumber : Data Primer, 2005)



Gbr 4.4 Daya Serap Air Rata-rata Berbagai Proporsi Limbah

Dari data diatas dapat diketahui bahwa percobaan pertama dengan porsi limbah 0 % (campuran normal) sebagai pembanding didapat daya serap air rata-ratanya sebesar 7,47 % jika dibandingkan dengan persyaratan peresapan air maksimum berdasarkan SII 819-83 mendekati mutu kelas III yakni 7 %. Berdasarkan hasil analisa dengan penambahan limbah bahwa nilai daya serap air terbesar adalah 29,278 % dengan penambahan limbah 80 % sedangkan nilai terkecil adalah 15,244 % dengan penambahan limbah 20 %. Berdasarkan uraian diatas bahwa dengan penambahan limbah sebesar 20 % nilai daya serap airnya adalah yang paling kecil dibandingkan dengan penambahan limbah lainnya dimana apabila semakin banyak porsi limbah yang ditambahkan maka daya serap airnya makin besar dan hal ini akan menurunkan mutu dari paving blok itu sendiri.

Berat jenis rendah umumnya menunjukkan bahwa bahannya berpori, lemah dan bersifat menyerap air banyak, sedangkan berat jenis tinggi umumnya menunjukkan bahwa kualitas bahannya umumnya baik (Prof. Ir. A. Antono, 1988), seperti data sebelumnya bahwa berat jenis limbah *bottom ash* yang dipakai sebagai bahan susun yang disubstitusikan dengan pasir sebesar $2,291 \text{ ton/m}^3$ menunjukkan berat jenis yang kurang baik karena kurang dari $2,5 \text{ ton/m}^3$ yang merupakan syarat minimal untuk nilai berat jenis agregat halus beda dengan berat jenis pasir $2,584 \text{ ton/m}^3$ yang sudah memenuhi syarat. Fenomena ini menunjukkan bahwa dengan semakin banyak porsi limbah dan sedikitnya porsi pasir maka menunjukkan tingkat peresapan air yang semakin meningkat sehingga menurunkan mutu kuat tekan dari paving blok tersebut. Semakin kecil selisih

antara berat kering dan berat basah paving blok maka akan semakin kecil daya serap airnya.

Tabel 4.11 Kuat Tekan, Daya Serap Air Dan Lindi Logam Berat Rata-rata

No	Benda Uji	Kuat Tekan Rata-rata	Daya Serap Air Rata-rata	Lindi Logam Berat Rata-rata		
		Kg/cm ²	%	Cu mg/l	Cr mg/l	Zn mg/l
1	0% (normal)	235,605	7,47	0,360	0,202	0,896
2	20% Limbah	187,232	15,244	0,611	0,256	1,068
3	40% Limbah	112,077	15,393	0,701	0,442	1,201
4	60% Limbah	76,866	16,791	1,596	0,436	1,234
5	80% Limbah	38,048	29,278	1,027	0,453	1,221

(Sumber : Data Primer, 2005)

Dari data hasil pengujian kuat tekan, daya serap air dan lindi logam berat seperti tertera pada tabel 4.11 diatas maka perbandingan penambahan proporsi limbah yang paling baik berdasarkan aspek teknis dan tingkat toksisitas didapatkan dari hasil penelitian tentang tingkat perlindungan, uji kuat tekan dan analisa daya serap air yakni dengan penambahan limbah sebanyak 20 % akan menghasilkan konsentrasi lindi yang paling kecil, untuk logam Cu 0,611 mg/l, Cr 0,256 mg/l dan Zn 1,068 mg/l, nilai kuat tekan yang paling besar yakni 187,232 Kg/cm² dan nilai daya serap air yang paling kecil yaitu 15,244 % dibandingkan dengan penambahan limbah lainnya. Walaupun dari aspek kesehatan/tingkat toksisitas logam berat, semua porsi limbah yang ditambahkan masih dibawah baku mutu TCLP berdasarkan PP85/1999 akan tetapi dari aspek teknis kuat tekan untuk porsi limbah 60 % dan 80 % tidak memenuhi standar kuat tekan berdasarkan SNI 03-0691-1996 yang tertera pada tabel 2.3.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan pembahasan dapat disimpulkan :

1. Dengan semakin banyak porsi limbah yang ditambahkan maka ikatan secara kimia pada paving blok semakin kuat/stabil sehingga efisiensi immobilisasi logam beratnya semakin besar. Nilai efisiensi terbesar dengan penambahan limbah 80 % yakni untuk logam Cu 59,739 %, logam Cr 81,903 % dan logam Zn 84,031 %.
2. Berdasarkan pengujian kuat tekan semakin banyak porsi limbah yang ditambahkan semakin turun nilai kuat tekan yang dihasilkan, sedangkan dari hasil pengujian daya serap air semakin banyak porsi limbah yang ditambahkan semakin tinggi persentase daya serap airnya.
3. Penambahan proporsi limbah yang paling baik dari hasil pengujian tentang tingkat perlindian, uji kuat tekan dan uji daya serap air paving blok yakni dengan penambahan limbah sebanyak 20 % mampu menghasilkan konsentrasi lindi yang paling kecil, untuk logam Cu 0,611 mg/l, Cr 0,256 mg/l dan Zn 1,068 mg/l, nilai kuat tekan yang paling besar yakni 187,232 Kg/cm² dan nilai daya serap air yang paling kecil yaitu 15,244 % dibandingkan dengan penambahan limbah lainnya.

5.2 Saran-saran

Saran untuk penelitian berikutnya adalah :

1. Untuk proses solidifikasi harus diperhatikan faktor homogenitas campuran bahan sehingga hasilnya lebih konsisten maka dari itu pencampuran bahan dengan menggunakan mesin pencampur (*mixing*) dan pencetakan dengan menggunakan mesin akan lebih baik hasilnya dibandingkan secara manual.
2. Perlu diperhatikan kualitas bahan baik kualitas fisik maupun kualitas kimia yang digunakan untuk membuat paving blok baik itu semen, pasir, air dan bahan aditif lainnya karena akan mempengaruhi kualitas produk yang dihasilkan.
3. Dalam pengambilan cuplikan sampel paving blok pada masing-masing benda uji sebaiknya semua benda uji dihancurkan sehingga cuplikan sampel yang dianalisa pada AAS menjadi lebih homogen dan lebih merata.
4. Disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut dalam pembuatan paving blok dengan menambahkan bahan aditif lainnya seperti kerikil sehingga kuat tekan yang didapatkan menjadi lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Antono, Prof, Ir, 1988, *Diktat Teknologi Beton*, Lab Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil FT UGM, Yogyakarta
- Achmad, Hiskia, Drs, 1992, *Kimia Unsur dan Radio Kimia*, PT. Citra Aditya Bakti, Bandung
- Anonim, 1982, *Persyaratan Umum Bahan Umum Di Indonesia (PUBI-1982)*, Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Cipta Karya, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung, Indonesia
- Anonim, 1985, *Petunjuk Pelaksanaan Perkerasan Kaku (Beton Semen)*, Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Bandung
- Anonim, 1989, *SK-SNI-M-14-1989-F Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*, Departemen Pekerjaan Umum, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta
- Anonim, 1989, *SK SNI M-11-1989-F Metode Pengujian Kadar Air Agregat*, Departemen Pekerjaan Umum, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta
- Anonim, 1989, *SK SNI M-08-1989-F Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus Dan Kasar*, Departemen Pekerjaan Umum, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta
- Anonim, 1989, *SK SNI M-10-1989-F Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus*, Departemen Pekerjaan Umum, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta

- Anonim, 1991, *SK-SNI-T-15-1991-03 Tata Cara Penghitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan Gedung, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung
- Anonim, 1996, *SNI 03-0691-1996 Paving Blok*, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung
- Anonim, 1999, *Peraturan Pemerintah Nomor 85 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun*, Sekretariat Bapedal, Jakarta
- Anonim, 2002, *Pengelolaan Limbah padat UP-IV Cilacap*, Lemigas, Jakarta
- Anonim, *Pedoman Pelaksanaan Praktikum*, Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
- Clarke. W, 1994, *An Introduction to Textil Printing*, Newnes-Butterworths, London
- Claude H. Yoder, Fred H. Suydam, Fred A. Snavly, 1980, *Chemestry Second Edition*, Harcourt Brace Jovanovich, Inc, New york
- Connor. R.J, 1990, *Chemical Fixation and Solidification of Hazardous Waste*, Mc. Graw-Hill Inc, United States
- D. Palmer, 1989 , *Alkali Reaction in Great Britain – the Present Position*, C & CA Reprint, England
- G.E. Troxell, H.E. Davis. J.W. Kelly, 1995, *Composition And Properties of Concrete*, 2nd Edition, Mc. Graw – Hill Book Company, New York.
- Heinz Frick dan Ch. Koesmartadi, 1999, *Ilmu Bahan Bangunan*, Penerbit Kanisius, Yogyakarta

- J.A. Slim and R.W. Wakefield, 1991, *The Utilisation of Sewage Sludge in The Manufacture of Clay Brick*. Vol. 17. No. 3, Water SA, New York.
- Kardiyono, Tjokrodimulyo, 1992, *Bahan Bangunan*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Kardiyono, Tjokrodimulyo, 1995, *Teknologi Beton*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Manahan, S.E, 1994, *Environmental Chemistry 6th ed*, Lewis Publisher, USA
- Marimoto, Kunihiro, 1995, *Teknologi Pengelolaan Air Limbah Industri Tekstil*. Japan Textile Finishers Assosiation, Japan.
- Martopo, S., 1989, *Dampak Limbah Terhadap Lingkungan*, Bahan Diskusi Kursus Singkat Penanganan Limbah Secara Hayati, PPLH-Yogyakarta
- Metcalf and Eddy, 1991, *Wastewater Engineering Treatment, Disposal, Reuse*. 3rd Edition, Mc. Graw – Hill Inc, Singapore
- Palar, H, 1994, *Pencemaran Dan Toksikologi Logam Berat*, PT. Rineka Cipta, Jakarta
- Petrucci, Ralph, H, Suminar, 1992, *Kimia Dasar Prinsip & Terapan Modern*, Erlangga, Jakarta
- Pino, Iskandar, 1984, *Concrete Block Paving In Indonesia*, PT. Conblock Indonesia, Jakarta
- Setiono, Ir, L, Hadyana Pudjaatmaka, Dr, A, 1985, *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro Dan Semimikro*, PT. Kalman Media Pusaka, Jakarta
- Soemirat, Juli, 2002, *Kesehatan Lingkungan*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta

Theodore, Louis and McGuinn, Young, 1990, *Pollution Prevention*, Van Nostrand
Reinhold, New York.

www.ipteknet.com

LAMPIRAN A

**DATA PEMERIKSAAN MODULUS
HALUS BUTIR SERTA BERAT JENIS
PASIR DAN LIMBAH PADAT**



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 PASIR

Jenis benda uji : PADATAN Di periksa oleh :
 Nama benda uji : Limbah Padat 1. _____
 Asal : PT. APAC Semarang 2. _____
 Keperluan : Penelitian
 Tanggal : _____

Sampel (700 gr)

No	Saringan Ø lubang mm	Berat tertinggal gram		Berat tertinggal %		Berat kumulatif (%)	
		I	II	I	II	I	II
1	4.75	0	0	0	0	0	0
2	2.36	0.5	0.5	0.072	0.072	0.072	0.072
3	1.18	4.0	4.3	5.735	6.156	5.807	6.228
4	0.600	5.97	5.41	7.556	77.452	81.363	83.68
5	0.300	1.5	1.01	16.487	14.460	97.85	98.14
6	0.150	1.4	1.2	2.007	1.718	99.857	99.858
7	Pan	1	1	0.143	0.143	—	—
Jumlah						284,949	287,978

Jumlah rata - rata 286,4635

286,4635

MODULUS HALUS BUTIR = $\frac{286,4635}{100} \times 100\% = 286,4635$

Yogyakarta, _____

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII,

LABORATORIUM dehur
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK UII



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

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

DATA PEMERIKSAAN
 MODULUS HALUS BUTIR PASIR

Jenis benda uji : Pondasi Di periksa oleh :
 Nama benda uji : Pasir 1. _____
 Asal : Cangkringan Yk 2. _____
 Keperluan : Penelitian
 Tanggal : _____

Sampel (900 gr)

No	Saringan Ø lubang mm	Berat tertinggal gram		Berat tertinggal %		Berat kumulatif (Q_u)	
		I	II	I	II	I	II
1	40	0	0	0	0	0	0
2	20	0	0	0	0	0	0
3	10	0	0	0	0	0	0
4	4.75	8	6	0,888	0,691	0,888	0,691
5	2.36	43	43	4,778	4,954	5,666	5,645
6	1.18	119	139	13,222	16,014	18,888	21,659
7	0.600	220	218	24,444	25,115	43,332	46,774
8	0.300	201	186	22,333	21,429	65,665	68,203
9	0.150	187	151	20,778	17,396	86,443	85,599
10	Pan	122	125	13,556	14,401	-----	-----
Jumlah						220,882	228,571

Jumlah rata - rata 224,7265

224,7265

MODULUS HALUS BUTIR = $\frac{224,7265}{100} \times 100\% = 2,247$

LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK UII
 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 JENIS AGREGAT HALUS

Jenis benda uji : Padatan Di periksa oleh :
 Nama benda uji : Pasir 1. _____
 Asal : Cangkringan Yu 2. _____
 Keperluan : Pere lifan
 Tanggal : _____

ALAT - ALAT

1. Gelas ukur kap 1000 ml
2. Timbangan ketelitian 0.01 gram
3. Piring, Sendok, Lap, dan lain-lain

Berat wadah : 134 gr

	BENDA UJI I		BENDA UJI II	
Berat agregat (W)	... 400 ...	Gram	... 400 ...	Gram
Volume air (V ₁)	... 500 ...	Cc	... 500 ...	Cc
Volume air + Agregat (V ₂)	... 650 ...	Cc	... 660 ...	Cc
Berat jenis (BJ)	$\frac{400}{650 - 500} = 2,667$		$\frac{400}{660 - 500} = 2,5$	
Berat jenis rata - rata	$\frac{2,667 + 2,5}{2} = 2,584 \text{ t/m}^3$ $= 2,584 \text{ t/m}^3$			

Catatan :

LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Handwritten signature

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 JENIS AGREGAT HALUS

Jenis benda uji : Padat Di periksa oleh :
 Nama benda uji : Lim bah padat 1. _____
 Asal : PT-APAC Semarang 2. _____
 Keperluan : Perelitian
 Tanggal : _____

ALAT - ALAT

1. Gelas ukur kap 1000 ml
2. Timbangan ketelitian 0.01 gram
3. Piring, Sendok, Lap, dan lain-lain

Berat wadah 232 gr

	BENDA UJI I		BENDA UJI II	
	Berat agregat (W)	...400..	Gram	...400
Volume air (V ₁)	...500..	Cc	...500	Cc
Volume air + Agregat (V ₂)	...680..	Cc	...670	Cc
Berat jenis (BJ) $\frac{W}{V_2 - V_1}$	$B_j = \frac{400}{680 - 500} = 2,222$		$B_j = \frac{400}{670 - 500} = 2,353$	
Berat jenis rata - rata	$\frac{2,222 + 2,353}{2} = 2,29195 \text{ /ml}$ $= 2,2919 \text{ /m}^3$			

Catatan :

LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 Yogyakarta, FAKULTAS TEKNIK UIN
 Mengetahui
 Laboratorium BKT FTSP UIN,

Langkah-langkah Untuk Mendapatkan Nilai Berat Jenis Dan Modulus Halus Butir

❖ Berat Jenis Agregat Halus (Pasir) dan Limbah Padat Industri Tekstil

Berat jenis agregat adalah rasio antara massa padat agregat dengan massa air pada volume yang sama dan bersuhu sama. Pasir dan limbah dalam penelitian ini dikeringkan dengan oven selama 24 jam dengan suhu 105°C .

Pada pelaksanaan uji berat jenis pasir dan limbah dilaksanakan dengan urutan langkah sebagai berikut :

1. Menyiapkan pasir/limbah padat dan timbangan dengan ketelitian 0,1 gr.
2. Timbang pasir/limbah padat dengan berat = A gram (diambil 400 gr)
3. Gelas ukur diisi air sebesar = B ml (diambil 500 ml/cc)
4. Gelas ukur diisi air dan pasir/limbah padat sebesar = C ml (catat kenaikan air)
5. Dihitung volume pasir/limbah padat = $C - B = D$ ml
6. Dihitung berat jenis pasir/limbah padat = A/D

❖ Modulus Halus Butir Pasir dan Limbah Padat Industri Tekstil

1. Ambil contoh dalam kondisi kering (tidak menggumpal) dengan cara di oven selama 24 jam dengan suhu $\pm 100-105^{\circ}\text{C}$
2. Timbang contoh secukupnya untuk mengetahui berat total dan di catat
3. Siapkan saringan yang sudah dibersihkan dan disusun dari atas ke bawah dari lubang saringan yang besar sampai terkecil / pan paling bawah
4. Masukkan contoh tadi kedalam saringan tersusun dan ditutup serta di set ke mesin penggetar
5. Hidupkan mesin selama ± 15 menit
6. Timbang contoh di masing-masing saringan dan di catat
7. Hitung berat tertinggal / yang lolos dalam prosen dan kumulatifnya

LAMPIRAN B

DATA PERHITUNGAN HASIL UJI KUAT TEKAN/DESAK

HASIL UJI KUAT TEKAN/DESAK

Perc. 1	Berat (kg)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Luas Penampang (cm ²)	Beban Max (KN)	Kuat Desak Max (KN/cm ²)	Kuat Desak Max (Kg/cm ²)	Sd (Kg/cm ²)
1	2,595	20,17	10,3	6,1	207,751	480	2.310458'93	231,0458193	
2	2,592	20,2	10,3	6,1	208,06	550	2.64346823	264,346823	
3	2,618	20,3	10,4	6,1	21', 12	515	2.439370974	243,9370974	
4	2,581	20,1	10,2	6	205,02	350	1.707150522	170,7150522	
5	2,619	20,15	10,29	6,1	207,3435	430	2.073853292	207,3853292	
6	2,658	20,6	10,49	5,9	216,094	540	2.49891251	249,891251	
7	2,667	20,31	10,5	6	213,255	520	2.438395348	243,8395348	
8	2,689	20,3	10,38	6,1	210,714	540	2.562715339	256,2715339	
9	2,646	20,15	10,3	6,1	207,545	555	2.674118866	267,4118866	
10	2,665	20,07	10,48	6,06	210,3336	440	2.091914939	209,1914939	
11	2,572	20,28	10,25	6,08	207,87	420	2.020493578	202,0493578	
12	2,564	20,35	10,4	6,05	21', 64	400	1.89000189	189,000189	15,349
13	2,608	20,15	10,2	6,1	205,53	520	2.530044276	253,0044276	
14	2,611	20,2	10,32	6,1	208,464	550	2.63834523	263,834523	
15	2,67	20,21	10,33	6,1	208,7693	570	2.730236493	273,0286493	
16	2,68	20,2	10,3	6,1	208,06	625	3.003941'71	300,3941171	
17	2,579	20,225	10,2	6,1	206,295	397	1.92442861	192,442861	
18	2,565	20,1	10,2	6,1	205,02	490	2.390010731	239,0010731	
19	2,64	20,3	10,4	6,05	21', 12	565	2.676203'07	267,6203107	
20	2,575	20,375	10,46	6	213,1225	400	1.87665486	187,665486	
rata-rata	2,6197	20,237	10,335	6,037	209,156345	492,85	2.356048408	235,6048408	
Total								4712,096816	

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK UIN

Perc. 2	Berat (kg)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Luas Penampang (cm ²)	Beban Max (KN)	Kuat Desak Max (KN/cm ²)	Kuat Desak Max (Kg/cm ²)	Sd (Kg/cm ²)
1	2,629	20,25	10,35	6,15	209,5875	430	2,051649073	205,1649073	
2	2,419	20,19	10,3	6,1	207,957	420	2,019648293	201,9648293	
3	2,413	20,165	10,3	6,075	207,6995	410	1,974005715	197,4005715	
4	2,585	20,35	10,5	6,05	213,675	380	1,778401778	177,8401778	
5	2,46	20,2	10,275	6,1	207,555	385	1,854930019	185,4930019	
6	2,518	20,175	10,275	6,1	207,298125	410	1,977827826	197,7827826	
7	2,428	20,2	10,3	6,1	208,06	380	1,826396232	182,6396232	
8	2,458	20,2	10,3	6,075	208,06	410	1,970585408	197,0585408	
9	2,479	20,2	10,3	6,1	208,06	400	1,922522349	192,2522349	
10	2,397	20,175	10,3	6,1	207,8025	405	1,948965965	194,8965965	
11	2,418	20,2	10,3	6,1	208,06	370	1,778333173	177,8333173	
12	2,482	20,175	10,275	6,05	207,298125	385	1,857228569	185,7228569	
13	2,418	20,2	10,275	6,1	207,555	380	1,830840018	183,0840018	
14	2,437	20,18	10,3	6,1	207,854	365	1,756040298	175,6040298	
15	2,463	20,2	10,275	6,1	207,555	380	1,830840018	183,0840018	
16	2,44	20,2	10,3	6,1	208,06	380	1,826396232	182,6396232	
17	2,469	20,2	10,3	6,1	208,06	395	1,89849082	189,849082	
18	2,561	20,45	10,6	5,95	216,77	330	1,522350879	152,2350879	
19	2,422	20,2	10,3	6,1	208,06	380	1,826396232	182,6396232	
20	2,415	20,2	10,3	6,05	208,06	415	1,994616937	199,4616937	
rata-rata									
rata-rata	2,46655	20,2155	10,32125	6,085	208,6543375	390,5	1,872323292	187,2323292	
Total								3744,646583	13,683

Perc. 3	Berat (kg)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Luas Penampang (cm ²)	Beban Max (KN)	Kuat Desak Max (KN/cm ²)	Kuat Desak Max (Kg/cm ²)	Sd (Kg/cm ²)
1	2,345	20,2	10,3	6,075	208,06	268	1,288039974	128,8089974	
2	2,246	20,248	10,25	6,075	207,542	172	0,828747916	82,87479161	
3	2,35	20,2	10,3	6,15	208,06	230	1,105450351	110,5450351	
4	2,24	20,2	10,2	6,15	206,04	170	0,825082508	82,50825083	
5	2,344	20,2	10,33	6,075	208,665	263	1,260387413	126,0387413	
6	2,432	20,4	10,35	6	211,14	272	1,288244767	128,8244767	
7	2,355	20,5	10,5	6	215,25	245	1,138211382	113,8211382	
8	2,237	20,2	10,275	6	207,555	172	0,828696008	82,86960083	
9	2,226	20,2	10,35	6,1	209,07	215	1,028363706	102,8363706	
10	2,266	20,2	10,325	6,075	208,565	230	1,102773716	110,2773716	
11	2,395	20,275	10,35	6,025	209,84625	310	1,47727205	147,727205	
12	2,191	20,3	10,25	6,1	208,075	167	0,802595218	80,25952181	10,587
13	2,267	20,2	10,3	6,1	208,06	240	1,15351341	115,351341	
14	2,177	20,3	10,2	6,13	207,06	195	0,941756013	94,17560127	
15	2,397	20,225	10,5	6	212,3625	255	1,200776973	120,0776973	
16	2,4	20,33	10,45	6,05	212,4485	313	1,473298235	147,3298235	
17	2,278	20,2	10,3	6,075	208,06	265	1,273671056	127,3671056	
18	2,273	20,3	10,3	6,1	209,09	261	1,248266297	124,8266297	
19	2,262	20,225	10,2	6,15	206,295	190	0,921011173	92,10111733	
20	2,354	20,28	10,35	6,1	209,893	258	1,229168453	122,9168453	
rata-rata	2,30175	20,25915	10,319	6,0765	209,0571625	234,55	1,120768831	112,0768831	
Total								2241,537662	

Perc. 4	Berat (kg)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Luas Penampang (cm ²)	Beban Max (KN)	Kuat Desak Max (KIV/cm ²)	Kuat Desak Max (Kg/cm ²)	Sd (Kg/cm ²)
1	2,236	20,245	10,4	6	210,548	167	0,793168304	79,31683037	
2	2,157	20,245	10,4	6,1	210,548	150	0,71242662	71,24266201	
3	2,162	20,2	10,35	6,1	209,07	165	0,789209356	78,92093557	
4	2,147	20,225	10,3	6,075	208,3175	148	0,710453995	71,04539945	
5	2,147	20,245	10,375	6,075	210,041875	163	0,776035731	77,6035731	
6	2,167	20,3	10,425	6,15	211,6275	146	0,689891437	68,98914366	
7	2,046	20,2	10,3	6	208,06	147	0,706526963	70,65269634	
8	2,029	20,25	10,4	6,1	210,6	145	0,688509022	68,85090218	
9	2,039	20,2	10,3	6,02	208,06	170	0,817071998	81,70719985	
10	2,092	20,275	10,4	6,15	210,86	175	0,829934554	82,99345537	
11	2,08	20,225	10,4	6,05	210,34	171	0,812969478	81,2969478	
12	2,061	20,22	10,4	6,125	210,288	160	0,760861295	76,0861295	
13	2,127	20,3	10,36	6,1	210,308	158	0,751279076	75,12790764	
14	2,05	20,2	10,32	6,1	208,464	155	0,743533656	74,35336557	
15	2,206	20,275	10,4	6,08	210,86	165	0,782509722	78,25097221	
16	2,121	20,26	10,375	6,05	210,1975	155	0,737401729	73,74017293	
17	2,076	20,275	10,4	6,05	210,86	185	0,877359385	87,73593854	
18	2,116	20,2	10,375	6,125	209,575	180	0,858881069	85,88810688	
19	2,186	20,25	10,37	6,02	209,9925	168	0,800028572	80,00285724	
20	2,06	20,275	10,4	6,05	210,86	155	0,73508489	73,50848904	
rata-rata	2,11525	20,24325	10,3725	6,076	209,9738938	161,4	0,768656843	76,86568426	
Total								1537,313685	8,767

LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK UJI

Perc. 5	Berat (kg)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Luas Penampang (cm ²)	Beban Max (KN)	Kuat Desak Max (KN/cm ²)	Kuat Desak Max (Kg/cm ²)	Sd (Kg/cm ²)
1	1,852	20,3	10,32	6	209,496	77	0,367548784	36,75487837	
2	1,808	20,35	10,325	6	210,11375	75	0,356949509	35,69495095	
3	1,833	20,475	10,4	6,02	212,94	67	0,314642622	31,46426223	
4	1,904	20,225	10,3	6,01	208,3175	90	0,432032834	43,20328345	
5	1,816	20,275	10,3	6,025	208,8325	78	0,373505082	37,35050818	
6	1,801	20,3	10,3	6,05	209,09	76	0,363479841	36,34798412	
7	1,87	20,4	10,25	6	209,1	105	0,50215208	50,21520803	
8	1,845	20,3	10,25	6	208,075	80	0,384476751	38,44767512	
9	1,804	20,3	10,35	6,2	210,105	70	0,33316675	33,316675	
10	1,904	20,275	10,4	6,1	210,86	73	0,346201271	34,6201271	
11	1,949	20,26	10,42	6,1	211,1092	84	0,397898339	39,78983389	
12	1,767	20,26	10,25	5,9	207,665	80	0,385235837	38,52358366	
13	1,813	20,3	10,3	6	209,09	72	0,344349323	34,43493233	
14	1,95	20,25	10,4	6,1	210,6	95	0,451092118	45,10921178	
15	1,939	20,3	10,375	6,15	210,6125	100	0,474805626	47,48056264	
16	1,784	20,25	10,3	6,1	208,575	75	0,359582884	35,95828839	
17	1,811	20,35	10,33	6,1	210,2155	60	0,285421389	28,5421389	
18	1,816	20,325	10,3	6,08	209,3475	76	0,363032757	36,30327565	
19	1,831	20,375	10,325	6,15	210,371875	77	0,366018509	36,60185089	
20	1,857	20,325	10,25	6	208,33125	85	0,40800408	40,800408	
rata-rata	1,8477	20,30975	10,32225	6,05425	209,6423788	79,75	0,380479819	38,04798193	
Total								760,9596387	6,168

LAMPIRAN C

**DATA PERHITUNGAN HASIL ANALISA
DAYA SERAP AIR**

ANALISA DAYA SERAP AIR

Perc. 1	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Daya serap air	%
1	2736	2496	0,096153846	9,615385
2	2718	2489	0,092004821	9,200482
3	2729	2523	0,081648831	8,164883
4	2710	2478	0,09362389	9,362389
5	2729	2490	0,095983936	9,598394
6	2697	2507	0,075787794	7,578779
7	2748	2627	0,046060145	4,606014
8	2749	2640	0,041287879	4,128788
9	2686	2557	0,050449746	5,044975
10	2698	2512	0,074044586	7,404459
rata-rata	2720	2532	0,074704547	7,470455

Perc. 2	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Daya serap air	%
1	2554	2340	0,091452991	9,145299
2	2597	2459	0,056120374	5,612037
3	2578	1454	0,77303989	77,30399
4	2546	2400	0,060833333	6,083333
5	2589	2419	0,070276974	7,027697
6	2565	2315	0,107991361	10,79914
7	2602	2410	0,07966805	7,966805
8	2515	2293	0,096816398	9,68164
9	2542	2333	0,089584226	8,958423
10	2563	2333	0,098585512	9,858551
rata-rata	2565	2376	0,152436911	15,24369

Perc. 3	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Daya serap air	%
1	2355	1950	0,207692308	20,76923
2	2343	1964	0,192973523	19,29735
3	2433	2077	0,171401059	17,14011
4	2437	2101	0,159923846	15,99238
5	2474	2087	0,185433637	18,54336
6	2325	2017	0,152702033	15,2702
7	2453	2223	0,103463788	10,34638

8	2387	2158	0,106116775	10,61168
9	2405	2195	0,095671982	9,567198
10	2364	2031	0,163958641	16,39586
rata-rata	2398	2080	0,153933759	15,39338

Perc.4	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Daya serap air	%
1	2229	1910	0,167015707	16,70157
2	2244	1976	0,13562753	13,56275
3	2230	2008	0,110557769	11,05578
4	2238	2002	0,117882118	11,78821
5	2362	2021	0,168728352	16,87284
6	2233	1834	0,217557252	21,75573
7	2214	1868	0,185224839	18,52248
8	2266	1977	0,146181082	14,61811
9	2199	1856	0,184806034	18,4806
10	2273	1825	0,245479452	24,54795
rata-rata	2249	1928	0,167906014	16,7906

Perc.5	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Daya serap air	%
1	2012	1510	0,332450331	33,24503
2	2032	1583	0,283638661	28,36387
3	2041	1593	0,281230383	28,12304
4	2050	1600	0,28125	28,125
5	2179	1652	0,319007264	31,90073
6	1976	1494	0,322623829	32,26238
7	1976	1539	0,283950617	28,39506
8	2083	1631	0,277130595	27,71306
9	2240	1854	0,20819849	20,81985
10	2065	1543	0,338302009	33,8302
rata-rata	2065	1599	0,292778218	29,27782

LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK *Senes*
 FAKULTAS TEKNIK III

LAMPIRAN D

DATA HASIL ANALISA KONSENTRASI LINDI

Method Name: Cu Flame
Method Description: Cu Flame

Element: Cu

Date: 05/09/2005

Technique: Flame
Wavelength: 324.8 nm
Sample Current: 8

Calibration Equation: Zero Intercept: Linear
Slit Width: 0.70 nm
Energy: 71
Results Data Set: Agus Cu

Sample Info File: AGUS.SIF

No	Sample ID	Seq No.	El	Mean Sig (Absorbance)	SD Calib	Mean Samp Conc	Std Dev	Samp Units
1	Calib Blank	2	Cu	-0,000252	0,000257			mg/L
2	std 1	10	Cu	0,026039	0,000133			mg/L
3	std 2	4	Cu	0,089199	0,001153			mg/L
4	std 3	5	Cu	0,133088	0,000214			mg/L
5	std 4	6	Cu	0,176474	0,001756			mg/L
6	std 5	7	Cu	0,223997	0,000671			mg/L
7	IA	23	Cu	0,062988		0,421407	0,015581	mg/L
8	IB	24	Cu	0,058859		0,328236	0,014489	mg/L
9	IC	25	Cu	0,058971		0,330751	0,013270	mg/L
10	IIA	20	Cu	0,065853		0,486053	0,016013	mg/L
11	IIIB	21	Cu	0,077495		0,748762	0,014572	mg/L
12	IIC	22	Cu	0,070836		0,598492	0,016204	mg/L
13	IIIA	11	Cu	0,122075		0,754774	0,048575	mg/L
14	IIIB	12	Cu	0,128304		0,895335	0,016881	mg/L
15	IIIC	13	Cu	0,153065		0,454108	0,014579	mg/L
16	IVA	14	Cu	0,106746		1,408855	0,012830	mg/L
17	IVB	15	Cu	0,125865		1,840298	0,003933	mg/L
18	IVC	16	Cu	0,112578		1,540462	0,016138	mg/L
19	VA	17	Cu	0,096054		1,167577	0,005196	mg/L
20	VB	18	Cu	0,084073		0,897221	0,006094	mg/L
21	VC	19	Cu	0,089279		1,014691	0,010896	mg/L

Seq. No.	AS Loc:	Date:		
1		5/ 9/05		
Sample ID: Calib Blank				
Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal	Time
Cu			0.2869	13:23:07
			0.2873	13:23:09
			0.2879	13:23:12
Auto-zero performed.				
Mean:			0.2875	
SD:			0.00051	
%RSD:			0.18	

Seq. No.	AS Loc:	Date:		
2		5/ 9/05		
Sample ID: Carib Blank				
Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal	Time
Cu			-0.0001	13:23:15
			-0.0005	13:23:18
			-0.0001	13:23:21
Auto-zero performed.				
Mean:			-0.0003	
SD:			0.00026	
%RSD:			101.87	

Seq. No.	AS Loc:	Date:		
3		5/ 9/05		
Sample ID: std 1				
Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal	Time
Cu			0.0220	13:23:32
			0.0232	13:23:34
			0.0244	13:23:37
Standard number 1 applied. [1]				
Correlation Coefficient: 1.0000		Slope: 0.0232		
Mean:			0.0232	
SD:			0.00120	
%RSD:			5.16	

Seq. No.	AS Loc:	Date:		
4		5/ 9/05		
Sample ID: std 2				
Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal	Time
Cu			0.0905	13:23:44
			0.0888	13:23:47
			0.0883	13:23:50
Standard number 2 applied. [2]				
Correlation Coefficient: 0.7545		Slope: 0.0421		
Mean:			0.0892	
SD:			0.00115	
%RSD:			1.29	

Seq. No.	AS Loc:	Date:		
5		5/ 9/05		
Sample ID: std 3				
Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal	Time
Cu			0.1328	13:23:59
			0.1332	13:24:01
			0.1332	13:24:04
Standard number 3 applied. [3]				
Correlation Coefficient: 0.9425		Slope: 0.0436		
Mean:			0.1331	
SD:			0.00021	
%RSD:			0.16	

Seq. No.	AS Loc:	Date:		
6		5/ 9/05		
Sample ID: std 4				
Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal	Time
Cu			0.1781	13:24:13
			0.1760	13:24:16
			0.1750	13:24:18
Standard number 4 applied. [4]				
Correlation Coefficient: 0.9773		Slope: 0.0439		
Mean:			0.1765	
SD:			0.00176	
%RSD:			1.00	

Seq. No.	AS Loc:	Date:		
7		5/ 9/05		
Sample ID: std 5				
Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal	Time
Cu			0.2235	13:24:35
			0.2237	13:24:38
			0.2248	13:24:41
The calibration curve may not be linear.				
Standard number 5 applied. [5]				
Correlation Coefficient: 0.9884		Slope: 0.0443		
Mean:			0.2240	
SD:			0.00067	
%RSD:			0.30	

Seq. No.	AS Loc:	Date:		
8		5/ 9/05		
Sample ID: std 1				
Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal	Time
Cu			0.0227	13:24:49
			0.0231	13:24:52
			0.0243	13:24:55
Standard number 1 applied. [1]				
Correlation Coefficient: 0.9886		Slope: 0.0443		
Mean:			0.0234	
SD:			0.00086	
%RSD:			3.66	

Seq. No.	AS Loc:	Date:		
9		5/ 9/05		
Sample ID: std 1				
Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal	Time
Cu			0.0254	13:25:02
			0.0250	13:25:05
			0.0257	13:25:07
Standard number 1 applied. [1]				
Correlation Coefficient: 0.9907		Slope: 0.0443		
Mean:			0.0254	
SD:			0.00034	
%RSD:			1.34	

Seq. No.	AS Loc:	Date:		
10		5/ 9/05		
Sample ID: std 1				
Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal	Time
Cu			0.0261	13:25:14
			0.0261	13:25:17
			0.0259	13:25:19
Standard number 1 applied. [1]				
Correlation Coefficient: 0.9913		Slope: 0.0443		
Mean:			0.0260	
SD:			0.00013	
%RSD:			0.51	

Seq. No.	AS Loc:	Date:		
11		5/9/05		
Sample ID: IIIA				
Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Cu	0.792 mg/L	2.792 mg/L	0.1237	13:25:34
	0.773 mg/L	2.773 mg/L	0.1229	13:25:37
	0.700 mg/L	2.700 mg/L	0.1196	13:25:40
Mean:	0.755mg/L	2.755mg/L	0.1221	
SD:	0.049mg/L	0.049mg/L	0.00215	
%RSD:	1.76		1.76	
12		5/9/05		
Sample ID: IIIB				
Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Cu	0.910 mg/L	2.910 mg/L	0.1289	13:25:48
	0.899 mg/L	2.899 mg/L	0.1285	13:25:51
	0.877 mg/L	2.877 mg/L	0.1275	13:25:53
Mean:	0.895mg/L	2.895mg/L	0.1283	
SD:	0.017mg/L	0.017mg/L	0.00075	
%RSD:	0.58		0.58	
13		5/9/05		
Sample ID: IIIC				
Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Cu	0.439 mg/L	3.439 mg/L	0.1524	13:26:02
	0.455 mg/L	3.455 mg/L	0.1531	13:26:05
	0.468 mg/L	3.468 mg/L	0.1537	13:26:08
Mean:	0.454mg/L	3.454mg/L	0.1531	
SD:	0.015mg/L	0.015mg/L	0.00065	
%RSD:	0.42		0.42	
14		5/9/05		
Sample ID: IVA				
Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Cu	1.400 mg/L	2.400 mg/L	0.1064	13:26:19
	1.403 mg/L	2.403 mg/L	0.1065	13:26:21
	1.424 mg/L	2.424 mg/L	0.1074	13:26:24
Mean:	1.409mg/L	2.409mg/L	0.1067	
SD:	0.013mg/L	0.013mg/L	0.00057	
%RSD:	0.53		0.53	
15		5/9/05		
Sample ID: IVB				
Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Cu	1.844 mg/L	2.844 mg/L	0.1260	13:26:35
	1.837 mg/L	2.837 mg/L	0.1257	13:26:37
	1.840 mg/L	2.840 mg/L	0.1259	13:26:40
Mean:	1.840mg/L	2.840mg/L	0.1259	
SD:	0.004mg/L	0.004mg/L	0.00017	
%RSD:	0.14		0.14	
15		5/9/05		
Sample ID: IVC				
Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Cu	1.558 mg/L	2.558 mg/L	0.1134	13:26:48
	1.526 mg/L	2.526 mg/L	0.1120	13:26:51
	1.537 mg/L	2.537 mg/L	0.1124	13:26:53
Mean:	1.540mg/L	2.540mg/L	0.1126	
SD:	0.016mg/L	0.016mg/L	0.00072	
%RSD:	0.64		0.64	

Seq. No.	AS Loc:	Date:		
17		5/ 9/05		
Sample ID: VA				
Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Cu	1.165 mg/L	2.165 mg/L	0.0960	13:27:03
	1.164 mg/L	2.164 mg/L	0.0959	13:27:06
	1.174 mg/L	2.174 mg/L	0.0963	13:27:09
Mean:	1.168mg/L	2.168mg/L	0.0961	
SD:	0.005mg/L	0.005mg/L	0.00023	
%RSD:	0.24		0.24	

Seq. No.	AS Loc:	Date:		
18		5/ 9/05		
Sample ID: VB				
Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Cu	0.902 mg/L	1.902 mg/L	0.0843	13:27:17
	0.899 mg/L	1.899 mg/L	0.0841	13:27:21
	0.891 mg/L	1.891 mg/L	0.0838	13:27:23
Mean:	0.897mg/L	1.897mg/L	0.0841	
SD:	0.006mg/L	0.006mg/L	0.00027	
%RSD:	0.32		0.32	

Seq. No.	AS Loc:	Date:		
19		5/ 9/05		
Sample ID: VC				
Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Cu	1.009 mg/L	2.009 mg/L	0.0890	13:27:32
	1.008 mg/L	2.008 mg/L	0.0890	13:27:34
	1.027 mg/L	2.027 mg/L	0.0898	13:27:37
Mean:	1.015mg/L	2.015mg/L	0.0893	
SD:	0.011mg/L	0.011mg/L	0.00048	
%RSD:	0.54		0.54	

Seq. No.	AS Loc:	Date:		
20		5/ 9/05		
Sample ID: IIA				
Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Cu	0.503 mg/L	1.503 mg/L	0.0666	13:27:44
	0.484 mg/L	1.484 mg/L	0.0658	13:27:47
	0.471 mg/L	1.471 mg/L	0.0652	13:27:50
Mean:	0.486mg/L	1.486mg/L	0.0659	
SD:	0.016mg/L	0.016mg/L	0.00071	
%RSD:	1.08		1.08	

Seq. No.	AS Loc:	Date:		
21		5/ 9/05		
Sample ID: IIB				
Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Cu	0.748 mg/L	1.748 mg/L	0.0775	13:27:59
	0.764 mg/L	1.764 mg/L	0.0782	13:28:02
	0.734 mg/L	1.734 mg/L	0.0769	13:28:04
Mean:	0.749mg/L	1.749mg/L	0.0775	
SD:	0.015mg/L	0.015mg/L	0.00065	
%RSD:	0.83		0.83	

Seq. No.	AS Loc:	Date:		
22		5/ 9/05		
Sample ID: IIC				
Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Cu	0.581 mg/L	1.581 mg/L	0.0701	13:28:14
	0.602 mg/L	1.602 mg/L	0.0710	13:28:16
	0.613 mg/L	1.613 mg/L	0.0715	13:28:19
Mean:	0.598mg/L	1.598mg/L	0.0708	
SD:	0.016mg/L	0.016mg/L	0.00072	
%RSD:	1.01		1.01	

Seq. No.	23	AS Loc:		Date:	5/9/05
Sample ID:	IA				
Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time	
Cu	0.411 mg/L	1.411 mg/L	0.0625	13:28:29	
	0.414 mg/L	1.414 mg/L	0.0627	13:28:32	
	0.439 mg/L	1.439 mg/L	0.0638	13:28:34	
Mean:	0.421mg/L	1.421mg/L	0.0630		
SD:	0.016mg/L	0.016mg/L	0.00069		
%RSD:	1.10		1.10		

Seq. No.	24	AS Loc:		Date:	5/9/05
Sample ID:	IB				
Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time	
Cu	0.312 mg/L	1.312 mg/L	0.0581	13:28:49	
	0.340 mg/L	1.340 mg/L	0.0594	13:28:52	
	0.333 mg/L	1.333 mg/L	0.0591	13:28:54	
Mean:	0.328mg/L	1.328mg/L	0.0589		
SD:	0.014mg/L	0.014mg/L	0.00064		
%RSD:	1.09		1.09		

Seq. No.	25	AS Loc:		Date:	5/9/05
Sample ID:	IC				
Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time	
Cu	0.346 mg/L	1.346 mg/L	0.0596	13:29:05	
	0.320 mg/L	1.320 mg/L	0.0585	13:29:07	
	0.326 mg/L	1.326 mg/L	0.0588	13:29:10	
Mean:	0.331mg/L	1.331mg/L	0.0590		
SD:	0.013mg/L	0.013mg/L	0.00059		
%RSD:	1.00		1.00		

Method Name: Cr Flame Element: Cr
Method Description: Analisa Cr

Date: 05/09/2005

Technique: Flame

Wavelength: 357.9 nm

Sample Current: 10

Sample Info File: AGUS.SIF

Calibration Equation: Zero Intercept: Linear

Slit Width: 0.70 nm

Energy: 69

Results Data Set: Agus Cr

No	Sample ID	Seq No.	El	Mean Sig (Absorbance)	SD Calib	Mean Samp Conc	Std Dev	Samp Units
1	Calib Blank	16	Zn	-0,000807	0,000124			mg/L
2	std 1	17	Zn	0,103861	0,002367			mg/L
3	std 2	18	Zn	0,156267	0,001168			mg/L
4	std 3	19	Zn	0,202245	0,003379			mg/L
7	std 4	22	Zn	0,248555	0,001366			mg/L
6	std 5	21	Zn	0,307671	0,005026			mg/L
8	IA	32	Zn	0,087502		0,860590	0,034879	mg/L
9	IB	33	Zn	0,095060		0,934919	0,005542	mg/L
10	IC	34	Zn	0,090614		0,891199	0,001336	mg/L
11	IIA	29	Zn	0,133275		1,310772	0,005895	mg/L
12	IIB	30	Zn	0,094317		0,927618	0,007521	mg/L
13	IIC	31	Zn	0,098248		0,966273	0,023952	mg/L
14	IIIA	35	Zn	0,192445		1,892707	0,007708	mg/L
15	IIIB	36	Zn	0,078284		0,769927	0,004558	mg/L
16	IIIC	37	Zn	0,095729		0,941497	0,013729	mg/L
17	IVA	23	Zn	0,114388		1,125016	0,029207	mg/L
18	IVB	24	Zn	0,106452		1,046960	0,031637	mg/L
19	IVC	25	Zn	0,155602		1,530360	0,021611	mg/L
20	VA	26	Zn	0,117989		1,160427	0,010322	mg/L
21	VB	27	Zn	0,123544		1,215066	0,001921	mg/L
22	VC	28	Zn	0,131077		1,289154	0,008633	mg/L

Seq. No.	1	AS Loc:		Date:	5/9/05
Sample ID:	Calib Blank				
Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time	
Cr			0.0280	13:38:54	
			0.0271	13:38:57	
			0.0262	13:39:00	
Auto-zero performed.					
Mean:			0.0271		
SD:			0.00089		
%RSD:			3.27		
Seq. No.	2	AS Loc:		Date:	5/9/05
Sample ID:	Calib Blank				
Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time	
Cr			-0.0010	13:39:04	
			-0.0767	13:39:06	
			0.0011	13:39:09	
Auto-zero performed.					
Mean:			-0.0255		
SD:			0.04434		
%RSD:			173.68		
Seq. No.	3	AS Loc:		Date:	5/9/05
Sample ID:	Calib Blank				
Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time	
Cr			0.0254	13:39:20	
			0.0260	13:39:22	
			0.0257	13:39:25	
Auto-zero performed.					
Mean:			0.0257		
SD:			0.00029		
%RSD:			1.12		
Seq. No.	4	AS Loc:		Date:	5/9/05
Sample ID:	Calib Blank				
Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time	
Cr			0.0011	13:41:30	
			0.0016	13:41:33	
			0.0012	13:41:35	
Auto-zero performed.					
Mean:			0.0013		
SD:			0.00024		
%RSD:			19.13		
Seq. No.	5	AS Loc:		Date:	5/9/05
Sample ID:	std1				
Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time	
Cr			0.0262	13:41:45	
			0.0265	13:41:48	
			0.0241	13:41:50	
Standard number 1 applied. [1]					
Correlation Coefficient: 1.0000		Slope: 0.0256			
Mean:			0.0256		
SD:			0.00131		
%RSD:			5.11		
Seq. No.	6	AS Loc:		Date:	5/9/05
Sample ID:	std2				
Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time	
Cr			0.0447	13:41:58	

Cr 0.0415 13:42:01
0.0396 13:42:04

Standard number 2 applied. [2]

Correlation Coefficient: 0.9640 Slope: 0.0221

Mean: 0.0419
SD: 0.00261
%RSD: 6.23

Seq. No. 7 AS Loc: Date: 5/ 9/05

Sample ID: std3

Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Cr			0.0565	13:42:11
			0.0555	13:42:14
			0.0542	13:42:17

Standard number 3 applied. [3]

Correlation Coefficient: 0.9641 Slope: 0.0199

Mean: 0.0554
SD: 0.00116
%RSD: 2.10

Seq. No. 8 AS Loc: Date: 5/ 9/05

Sample ID: std4

Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Cr			0.0737	13:42:26
			0.0726	13:42:28
			0.0728	13:42:32

Standard number 4 applied. [4]

Correlation Coefficient: 0.9802 Slope: 0.0190

Mean: 0.0730
SD: 0.00060
%RSD: 0.82

Seq. No. 9 AS Loc: Date: 5/ 9/05

Sample ID: std5

Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Cr			0.0886	13:42:42
			0.0895	13:42:45
			0.0890	13:42:47

The calibration curve may not be linear.

Standard number 5 applied. [5]

Correlation Coefficient: 0.9871 Slope: 0.0185

Mean: 0.0890
SD: 0.00046
%RSD: 0.51

Seq. No. 10 AS Loc: Date: 5/ 9/05

Sample ID: std1

Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Cr			0.0181	13:42:59
			0.0197	13:43:02
			0.0197	13:43:04

Standard number 1 applied. [1]

Correlation Coefficient: 0.9947 Slope: 0.0183

Mean: 0.0191
SD: 0.00088
%RSD: 4.62

Seq. No. 11 AS Loc: Date: 5/ 9/05

Sample ID: 1A

Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Cr	0.278 mg/L	0.278 mg/L	0.0051	13:43:18

Cr	0.215 mg/L	0.215 mg/L	0.0039	13:43:20
	0.233 mg/L	0.233 mg/L	0.0043	13:43:23
Mean:	0.242mg/L	0.242mg/L	0.0044	
SD:	0.033mg/L	0.033mg/L	0.00060	
%RSD:	13.44		13.44	

Seq. No.	12	AS Loc:		Date:	5/ 9/05
Sample ID:	IB				
Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time	
Cr	0.145 mg/L	0.145 mg/L	0.0027	13:43:33	
	0.158 mg/L	0.158 mg/L	0.0029	13:43:36	
	0.153 mg/L	0.153 mg/L	0.0028	13:43:39	
Mean:	0.152mg/L	0.152mg/L	0.0028		
SD:	0.007mg/L	0.007mg/L	0.00012		
%RSD:	4.37		4.37		

Seq. No.	13	AS Loc:		Date:	5/ 9/05
Sample ID:	IC				
Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time	
Cr	0.216 mg/L	0.216 mg/L	0.0040	13:43:49	
	0.206 mg/L	0.206 mg/L	0.0038	13:43:52	
	0.213 mg/L	0.213 mg/L	0.0039	13:43:54	
Mean:	0.212mg/L	0.212mg/L	0.0039		
SD:	0.005mg/L	0.005mg/L	0.00009		
%RSD:	2.30		2.30		

Seq. No.	14	AS Loc:		Date:	5/ 9/05
Sample ID:	IIA				
Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time	
Cr	0.205 mg/L	0.205 mg/L	0.0038	13:44:03	
	0.240 mg/L	0.240 mg/L	0.0044	13:44:05	
	0.218 mg/L	0.218 mg/L	0.0040	13:44:08	
Mean:	0.221mg/L	0.221mg/L	0.0041		
SD:	0.017mg/L	0.017mg/L	0.00032		
%RSD:	7.91		7.91		

Seq. No.	15	AS Loc:		Date:	5/ 9/05
Sample ID:	IIB				
Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time	
Cr	0.255 mg/L	0.255 mg/L	0.0047	13:44:17	
	0.279 mg/L	0.279 mg/L	0.0051	13:44:19	
	0.224 mg/L	0.224 mg/L	0.0041	13:44:22	
Mean:	0.253mg/L	0.253mg/L	0.0046		
SD:	0.028mg/L	0.028mg/L	0.00051		
%RSD:	10.92		10.92		

Seq. No.	16	AS Loc:		Date:	5/ 9/05
Sample ID:	IIC				
Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time	
Cr	0.270 mg/L	0.270 mg/L	0.0050	13:44:33	
	0.297 mg/L	0.297 mg/L	0.0055	13:44:36	
	0.318 mg/L	0.318 mg/L	0.0058	13:44:39	
Mean:	0.295mg/L	0.295mg/L	0.0054		
SD:	0.024mg/L	0.024mg/L	0.00044		
%RSD:	8.11		8.11		

Seq. No.	17	AS Loc:		Date:	5/ 9/05
Sample ID:	VA				
Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time	
Cr	0.534 mg/L	0.534 mg/L	0.0098	13:44:48	
	0.545 mg/L	0.545 mg/L	0.0100	13:44:51	

Cr	0.561 mg/L	0.561 mg/L	0.0103	13:44:53
Mean:	0.547mg/L	0.547mg/L	0.0100	
SD:	0.014mg/L	0.014mg/L	0.00025	
%RSD:	2.48		2.48	

Seq. No. 18 AS Loc: Date: 5/ 9/05

Sample ID: VB

Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Cr	0.465 mg/L	0.465 mg/L	0.0085	13:45:02
	0.435 mg/L	0.435 mg/L	0.0080	13:45:05
	0.424 mg/L	0.424 mg/L	0.0078	13:45:08
Mean:	0.441mg/L	0.441mg/L	0.0081	
SD:	0.022mg/L	0.022mg/L	0.00039	
%RSD:	4.87		4.87	

Seq. No. 19 AS Loc: Date: 5/ 9/05

Sample ID: VC

Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Cr	0.372 mg/L	0.372 mg/L	0.0068	13:45:17
	0.366 mg/L	0.366 mg/L	0.0067	13:45:20
	0.373 mg/L	0.373 mg/L	0.0068	13:45:22
Mean:	0.370mg/L	0.370mg/L	0.0068	
SD:	0.004mg/L	0.004mg/L	0.00007	
%RSD:	1.08		1.08	

Seq. No. 20 AS Loc: Date: 5/ 9/05

Sample ID: IIIA

Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Cr	0.389 mg/L	0.389 mg/L	0.0071	13:45:31
	0.422 mg/L	0.422 mg/L	0.0077	13:45:34
	0.422 mg/L	0.422 mg/L	0.0077	13:45:37
Mean:	0.411mg/L	0.411mg/L	0.0075	
SD:	0.019mg/L	0.019mg/L	0.00035	
%RSD:	4.69		4.69	

Seq. No. 21 AS Loc: Date: 5/ 9/05

Sample ID: IIIB

Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Cr	0.458 mg/L	0.458 mg/L	0.0084	13:45:48
	0.448 mg/L	0.448 mg/L	0.0082	13:45:50
	0.526 mg/L	0.526 mg/L	0.0096	13:45:53
Mean:	0.477mg/L	0.477mg/L	0.0088	
SD:	0.043mg/L	0.043mg/L	0.00078	
%RSD:	8.93		8.93	

Seq. No. 22 AS Loc: Date: 5/ 9/05

Sample ID: IIC

Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Cr	0.425 mg/L	0.425 mg/L	0.0078	13:46:02
	0.454 mg/L	0.454 mg/L	0.0083	13:46:05
	0.431 mg/L	0.431 mg/L	0.0079	13:46:07
Mean:	0.437mg/L	0.437mg/L	0.0080	
SD:	0.015mg/L	0.015mg/L	0.00028	
%RSD:	3.54		3.54	

Seq. No. 23 AS Loc: Date: 5/ 9/05

Sample ID: IVA

Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Cr	0.489 mg/L	0.489 mg/L	0.0090	13:46:19
	0.445 mg/L	0.445 mg/L	0.0082	13:46:22
	0.474 mg/L	0.474 mg/L	0.0087	13:46:24

Mean:	0.469mg/L	0.469mg/L	0.0086
SD:	0.022mg/L	0.022mg/L	0.00041
%RSD:	4.71		4.71

Seq. No.	24	AS Loc:		Date:	5/ 9/05
Sample ID: IVB					
Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time	
Cr	0.482 mg/L	0.482 mg/L	0.0088	13:46:36	
	0.470 mg/L	0.470 mg/L	0.0086	13:46:39	
	0.453 mg/L	0.453 mg/L	0.0083	13:46:42	
Mean:	0.468mg/L	0.468mg/L	0.0086		
SD:	0.015mg/L	0.015mg/L	0.00027		
%RSD:	3.14		3.14		

Seq. No.	25	AS Loc:		Date:	5/ 9/05
Sample ID: IVC					
Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time	
Cr	0.413 mg/L	0.413 n g/L	0.0076	13:46:52	
	0.360 mg/L	0.360 mg/L	0.0066	13:46:55	
	0.339 mg/L	0.339 mg/L	0.0062	13:46:57	
Mean:	0.371mg/L	0.371mg/L	0.0068		
SD:	0.038mg/L	0.038mg/L	0.00070		
%RSD:	10.34		10.34		

Method Name: Zn Flame Element: Zn
Method Description: Analisa Zn

Date: 05/09/2005

Technique: Flame

Wavelength: 213.9 nm

Sample Current: 10

Sample Info File: AGUS.SIF

Calibration Equation: Zero Intercept: Linear

Slit Width: 0.70 nm

Energy: 70

Results Data Set: Agus Zn

No	Sample ID	Seq No.	El	Mean Sig (Absorbance)	SD Calib	Mean Samp Conc	Std Dev	Samp Units
1	Calib Blank	4	Cr	0,001275	0,000244			mg/L
2	std1	10	Cr	0,019141	0,000884			mg/L
3	std2	6	Cr	0,041945	0,002612			mg/L
4	std3	7	Cr	0,055364	0,001163			mg/L
5	std4	8	Cr	0,073007	0,000597			mg/L
6	std5	9	Cr	0,089034	0,000458			mg/L
8	IA	11	Cr	0,004436		0,242002	0,032531	mg/L
9	IB	12	Cr	0,002780		0,151647	0,006621	mg/L
10	IC	13	Cr	0,003879		0,211600	0,004858	mg/L
11	IIA	14	Cr	0,004053		0,221086	0,017498	mg/L
12	IIB	15	Cr	0,004633		0,252704	0,027603	mg/L
13	IIC	16	Cr	0,005415		0,295389	0,023963	mg/L
14	IIIA	20	Cr	0,007533		0,410918	0,019274	mg/L
15	IIIB	21	Cr	0,008750		0,477316	0,042602	mg/L
16	IIIC	22	Cr	0,008008		0,436821	0,015444	mg/L
17	IVA	23	Cr	0,008605		0,469412	0,022133	mg/L
18	IVB	24	Cr	0,008583		0,468196	0,014716	mg/L
19	IVC	25	Cr	0,006800		0,370908	0,038349	mg/L
20	VA	17	Cr	0,010019		0,546512	0,013579	mg/L
21	VB	18	Cr	0,008090		0,441320	0,021504	mg/L
22	VC	19	Cr	0,006786		0,370179	0,004002	mg/L

Seq. No.	AS Loc:	Date:		
16		5/9/05		
Sample ID: Calib Blank				
Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Zn			-0.0009	14:20:28
			-0.0007	14:20:30
			-0.0009	14:20:33
Auto-zero performed.				
Mean:			-0.0008	
SD:			0.00012	
%RSD:			15.33	

Seq. No.	AS Loc:	Date:		
17		5/9/05		
Sample ID: std 1				
Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Zn			0.1014	14:20:42
			0.1041	14:20:44
			0.1061	14:20:47
Standard number 1 applied. [1]				
Correlation Cefficient: 1.0000		Slope: 0.1039		
Mean:			0.1039	
SD:			0.00237	
%RSD:			2.28	

Seq. No.	AS Loc:	Date:		
18		5/9/05		
Sample ID: std 2				
Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Zn			0.1550	14:20:57
			0.1564	14:20:59
			0.1574	14:21:02
Standard number 2 applied. [1.5]				
Correlation Coefficient: 1.0000		Slope: 0.1041		
Mean:			0.1563	
SD:			0.00117	
%RSD:			0.75	

Seq. No.	AS Loc:	Date:		
19		5/9/05		
Sample ID: std 3				
Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Zn			0.2053	14:21:15
			0.2019	14:21:18
			0.1991	14:21:21
Standard number 3 applied. [2]				
Correlation Cefficient: 0.9985		Slope: 0.1025		
Mean:			0.2022	
SD:			0.00338	
%RSD:			1.67	

Seq. No.	AS Loc:	Date:		
20		5/9/05		
Sample ID: std 4				
Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Zn			0.2170	14:21:32
			0.2289	14:21:35
			0.2373	14:21:37
Standard number 4 applied. [2.5]				
Correlation Coefficient: 0.9809		Slope: 0.0975		
Mean:			0.2277	
SD:			0.01021	
%RSD:			4.48	

Seq. No.	AS Loc:	Date:		
21		5/ 9/05		
Sample ID: std 5				
Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal	Time
Zn			0.3129	14:21:51
			0.3073	14:21:54
			0.3028	14:21:56
Standard number 5 applied. [3]				
Correlation Coefficient: 0.9877		Slope: 0.0996		
Mean:			0.3077	
SD:			0.00503	
%RSD:			1.63	

Seq. No.	AS Loc:	Date:		
22		5/ 9/05		
Sample ID: std 4				
Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal	Time
Zn			0.2500	14:22:21
			0.2484	14:22:24
			0.2473	14:22:27
Standard number 4 applied. [2.5]				
Correlation Coefficient: 0.9989		Slope: 0.1017		
Mean:			0.2486	
SD:			0.00137	
%RSD:			0.55	

Seq. No.	AS Loc:	Date:		
23		5/ 9/05		
Sample ID: IVA				
Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal	Time
Zn	1.155 mg/L	1.155 mg/L	0.1174	14:22:39
	1.123 mg/L	1.123 mg/L	0.1142	14:22:42
	1.097 mg/L	1.097 mg/L	0.1115	14:22:44
Mean:			1.125mg/L	0.1144
SD:			0.029mg/L	0.00297
%RSD:			2.60	2.60

Seq. No.	AS Loc:	Date:		
24		5/ 9/05		
Sample ID: IVB				
Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal	Time
Zn	1.080 mg/L	1.080 mg/L	0.1058	14:22:57
	1.045 mg/L	1.045 mg/L	0.1062	14:23:00
	1.017 mg/L	1.017 mg/L	0.1034	14:23:03
Mean:			1.047mg/L	0.1065
SD:			0.032mg/L	0.00322
%RSD:			3.02	3.02

Seq. No.	AS Loc:	Date:		
25		5/ 9/05		
Sample ID: IVC				
Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal	Time
Zn	1.514 mg/L	1.514 mg/L	0.1539	14:23:11
	1.523 mg/L	1.523 mg/L	0.1548	14:23:14
	1.555 mg/L	1.555 mg/L	0.1581	14:23:17
Mean:			1.530mg/L	0.1556
SD:			0.022mg/L	0.00220
%RSD:			1.41	1.41

Seq. No.	AS Loc:	Date:		
26		5/ 9/05		
Sample ID: VA				
Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal	Time
Zn	1.149 mg/L	1.149 mg/L	0.1168	14:23:26
	1.163 mg/L	1.163 mg/L	0.1182	14:23:29
	1.169 mg/L	1.169 mg/L	0.1139	14:23:31

Mean:	1.160mg/L	1.160mg/L	0.1180
SD:	0.010mg/L	0.010mg/L	0.00105
%RSD:	0.89		0.89

Seq. No.	AS Loc:		Date:
27			5/ 9/05
Sample ID: VE			
Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal Time
Zn	1.215 mg/L	1.215 mg/L	0.1235 14:23:40
	1.217 mg/L	1.217 mg/L	0.1238 14:23:42
	1.213 mg/L	1.213 mg/L	0.1234 14:23:45
Mean:	1.215mg/L	1.215mg/L	0.1235
SD:	0.002mg/L	0.002mg/L	0.00020
%RSD:	0.16		0.16

Seq. No.	AS Loc:		Date:
28			5/ 9/05
Sample ID: VC			
Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal Time
Zn	1.294 mg/L	1.294 mg/L	0.1315 14:23:54
	1.295 mg/L	1.295 mg/L	0.1316 14:23:56
	1.279 mg/L	1.279 mg/L	0.1301 14:23:59
Mean:	1.289mg/L	1.289mg/L	0.1311
SD:	0.009mg/L	0.009mg/L	0.00088
%RSD:	0.67		0.67

Seq. No.	AS Loc:		Date:
29			5/ 9/05
Sample ID: IIA			
Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal Time
Zn	1.315 mg/L	1.315 mg/L	0.1337 14:24:05
	1.313 mg/L	1.313 mg/L	0.1335 14:24:08
	1.304 mg/L	1.304 mg/L	0.1326 14:24:11
Mean:	1.311mg/L	1.311mg/L	0.1333
SD:	0.006mg/L	0.006mg/L	0.00060
%RSD:	0.45		0.45

Seq. No.	AS Loc:		Date:
30			5/ 9/05
Sample ID: IIB			
Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal Time
Zn	0.936 mg/L	0.936 mg/L	0.0952 14:24:19
	0.923 mg/L	0.923 mg/L	0.0939 14:24:21
	0.923 mg/L	0.923 mg/L	0.0939 14:24:24
Mean:	0.928mg/L	0.928mg/L	0.0943
SD:	0.008mg/L	0.008mg/L	0.00076
%RSD:	0.81		0.81

Seq. No.	AS Loc:		Date:
31			5/ 9/05
Sample ID: IIC			
Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal Time
Zn	0.990 mg/L	0.990 mg/L	0.1006 14:24:33
	0.967 mg/L	0.967 mg/L	0.0983 14:24:36
	0.942 mg/L	0.942 mg/L	0.0958 14:24:38
Mean:	0.966mg/L	0.966mg/L	0.0982
SD:	0.024mg/L	0.024mg/L	0.00244
%RSD:	2.48		2.48

Seq. No.	AS Loc:		Date:
32			5/ 9/05
Sample ID: IA			
Elem	SampleConc	StndConc	Blank Corr Signal Time
Zn	0.824 mg/L	0.824 mg/L	0.0838 14:24:45
	0.863 mg/L	0.863 mg/L	0.0878 14:24:48
	0.894 mg/L	0.894 mg/L	0.0909 14:24:51

Mean: 0.861mg/L 0.861mg/L 0.0875
 SD: 0.035mg/L 0.035mg/L 0.00355
 %RSD: 4.05 4.05

Seq. No.	33	AS Loc:	Date:	5/ 9/05
Sample ID:	IB			
Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Zn	0.929 mg/L	0.929 mg/L	0.0944	14:25:02
	0.938 mg/L	0.938 mg/L	0.0953	14:25:04
	0.939 mg/L	0.939 mg/L	0.0954	14:25:07
Mean:	0.935mg/L	0.935mg/L	0.0951	
SD:	0.006mg/L	0.006mg/L	0.00056	
%RSD:	0.59		0.59	

Seq. No.	34	AS Loc:	Date:	5/ 9/05
Sample ID:	IC			
Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Zn	0.892 mg/L	0.892 mg/L	0.0907	14:25:16
	0.890 mg/L	0.890 mg/L	0.0905	14:25:18
	0.892 mg/L	0.892 mg/L	0.0907	14:25:21
Mean:	0.891mg/L	0.891mg/L	0.0906	
SD:	0.001mg/L	0.001mg/L	0.00014	
%RSD:	0.15		0.15	

Seq. No.	35	AS Loc:	Date:	5/ 9/05
Sample ID:	IIIA			
Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Zn	1.884 mg/L	1.884 mg/L	0.1916	14:25:31
	1.894 mg/L	1.894 mg/L	0.1926	14:25:34
	1.899 mg/L	1.899 mg/L	0.1931	14:25:36
Mean:	1.893mg/L	1.893mg/L	0.1924	
SD:	0.008mg/L	0.008mg/L	0.00078	
%RSD:	0.41		0.41	

Seq. No.	36	AS Loc:	Date:	5/ 9/05
Sample ID:	IIIB			
Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Zn	0.765 mg/L	0.765 mg/L	0.0778	14:25:46
	0.774 mg/L	0.774 mg/L	0.0787	14:25:48
	0.770 mg/L	0.770 mg/L	0.0783	14:25:51
Mean:	0.770mg/L	0.770mg/L	0.0783	
SD:	0.005mg/L	0.005mg/L	0.00046	
%RSD:	0.59		0.59	

Seq. No.	37	AS Loc:	Date:	5/ 9/05
Sample ID:	IIC			
Elem	SampleConc	StdConc	Blank Corr Signal	Time
Zn	0.955 mg/L	0.955 mg/L	0.0971	14:25:59
	0.942 mg/L	0.942 mg/L	0.0958	14:26:02
	0.927 mg/L	0.927 mg/L	0.0943	14:26:04
Mean:	0.941mg/L	0.941mg/L	0.0957	
SD:	0.014mg/L	0.014mg/L	0.00140	
%RSD:	1.46		1.46	

Adapun untuk mendapatkan persentase immobilisasi bagi logam berat Cu, Cr dan Zn dalam paving blok, misalkan dengan penambahan 20 % limbah dapat dihitung seperti dibawah ini :

- 1) Konsentrasi logam berat Cu, Cr dan Zn dalam limbah padat yakni Cu = 74,400 $\mu\text{g/g}$, Cr = 73,010 $\mu\text{g/g}$ dan Zn = 223,000 $\mu\text{g/g}$.
- 2) Berat sampel paving blok = 2467 gr, jumlah semen = 352 gr, jumlah pasir = 1692 gr dan jumlah limbah padat = 423 gr.
- 3) Pada variasi limbah 20 % digunakan 423 gr limbah padat sehingga berat Cr yang masuk ke dalam paving blok = 73,010 $\mu\text{g/g}$ * 423 gr = 31 mg sedangkan Cu = 74,400 $\mu\text{g/g}$ * 423 gr = 31,47 mg dan Zn = 223,000 $\mu\text{g/g}$ * 423 gr = 94,33 mg.
- 4) Berat sampel paving blok = 2467 gr dan diambil cuplikan sebanyak 5 gram untuk proses pelindian.
- 5) Konsentrasi monolit paving blok yang terlindi yakni Cr = 0,256 mg/lit, Cu = 0,611 mg/lit dan Zn = 1,068 mg/lit dalam 100 ml larutan.
- 6) Konsentrasi Cr yang terlindi = 0,256 mg/lit * 0,1 lit = 0,0256 mg Cr/5gram cuplikan = 0,00512 mg/gram, Cu yang terlindi = 0,611 mg/lit * 0,1 lit = 0,0611 mg Cu/5gram cuplikan = 0,01222 mg/gram dan Zn yang terlindi = 1,068 mg/lit * 0,1 lit = 0,1068 mg Zn/5gram cuplikan = 0,02136 mg/gram.
- 7) Konsentrasi Cr yang keluar = 0,00512 mg/gram * 2467 gr monolit paving blok = 12,631 mg, Cu = 0,01222 mg/gram * 2467 gr monolit paving blok = 30,147 mg dan Zn = 0,02136 mg/gram * 2467 gr monolit paving blok = 52,695 mg.

$$8) \text{ Efisiensi immobilisasi Cr } E = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100\% = \frac{31 - 12,631}{31} \times 100\% \\ = 59,255 \%$$

$$\text{Efisiensi immobilisasi Cu } E = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100\% = \frac{31,47 - 30,147}{31,47} \times 100\% \\ = 4,204 \%$$

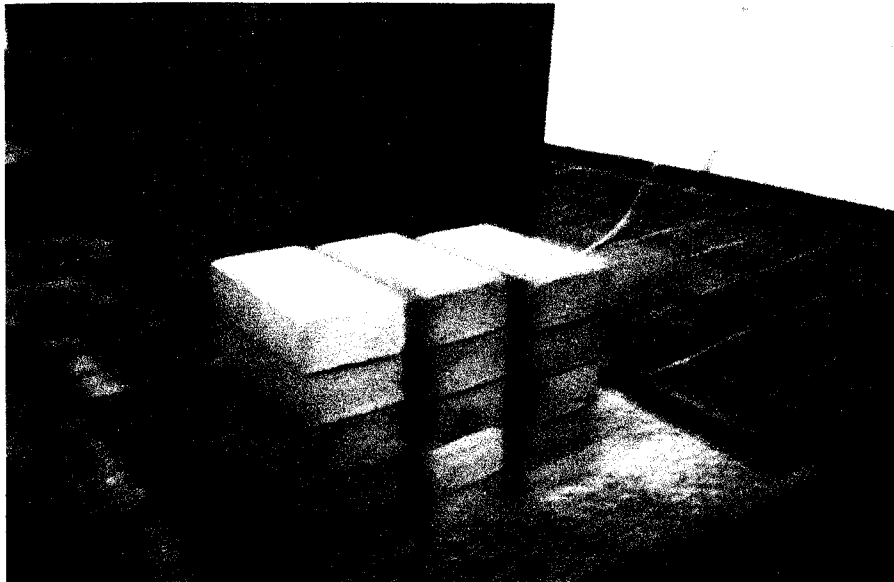
$$\text{Efisiensi immobilisasi Zn } E = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100\% = \frac{94,33 - 52,695}{94,33} \times 100\% \\ = 44,138 \%$$

LAMPIRAN E

**BAKU MUTU TCLP BERDASARKAN
PP85/1999**

KODE LIMBAH	PARAMETER	KONSENTRASI DAUAM EKSTRAKSI LIMBAH (mg/l)
D4001	Aldrin + Dieldrin	0,07
D4002	Arsen	5,0
D4003	Barium	100,0
D4004	Benzene	0,5
D4005	Baron	500,0
D4006	Cadmium	1,0
D4007	Carbon Tetrachloride	0,5
D4008	Chlordane	0,03
D4009	Chlorobenzene	100,0
D4010	Chloroform	6,0
D4011	Chromium	5,0
D4012	Copper	10,0
D4013	o-Cresol	200,0
D4014	m-Cresol	200,0
D4015	p-Cresol	200,0
D4016	Total Cresol	200,0
D4017	Cyanida (free)	200,0
D4018	2,4-D	10,0
D4019	1,4-Dichlorobenzene	7,5
D4020	1,2-Dichloroethane	0,5
D4021	1,1-Dichloroethylene	0,7
D4022	2,4-Dinitrotoulene	0,13
D4023	Endrin	0,02
D4024	Flourides	150,0
D4025	Heptachlor + Heptachlor Epoxide	0,008
D4026	Hexachlorobenzene	0,13
D4027	Hezachloroethane	0,5
D4028	Hexachloroethane	3,0
D4029	Lead	5,0
D4030	Lindane	0,4
D4031	Mercury	0,2
D4032	Methoxychlor	10,0
D4033	Methyl Ethyl Ketone	200,0
D4034	Methyl Parathion	0,7
D4035	Nitrate + Nitrite	1000,0
D4036	Nitrite	100,0
D4037	Nitrobenzene	2,0
D4037	Nitrobenzene	2,0
D4038	Nitrilotriacetic acid	5,0
D4039	Pentachlorophenol	100,0
D4040	Pyridine	5,0
D4041	Parthio	3,5
D4042	PCBs	0,3
D4043	Selenium	1,0
D4044	Silver	5,0
D4045	Tetrachloroethylene (PCE)	0,7
D4046	Toxphene	0,5
D4047	Trichloroethylene (TCE)	0,5
D4048	Trichloroethlenes	25,0
D4049	2,4,5-Trichlorophenol	400,0
D4050	2,4,6-Trichlorophenol	2,0
D4051	2,4,5-TP (Silvex)	1,0
D4052	Vinyl Chloride	0,2
D4053	Zinc	50,0

LAMPIRAN F
DOKUMENTASI



Gbr 1. Sampel Paving Blok Yang Akan Diteliti



Gbr 2. Sampel Saat Direndam Untuk Analisa Daya Serap Air



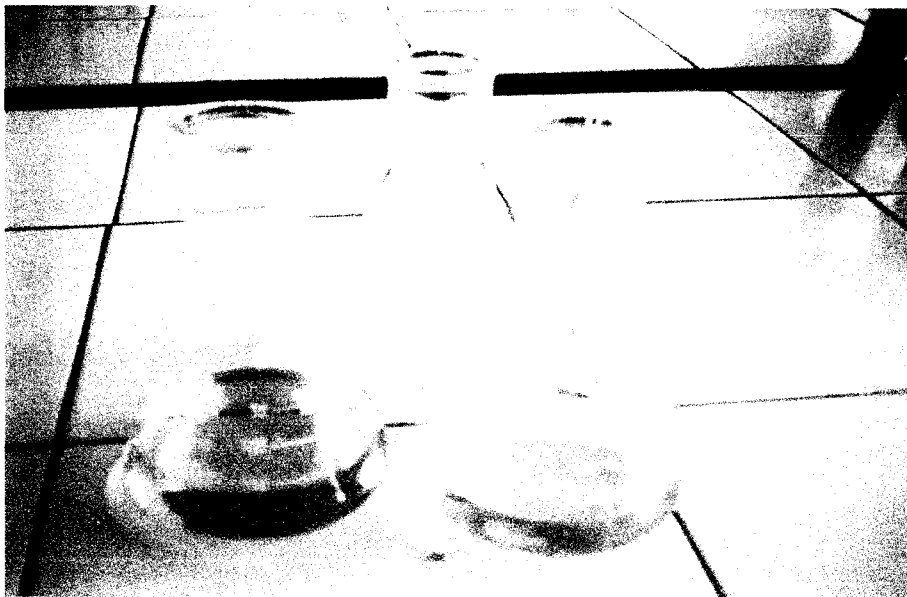
Gbr 3. Pengujian Kuat Tekan Paving Blok



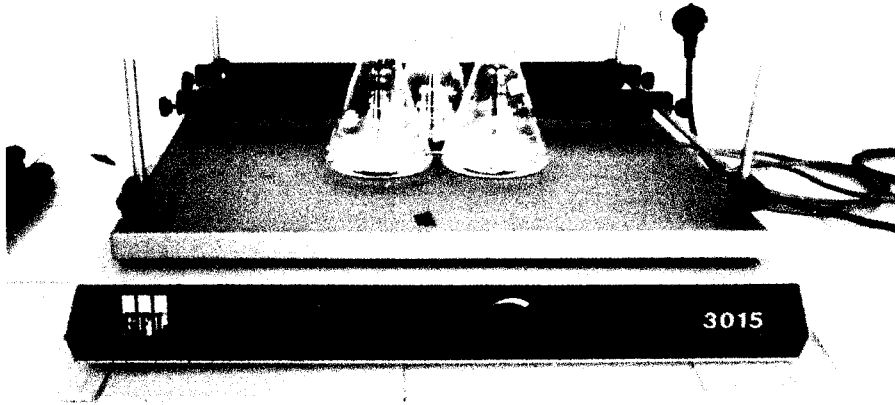
Gbr 4. Sampel Hasil Uji Kuat Tekan Untuk Analisa TCLP



Gbr 5. Pra Pengukuran pH Sampel Untuk Analisa TCLP



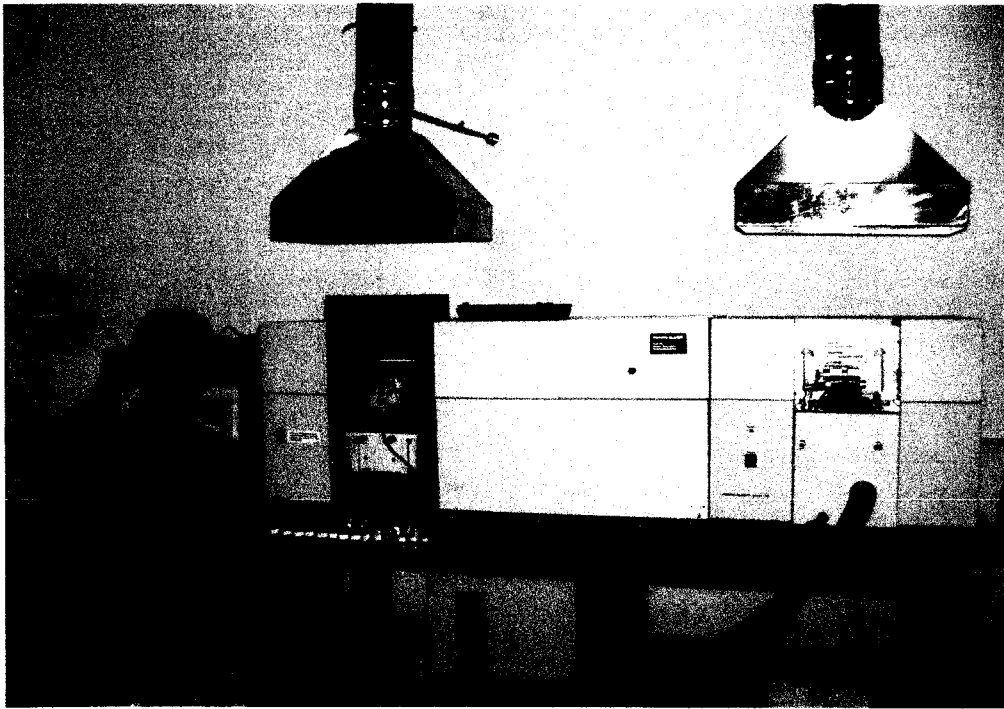
Gbr 6. Larutan Ekstraksi



Gbr 7. Alat Seker Untuk Mengekstraksi Sampel Selama 18 Jam



Gbr 8. Penyaringan Sampel Untuk Dianalisa Di AAS



Gbr 9. Analisa Konsentrasi Logam Berat Dengan AAS