TA/TL/2008/0241

SOLIDIFIKASI LUMPUR IPAL PT. DENSO INDONESIA SEBAGAI BAHAN CAMPURAN PEMBUATAN PAVING BLOK

TUGAS AKHIR

OLEH:

SALY AGUSTINA
02513092

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2008

SOLIDIFIKASI LUMPUR IPAL PT. DENSO INDONESIA SEBAGAI BAHAN CAMPURAN PEMBUATAN PAVING BLOK

Tugas Akhir

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Untuk Memenuhi Sebagian Dari Syarat-syarat Guna Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Lingkungan

OLEH:

SALY AGUSTINA

02513092

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2008

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir

SOLIDIFIKASI LUMPUR IPAL PT.DENSO INDONESIA
SEBAGAI BAHAN CAMPURAN PEMBUATAN
PAVING BLOK

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Untuk Memenuhi Sebagian Dari Syarat-syarat Guna Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Lingkungan

OLEH:

SALY AGUSTINA
02513092

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Ir.H.Kasam,MT.	**Eko Siswoyo,ST**
Dosen Pembimbing I	**Dosen Pembimbing II**
----------	----------

Mengesahkan,
Jurusan Teknik Lingkungan
Universitas Islam Indonesia

Luqman Hakim, ST, M.Si.
Ketua Jurusan

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahiim. Maha Suci Allah yang menganugerahi setiap orang jalan hidup yang berbeda-beda. Betapa saat ini penulis benar-benar harus banyak bersyukur atas segala kemudahan yang telah diberikan-Nya sehingga karya sederhana ini akhirnya berhasil diselesaikan, meski sejujurnya proses untuk sampai ke tahap ini tak bisa dibilang singkat sama sekali.

Keberhasilan penulis dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini tentu tidak terlepas dari bantuan, kepercayaan, semangat dan dorongan yang telah diberikan oleh semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung terlibat dalam proses ini. Dan inilah saat hati membungkuk. Ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya penulis sampaikan kepada:

1. Allah SWT, untuk semua keajaiban yang telah engkau berikan
2. Rasulullah Muhammad SAW (teladan terbaik sepanjang masa) yang telah menjadikan bumi ini sebagai naungan terindah sepanjang masa
3. Terima kasih yang tak terhingga untuk keluarga tercinta yang selalu ada dalam setiap langkah menuju perjalanan yang penulis tempuh: Papa dan Mama yang selalu setia mendukung penulis dalam segala hal apapun, Seluruh kakak, keponakan, dan sanak saudara,, *i love you*…
4. Bapak Dr.Ir.Ruzardi,MS., selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia
5. Bapak Luqman Hakim ST, M.Si, selaku ketua jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia
6. Bapak Ir.H.Kasam,MT selaku dosen pembimbing I tugas akhir ini,terima kasih atas kesabaran serta kepedulian bapak yang telah membimbing penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Bapak Eko Siswoyo ST. Selaku pembimbing II yang telah bersedia memberikan arahan dan dukungan selama proses penyelesaian tulisan ini.

8. Mas Iwan dan Mas Tas selaku laboran pada Laboratorium Kualitas Lingkungan yang selalu membantu serta bapak-bapak yang ada di Laboratorium BKT, Jalan Raya, Kimia Terpadu UII untuk bantuannya.
9. Seluruh Staff dan karyawan yang ada di FTSP
10. Kamu yang pernah jadi bagian hidupku, terima kasih atas bantuan dan kerjasamanya walaupun banyak perbedaan tetapi setiap langkah penulis namun kamu selalu ada dan mendukung serta mengisi hari-hari penulis, sehingga menjadikan penulis berfikir bahwa detik yang udah berlalu tidak akan pernah kembali sampai kapan pun. Dan semoga semuanya terjadi untuk yang terbaik. *Forgive me for all my mistake.. thanks for everything.*
11. Sahabat terbaik penulis yang selalu menemani dalam suka dan duka serta selalu mendukung dalam segala hal..(Filla, Nurlia, Upit, Uphe, Alfi, Kenjiro) serta teman terbaik yang selalu membantu penulis dalam berjuang menyelesaikan kewajiban di kampus tercinta (Iwan, Ucok, Fadli, Khokho, Arum) terima kasih untuk semuanya…
12. Dia yang telah pergi untuk selamanya, walaupun hidup itu indah tetapi dengan kepergiannya menjadikan hidup lebih berarti. Semoga kamu tenang disisi-Nya.
13. Terakhir.. untuk semua teman-teman dimana pun kalian barada.

Begitu terbatasnya pengetahuan, waktu dan tenaga yang penulis miliki, tentu saja menjadikan tulisan ini masih sangat jauh dari yang diharapkan. Karenanya, dengan segala kerendahan hati penulis mohon maaf yang sebesar-besarnya dan (meskipun sangat sederhana) semoga karya ini tetap dapat memberi manfaat bagi pembacanya.

Yogyakarta, Februari 2008

Penulis

Motto

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

Masa depan yang cerah selalu bergantung pada masa lalu yang dilupakan. Kita tidak dapat meneruskan hidup dengan baik jika tidak dapat melupakan kegagalan dan sakit hati di masa lalu
(David Brinkley)

DAFTAR ISI

HALAMAN
JUDUL..... i
HALAMAN PENGESAHAN…… ii
KATA
PENGANTAR……. .....……iii
MOTTO..... v
DAFTAR ISI…….... vi
DAFTAR TABEL……... ix
ABSTRAKSI…….... x
BAB I. PENDAHULUAN……... ….1
1.1 Latar Belakang Permasalahan……..1
1.2 Rumusan Masalah……2
1.3 Tujuan Penelitian……..……...2
1.4 Batasan Masalah …….....3
1.5 Manfaat Penelitian……....3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA……4
2.1 Limbah Lumpur……4
2.2 Penelitian Tentang Limbah B3 Lumpur IPAL…….6
2.3 Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun…….……..7
2.4 Strategi Pengolahan Limbah Padat…….….11
2.5 Solidifikasi …….…….12
2.5.1 Prinsip Solidifikasi……12
2.5.2 Proses Solidifikasi…….15
2.6 Pavali (Paving Blok Limbah Industri)……...…17
2.7 Semen Portland…….……17
2.8 Agregat Halus…….……..……19

2.9 Air…….……...…..20

2.10 Logam berat……...…….21
2.10.1 Kromium ……...……..21
2.10.2 Seng…….……24
2.10.3 Timbal…… …….……26
2.10.4 Tembaga…….…….28
2.10.5 Nikel……30
2.11 Lindi……...……34
2.12 Kuat Tekan Paving Blok ……...….35
2.13 Pengujian Daya Serap Air…….…….36
2.14 Hipotesa…… …….37
BAB III METODOLOGI PENELITIAN……...…38
3.1 Lokasi penelitian……...……38
3.2 Waktu penelitian…….…….38
3.3 Bahan Dan Alat……38
3.4 Variabel yang diteliti…… ……39
3.5 Prosedur Kerja…… .…….40
3.5.1 Diagram Alir kerangka Pemikiran……40
3.5.2 Tahapan Analisa Data…… ...…41
3.6 Analisa Data…….42
3.6.1 Analisa Data Teknik…….42
3.6.2 Analisa Pelindian…….…….43
3.7 Pelaksanaan Penelitian…….43
3.7.1 Perencanaan Variasi Komposisi Bahan Susun ……43
3.8 Pembuatan Benda Uji……...……43
3.8.1 Proses Pembuatan Benda Uji……...…..43
3.9 Pelaksanaan Pengujian…….……44
3.9.1 Pengujian Kuat Tekan Paving Blok…….….44
3.9.2 Pengujjian Kerapatan Air……..44

3.9.3 Prosedur Pengujjian Pelindian TCLP……...…45

3.10 Analisa Data…….……..……46
3.10.1 Analisa Teknis……46
3.10.2 Analisa Perlindian……...……47
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN…… ..….48
4.1 Hasil Pemeriksaan Bahan Susun…….…….48
4.2 Pelindian Hasil Solidifikasi…… ……49
4.3 Kuat Tekan Paving Blok…… .…….50
4.4 Daya Serap Air Paving Blok …… ……52
BAB V KUMPULAN DAN SARAN…… ...…….55
5.1 Kesimpulan…….…..…….55
5.2 Biaya Produksi…….…….56
5.3 Saran…… …….56
DAFTAR PUSTAKA…… ……57
LAMPIRAN…… ……...…58

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik Lumpur IPAL..... 5
Tabel 2.2 Konsentrasi Logam Berat dalam Lumpur PT.Denso Indonesia..... 5
Tabel 2.3 Komposisi Kuantitatif Bahan..... 6
Tabel 2.4 Standar Kuat Tekan Paving Blok..... 18
Tabel 2.5 Unsur-Unsur Penyusun Semen..... 19
Tabel 2.6 Beberapa sifat fisik Logam Kromium.....22
Tabel 2.7 Beberapa sifat fisik Logam Seng.....25
Tabel 2.8 Beberapa sifat fisik Timbal.....27
Tabel 2.9 Beberapa sifat fisik Tembaga..... 29
Tabel 2.10 Beberapa sifat fisik Nikel..... 32
Tabel 3.1 Perbandingan antara Semen Dan Agregat Halus..... 40
Tabel 4.1 Hasil Analisa Fisik Limbah B3.....49
Tabel 4.2 Hasil Analisa Kandungan Logam Berat Dalam Limbah B3 50
Tabel 4.3 Hasil Analisa Bahan Kimia Penyusun Semen Dalam Limbah B3..... 50
Tabel 4.4 Hasil Analisa TCLP Limbah Sludge Rata-rata Dalam Paving Blok..... 51
Tabel 4.5 Kuat Tekan Paving Blok..... 51
Tabel 4.6 Standar Kuat Tekan Paving Blok..... 52
Tabel 4.7 Standar Serapan Air Maksimum..... 54
Tabel 4.8 Kerapatan Air Rata-rata Paving Blok..... 54
Tabel 4.9 Rincian Biaya Produksi Paving Blok……..... ...…... 57

ABSTRAKSI

PT. Denso Indonesia Sunter Plant Jakarta menghasilkan limbah berupa Lumpur hasil pengolahan pada Instalasi Pengolahan A ir Limbah atau (IPAL) yang mengandung logam berat sehingga tergolong kategori limbah Bahan Berbahaya Beracun (B3). Dimana penelitian ini bertujuan untuk meneliti kandungan logam berat yang mampu mengimmobilisasi dalam benda uji yang berupa paving blok dengan tingkat kualitas uji kuat tekan, kerapatan air dan penambahan kadar Lumpur IPAL yang paling optimum dalam aspek tekhnis maupun lingkungan serta tingkat keekonomisan dengan adanya campuran limbah IPAL.

Untuk mengetahui tingkat kualitas benda uji secara fisik, dilakukan uji kuat tekan dan kerapatan air yang menunjukkan hasil bahwa penambahan limbah sebesar 50% memberikan tingkat kekuatan menerima beban (189.83 kg/cm ^{2}) dan mereduksi resapan kurang baik. Metode yang digunakan adalah solidifikasi (pemadatan) dengan variasi proporsi limbah 10%, 20%, 30%, 40%, 50% dari bahan penyusun paving blok yang berupa semen Portland. Sedangkan untuk menanalisa kimia yaitu tingkat pelindian logam berat dengan metode Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP) menunjukkan bahwa penambahan limbah paling optimum pada proporsi limbah 20% dengan tingkat immobilisasi tertinggi serta tetap berada dibawah ambang batas baku mutu TCLP (PP.No.85 Tahun 1999). Untuk tingkat keekonomisan dalam biaya produksi paving blok yang dibuat dengan campuran limbah memiliki nilai ekonomis yang lebih baik.

Kata kunci: Limbah IPAL, Solidifikasi, Kuat Tekan, Kerapatan Air dan TCLP

ABSTRACT

Sludge from waste water treatment plant (WWTP) PT.Denso Indonesia Sunter Plant Jakarta which contaian of heavy metals include to hazardous waste. This research was aimed to analyse immobillezed heavy metal within concrete paving blok, the quality of concrete paving blok in terms of the flexibility strength, the water permeability and the optimum percentage of WWT sludge additional according to the technical and environment aspect while the economical aspect by sludge additional.

To know the quality's level of samples physically, do the force power and water permeability test with showing the result of waste increasing at 50 %, with the strenght level hold out the load (189,83 kg/cm2) and the absorb reduction is not good enough. Using solidification's method (solidified) with any variation of waste : 10 %, 20 %, 30 %, 40 %, 50 % from paving block materials, with form Portland's Cement. In chemical analize, i.e leachate heavy metal's level using Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP) showed the waste increasing in optimum condition is 20 % proportion of waste with highest immobility's level and settled under the limit standard quality of TCLP (PP No. 85 Tahun 1999). In efficiency level of production cost, paving block with many mixed waste is more economical.

Key Words: WWT sludge, Solidification, Force Power, Water Permeability and TCLP.

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perindustrian di Indonesia yang menghasilkan produk otomotif sampai saat ini tetap masih merupakan produk ekspor impor. Perkembangan perindustrian di Indonesia khususnya daerah ibu kota untuk saat ini cukup mengikuti perkembangan teknologi.

Dengan berkembangnya industri tentunya akan diikutsertakan dengan kemajuan teknologi produksi yang canggih dengan tujuan agar produk yang dihasilkan memiliki mutu yang bertarap dan berstandar internasional. Salah satu permasalahan yang mengikutsertakan perkembangan industri dan teknologinya adalah ikut bertambahnya jumlah limbah dari proses produksi yang dihasilkan. Limbah tersebut terdiri dari limbah cair juga menghasilkan produk limbah padat yang berupa *sludge*. Limbah ini dapat diketahui dengan adanya sistem pengolahan pada Perencanaan Instalasi Pembuangan Air Limbah (IPAL) yang sampai saat ini cara penanganannya sudah memenuhi persyaratan dari standar baku mutu limbah industri. Dampak pembuangan limbah padat akan semakin besar dengan karakteristik pencemaran yang dikategorikan ke dalam klasifikasi limbah Bahan Berbahaya Beracun (B3).

Penanganan limbah padat PT.Denso yang tergolong B3 di Indonesia khususnya daerah ibu kota Jakarta saat ini masih banyak yang belum memenuhi kaidah-kaidah penanganan limbah B3 yang semestinya. Sebagian hanya ditimbun dalam areal pabrik dan sebagian dikerjasamakan ke PPLI (Pusat Pembuangan Limbah Industri). Hal ini apabila di biarkan terus menerus di khawatirkan dapat mengkontaminasi system perairan daerah sekitarnya khususnya air tanah. Keadaan ini terjadi karena di daerah Jakarta 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 B3.

Di Indonesia untuk menangani dan mengolah limbah padat yang tergolong limbah B3 harus didasarkan Peraturan Pengolahan Limbah B3 menurut PP No.18 tahun 1999 dan PP No.85 tahun 1999. Apabila penanganan nya 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 dengan jalan memanfaatkan *sludge* tersebut untuk pembuatan beberapa produk seperti bahan bangunan, namun sampai saat ini masih terbentur pada peraturan yang mengisyratkan bahwa sludge industri tergolong limbah B3.

Dalam rangka untuk ikut serta dalam menyelesaikan permasalahan padat industri PT.Denso, maka perlu dilakukan penelitian tentang pemanfaatan limbah sludge untuk bahan bangunan (Paving Blok) dengan prinsip solidifikasi. Yang mana dengan solidifikasi ini akan mampu mengimobilisasi kandungan limbah yang menurut PP No.85 Tahun 1999 diklasifikasikan sebagai bahan limbah B3 dan diharapkan dengan teknologi pembuatan paving blok dapat memenuhi standar SNI tetapi juga aman bagikesehatan dan lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah dengan solidifikasi limbah *sludge* mampu meminimalisasi logam berat yang terlepas pada lingkungan
2. Bagaimana pengaruh penambahan lumpur IPAL terhadap kualitas Paving Blok
3. Apakah limbah sludge dari PT.Denso Indonesia dapat digunakan sebagai bahan pembuatan paving blok.
4. Apakah dengan pemanfaatan limbah sludge PT.Denso Indonesia dapat menjadikan tingkat keenomisan produk dalam pembuatan paving blok

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mencari perbandingan limbah yang baik dari hasil uji daya serap air, uji kekuatan dan uji TCLP.
2. Mengetahui tingkat perlindian pada logam berat hasil solid ifikasi limbah *sludge* industri PT.Denso.
3. Mengetahui kuat daya tekan dan daya serap air paving blok terbuat dari semen,agregat halus (pasir), dan limbah *sludge* industri.

1.4 Batasan Masalah

1. Proses solidifikasi logam berat limbah *sludge* terdiri dari Tembaga (Cu), Seng (Zn), Kromium (Cr), Besi (Fe), Nikel (Ni), Timbal (Pb).
2. Kriteria hasil pengolahan solidifikasi berupa paving blok akan disesuaikan dengan standar SNI untuk bahan bangunan paving blok.
3. Limbah padat industri yang digunakan pada penelitian ini berup a *sludge*.
4. Limbah sludge yang dihasilkan dapat dipergunakan untuk mensubstitusi agregat halus dengan perbandingan antara semen dan agregat 1 : 6.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Memberikan alternative pengolahan limbah *sludge* yang dikategorikan limbah B3.
2. Mampu menghasilkan alternative bahan bangunan yang bernilai ekonomis dan ramah lingkungan.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Lumpur Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)

Lumpur yang digunakan dalam metode solidifikasi berasal dari industri *automotive parts,* yaitu PT. Denso Indonesia yang terletak di wilayah Sunter Jakarta. Lumpur tersebut merupakan lumpur yang berasal dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), dimana lumpur tersebut telah melalui tahap pengeringan melalui oven dengan temperatur hingga 400 °c. Sehingga lumpur tersebut telah berupa lumpur kering yang berbentuk bongkahan.

Menurut Leong (2002), kemasan yang digunakan untuk membawa lumpur yang berasal dari IPAL harus dibersihkan dengan detergen pelepas ion logam, dicuci dengan asam dilusi serta dibilas dengan air yang bebas kandungan logam. Untuk sampel lumpur dilakukan uji Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP) dengan metode Atomic Absorption Spectrophotometric (AAS) agar konsentrasi kandungan logam yang terdapat didalam lumpur terse but mampu diketahui.

Pada dasarnya, lumpur yang berasal dari IPAL industri memiliki konsentrasi polutan yang tinggi dengan kandungan unsur yang variatif. Terlebih lagi, kandungan yang terdapat dalam masing-masing variabel tergantung pada komposisi yang digunakan dalam melakukan pengolahan air limbah tersebut. Untuk itu, parameter dari suatu lumpur IPAL industri dapat dikategorikan pada tabel berikut ini.

Tabel 2.1 Karakteristik Lumpur IPAL

No	Parameter	Unit	Angka
1	Tingkat kekeringan lumpur	%	15,7
2	Tingkat kehilangan pada proses pembakaran	%	63.3
3	Substansi ekstraksi pada kondisi kering	g/kg	16.36
4	Substansi ekstraksi pada lindi	mg/l	1.45
5	Kandungan Karbon dalam lindi	mg/l	2.320
6	Kelarutan dalam lindi	mg/l	6.212
7	Konduktivitas lindi	mS/m	332
8	pH lindi		6.69
9	Warna lindi		Hitam
10	Kandungan Chrom	mg/l	0.147
11	Kandungan Timbal	mg/l	0.213

(Sumber Bednarik, 2004)

PT. Denso Indonesia sebagai industri penghasil komponen kendaraan (assembling) maka limbah yang dihasilkan termasuk da lam lampiran PP No. 85 Jo PP No.18 tahun 1999 Tabel – 4.1 Daftar limbah B3 dari sumber yang spesifik, dengan kode limbah D208. Untuk limbah kode D208, D214, D216 harus dilakukan uji karakteristik dan atau uji toksikologi. Untuk parameter logam berat yang akan dijadikan sebagai parameter solidifikasi dilakukan uji AAS, memiliki konsentrasi berikut ini.

Tabel 2.2 Konsentrasi logam Berat dalam Lumpur PT. Denso Indonesia

No	Parameter	Unit	Hasil	P.P No.85 Th.1999
1	Tembaga, Cu	mg/l	16.7546	10.0
2	Kromium, Cr	mg/l	0.7333	5.0
3	Besi, Fe	mg/l	3.0821	-
3	Timbal, Pb	mg/l	125.845	5.0
4	Seng, Zn	mg/l	4.6523	50.0
5	Nikel, Ni	mg/l	1.5904	-

(Sumber:Data Primer 2007)

Menurut Peraturan Pemerintah No. 19/1994 Tentang Pengelolaan Limbah B3, lumpur IPAL ini termasuk kedalam daftar limbah B3 bila memiliki nilai LD_{50} (Lethal Dose 50%) lebih kecil dari 15 g/kg BB.

Dalam melakukan proses solidifikasi, dibutuhkan suatu bahan pengikat untuk mengimmobolisasi logam berat yang terkandung dalam lumpur, dalam hal ini akan

digunakan Semen Portland atau Ordinary Portland Cement (OPC) sebagai bahan pengikat. Untuk itu dibutuhkan suatu rasio antara bahan campuran (lumpur) dengan bahan pengikat (OPC). Pengukuran kuantitas dari limbah dan bahan pengikat haruslah homogen dengan pengadukan secara manual, dan harus diukur kandungan air yang digunakan dalam mencampur kedua bahan tersebut. Tingkat komposisi dari pencampuran beberapa bahan tersebut akan disajikan pada tabel berikut ini.

Tabel 2.3 Komposisi Kuantitatif Bahan

No	Waste/Binder	Water/Solid
1	0.0	0.36
2	0.16	0.41
3	0.5	0.45
4	1.0	0.50
5	2.0	0.55
6	4.0	0.62
7	5.0	0.66
8	6.0	0.65
9	7.0	0.64
10	8.0	0.69
11	9.0	0.70

(Sumber Malviya, 2004).

Unsur-unsur yang terkandung dalam lumpur IPAL PT. Denso Indonesia diharapkan memiliki kesamaan dengan unsure penyusun semen, sehingga lumpur tersebut dapat digunakan sebagai bahan tambahan adukan beton. Dengan penambahan lumpur, maka factor air semen (fas) akan berkurang, sehingga dapat meningkatkan kuat desak beton. Faktor air semen akan mempengaruhi kualitas beton yang diinginkan, semakin kental pastanya maka akan semakin berkurang susut pengerasannya.

2.2 Penelitian Tentang Limbah B3 Lumpur IPAL

Hingga saat ini telah dilakukan penelitian tentang Solidifikasi Lumpur IPAL, diantaranya:

1. Menurut Leong, S., T., & Laortanakul, P. dengan judul *An Environmentally Optimized Solidification/Stabilization for Disposal of Heavy Metal Sludge Wastes*. Dalam International Science and Technology Journal vol. 7 No. 3

Sept-Dec 2002, menyebutkan bahwa solidifikasi dapat menjadi sebuah teknologi alternative dalam pembuangan akhir Lumpur IPAL yang mengandung logam berat. Pengikatan kontaminan dalam Lumpur sangat dipengaruhi oleh pH, Elektroda Potensial, Kation, Kandungan ion, bahan organik terkandung dan beberapa faktor pendukung lainnya.

2. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Vratislav Bednarik; Milan Vondruska; Marek Sild; dan Marek Koutny yang berjudul *Stabilization/Solidification of Wastewater Treatment Sludge* , dalam Journal of Environmental Engineering, Dec 2004, dijelaskan bahwa solidifikasi yang dilakukan untuk lumpur IPAL dengan *Fluidized Bed Combution* (FBC) sebagai bahan pengikat. FBC dengan dosis mendekati 50% dapat mensolidifikasi lumpur tetapi tidak mampu mencegah kelindian dari bahan organik didalam lumpur tersebut. Perbandingan lumpur dan portland semen dalam solidifikasi memberikan hasil yang sama; dengan dosis pengikat dan kemampuan pelindian yang sama pula.
3. Menurut penelitian yang dilakukan Rachana Malviya & Rubina Chaudhary yang berjudul *Study of the treatment effectiveness of a solidification/stabilization process for waste bearing heavy metals* dalam Journal Mater Cycles Waste Management Vol 6:147–152 2004, dijelaskan bahwa solidifikasi menggunakan Ordinary Portland Cement (OPC) dengan rasio 0.16 – 4.0 menunjukkan angka keefektifan sebesar 74%, 89%, 90% dan 95% untuk Pb, Zn, Fe dan MN. Proses solidifikasi sangat efektif untuk mengikat logam berat yang terkandung dalam Lumpur IPAL.

2.3 Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)

Berdasarkan PP No. 18/1999 jo. PP N0. 85/1999 tentang Pengelolaan Limbah B3, limbah bahan berbahaya dan beracun, disingkat Limbah B3 adalah setiap limbah yang mengandung bahan berbahaya dan/atau beracun karena sifat dan/atau konsentrasinya dan/atau jumlahnya, baik secara langsung atau tidak langsung dapat

merusak dan/atau dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan serta kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya. Pengelolaan limbah B3 merupakan suatu rangkaian kegiatan yang mencakup penyimpanan, pengumpulan, pemanfaatan, pengangkutan, pengolahan limbah serta penimbunan hasil pengolahan tersebut.

Menurut Agustina (2006), prinsip pengelolaan limbah B3 meliputi:

1. Minimisasi limbah yaitu penggunaan bahan yang memungkinkan tidak adanya limbah yang dihasilkan, substitusi bahan, peningkatan teknologi dan adanya proses produksi bersih. Namun, bila masih dihasilkan limbah maka dilakukan pengolahan terhadap limbah tersebut sehingga konsentrasi beban pencemar yang ada dalam limbah tersebut tidak melebihi ambang batas yang telah ditetapkan.
2. Pengelolaan limbah B3 dekat dengan sumber, artinya bahwa pengelolaan limbah B3 sedapat mungkin dilakukan ditempat penghasil limbah, dengan begitu kemungkinan adanya kesalahan prosedur dalam pengangkutan dapat diminimalisir.
3. *Cradle to Grave*, yaitu pengelolaan limbah B3 harus dimulai sejak dihasilkan hingga penimbunan, dimana kegiatan ini dilakukan berdasarkan peraturan pemerintah setempat untuk melakukan berbagai kegiatan pengelolaan. Kegiatan tersebut meliputi: penghasil, penyimpanan, pengangkutan, pengumpulan, pengolahan, pemanfaatan dan penimbunan. Dengan adanya pengelolaan semacam ini, kemungkinan terjadinya pencemaran lingkungan dapat direduksi.

Penentuan yang lebih spesifik terhadap kandungan bahan organik dan anorganik yang diklasifikasikan dalam komponen aktif B3 ditentukan dengan uji TCLP. Sedangkan untuk identifikasi limbah B3 berdasarkan karakteristiknya dapat dibagi sebagai berikut

1. Mudah Meledak

   Limbah mudah meledak adalah limbah yang melalui reaksi kimia dapat menghasilkan gas dengan suhu dan tekanan tinggi yang dengan cepat dapat merusak lingkungan sekitarnya.

2. Mudah Terbakar

   Limbah mudah terbakar adalah limbah yang apabila berdekatan dengan api, percikan api, gesekan atau sumber nyala lainnya akan mudah menyala atau terbakar dan apabila telah menyala akan terus terbakar hebat dalam waktu lama.

3. Limbah Reaktif

   Limbah yang bersifat reaktif adalah limbah yang menyebabkan kebakaran karena melepaskan atau menerima oksigen atau limbah peroksida yang tidak stabil dalam suhu tinggi.

4. Limbah Beracun

   Limbah beracun adalah limbah yang mengandung racun berbahaya bagi manusia dan lingkungan. Limbah beracun dapat menyebabkan kematian atau kesakitan serius, apabila masuk kedalam tubuh melalui mulut, kulit maupun pernapasan.

5. Limbah Infeksius

   Limbah infeksius adalah limbah yang menyebabkan infeksi pada bagian tubuh yang diamputasi atau berasal dari cairan dari tubuh manusia yang terinfeksi serta limbah dari laboratorium atau limbah dari infeksi kuman penyakit menular.

6. Limbah Korosif

   Limbah korosif adalah limbah yang menyebabkan iritasi pada kulit dan mampu mengkorosi baja.

7. Uji Toksikologi

   Uji toksikologi dilakukan dengan metode TCLP yaitu untuk menentukan mobilitas kontaminan pencemar organik maupun anorganik yang terdapat dalam limbah cair, padat ataupun campuran. Jika hasil analisa menunjukan

bahwa jenis kontaminan tidak terdeteksi atau konsentrasinya dibawah ambang batas (menurut peraturan yang berlaku), maka uji TCLP tidak perlu dilakukan. Namun jika ekstraksi bahan memiliki konsentrasi yang tinggi dan masuk dalam kategori pada peraturan yang berlaku, maka bahan tersebut termasuk dalam kategori B3.

Pada umumnya, proses pengolahan B3 dilakukan dengan tujuan sebagai berikut:

1. Mengurangi sifat toksik
2. Mengurangi konsentrasi senyawa berbahaya dengan ekstraksi, seh ingga selanjutnya dapat diolah atau digunakan kembali atau dimusnahkan.
3. Fiksasi limbah dalam suatu matriks yang dapat mengurangi aspek kelindian.
4. Mengimmobilisasi polutan dalam limbah untuk mencegah terjadinya lindi.

Lindi adalah limbah cair yang timbul a kibat masuknya air dari luar kedalam timbunan sampah, melarutkan dan membilas materi terlarut, termasuk materi organik hasil dekomposisi biologis.

Menurut US. EPA (2000), penggunaan bah an-bahan B3 harus dilakukan pengawasan seketat mungkin, termasuk dalam hal pengangkutan, penyimpanan dan pembuangan agar tidak terjadi kerusakan lingkungan dan memberikan pengaruh buruk terhadap manusia dan mahkluk hidup lainnya.

1. Penggunaan Bahan
    - Limbah harus tersimpan dalam kemasan tersegel dengan bahan kemasan yang cocok dan diberi Kode Regulasi Federal 22 CCR, Divisi 4.5 dan 49 CFR bagian 172, 173, 178 dan 179.
    - Semua limbah B3 harus disimpan, diangkut dan dibuang berdasarkan aturan kode regulasi federal 22 CCR divisi 4.5 dan 49 CFR 261-263.
    - Kemasan limbah haruslah disimpan pada tempat penyimpanan sementara (TPS) dan pada tempat yang sesuai dengan aturan.
    - Fasilitas TPS harus disediakan saluran tumpahan dan luas ruangan harus 1.5 kali kuantitas kemasan.

- TPS harus mampu mengakomodasi kuantitas limbah selama 72 jam.
- TPS harus bubas aliran tumpahan maupun air hujan.
- Harus dibuat pemisah atau pallet.
- Bahan yang tidak cocok harus dipisahkan.
- TPS harus terlindungi dari berbagai hal yang mampu menimbulkan kerusakan.
- Kemasan tidak boleh ditumpuk dan limbah tidak boleh dicampur.
- Kemasan harus disertai *Material Safety Data Sheet* (MSDS).
- Pencucian kemasan harus ditempat yang telah ditentukan.

2. Daur Ulang Limbah B3
    - Pengolahan limbah B3 harus dilakukan ditempat (*on-site*)
    - Limbah B3 harus disimpan pada kemasan tertutup rapat.
    - Jangan mencampur limbah yang tidak memiliki kecocokan, untuk menghindari reaksi yang berbahaya.
    - Gunakan bahan yang dapat didaur ulang, seperti cat dengan bahan dasar air.
    - Pastikan adanya label MSDS.
    - Letakkan limbah secara teratur.
    - Pastikan limbah B3 dikumpukan, dimusnahkan dan dibuang pada area yang terdaftar.
3. Prosedur Pembuangan
    - Limbah B3 harus diangkut dan dibuang dengan angkutan dan pada daerah yang telah terdaftar secara resmi.
    - Fasilitas pembuangan harus memiliki izin dari Departemen Kesehatan.
    - Setiap limbah ynag akan dibuang harus dilengkapi MSDS.

2.4 Strategi Pengolahan Limbah Padat

Pada proses pengolahan industri penghasil limbah dilakukan dengan berurutan tergantung dari jenis dan jumlah limbah padat yang dihasilkan untuk penelitian pengolahan limbah padat dilakukan den gan sistem solidifikasi.

Langkah-langkah awal dalam pengolahan limbah padat ini sebagai berikut:

1. Pengkonsentrasian

   Pengkonsentrasian sludge pada umumnya dilakukan dengan cara gravitasi (dengan clarifier) dan thickener. Pengkonsentrasian pun dilakukan un tuk meningkatkan konsentrasi sludge sehingga dapat mengurangi volume sludge tersebut. Untuk memudahkan proses pengolahan selanjutnya sering dilakukan pengkonsentrasian thickener karena akan memberikan keuntungan ekonomis dan akan menurunkan tingkat volume limbah padatan tersebut.

2. Pengurangan kadar air

   Bertujuan untuk mengurangi kandungan kadar air sehingga sludge dapat lebih kering. Pada proses ini banyak digunakan proses filtrasi vakum, dan sentrifugasi.

3. Stabilisasi

   Menurut Slim dan Wakefield, 1991 pros es stabilisasi dapat dilakukan dengan berbagai cara antara lain dapat mencampur dengan tanah liat yang dilanjutkan dengan pembakaran yang pernah dilakukan di Afrika Selatan yakni dicampur dengan semen dan bahan lainnya sehingga bahan tercemar yang terdapat didalamnya akan lebih stabil. Proses stabilisasi secara umum dapat dilakukan dengan mengubah sludge menjadi bentuk yang kompak, tidak berbau dan tidak mengandung mikroorganisme yang dapat mengganggu kesehatan serta bahan-bahan pencemar yang berada didalam nya.

2.5 Solidifikasi

2.5.1 Prinsip Solidifikasi

Solidifikasi merupakan suatu teknologi penggunaan additive untuk mereduksi mobilitas dan/atau toksiksitas dari suatu polutan. Dimana dalam proses solidifikasi menggunakan suatu teknik membatasi kemampuan gerak fisik suatu limbah berbahaya dengan mereduksi atau mengeliminasi konsentrasi cairan dalam limbah tersebut (Malviyah, 2004).

Dijelaskan oleh Vondruska (2004), tingkat efektivitas solidifikasi terhadap lumpur IPAL telah dikembangkan dan diverivikasi. P rosedur yang digunakan dalam solidifikasi lumpur IPAL harus mengacu pada keuntungan ekonomis dengan proses pembakaran atau penambahan additif seperti Karbon Hitam sebagai bahan absorpsi serta peningkatan keefektifan dengan pelapisan aspal pada permukaan lu mpur yang akn disolidifikasi dengan maksud untuk memberikan lapisan kedap air. Penambahan Karbon Hitam dapat mereduksi dosis bahan pengikat yang dibutuhkan untuk melakukan proses solidifikasi lumpur IPAL serta mengurangi tingkat kelindian komposisi organik. Pelapisan dengan aspal sangat efektif mencegah terjadinya kelindian untuk semua polutan dalam lumpur tersebut. Metode ini juga dapat mengurangi unsur infeksius dari proses solidifikasi lumpur.

Tujuan utama solidifikasi adalah untuk meningkatkan integrita s struktur dari bahan dan mengurangi tingkat pe nyebaran polutan ke lingkungan. Tingkat keefektifan solidifikasi dapat dilakukan dengan melakukan uji kekuatan bahan.

Sebelum melakukan proses solidifikasi, harus dilakukan uji awal terhadap lumpur IPAL untuk mengevaluasi kekuatan dan membuat pembagian terhadap rasio campuran dengan bahan pengikat. Bahan pengikat lumpur dapat menggunakan semen, pasir serta tambahan bahan lainnya secara proporsional, dengan ratio air : bahan pengikat sebesar 0.4 – 0.8. bahan-bahan tersebut dicampur secara bersama selama 1 menit pada kondisi kering dan kemudiandidiamkan selam 3 menit setelah ditambahkan air. Pencampuran bahan-bahan tersebut dilakukan pada wadah denganj ukuran 5x5x5 cm dengan temperatur dan kelembaban ruang (Leong, 2002).

Proses solidifikasi dapat dilakukan dengan metode sebagai berikut:

1. *Macrocapsulation*

   Adalah suatu mekanisme dimana unsur pokok libah B3 secara fisika diperangkap dalam matriks padatan yang lebih besar, sehingga matriks B3 berada dalam pori-pori yang tidak terlewatkan pada bahan penstabil.

2. *Microcapsulation*

   Adalah suatu mekanisme dimana limbah B3 diperangkap dalam struktur kristal dari bahan padatan pada ukuran mikroskopik. Akibatnya meskipun bahan yang terstabilkan terdegradasi dalam bentuk partikel yang lebih kecil namun sebagian besar tetap dihambat. Karena limbah tidak berubah secar kimia namun tingkat pelepasan kontaminan dari massa terstabilisasi akan meningkat sejalan dengan penurunan ukuran partikel.

3. *Absorption*

   Adalah suatu proses yang memasukan kontaminan kedalam bahan penyerap yang sesuai dengan karakteristik limbah yang akn diserap. Seperti layaknya busa menyerap air. Absorbsi membutuhkan bahan padat untuk menyerap cairan bebas yang terkandung dalam limbah. Absorbsi digunakan hanya untuk menyempurnakan pengolahan limbah. Adapun *adsorbent* yang umum digunakan adalah:

   - Tanah
   - Abu
   - Semen
   - Soda
   - Serbuk gergaji
   - Jerami
   - Mineral tanah liat seperti tentonite

4. *Adsorption*

   Adalah suatu proses dimana polutan dalam limbah diikat secara elektronika untuk menstabilkan limbah dalam suatu padatan. Adsorbsi merupakan fenomena permukaan dan ikatannya merupakan ikatan *Van der Waals/Hydrogen Bendings*. Dimana polutan diikat secara kimia dalam padatan yang lebih stabil sehingga aman bagi lingkungan.

5. *Presipitation*

   Adalah suatu proses stabilisasi dengan mengendapakan kontaminan dari limbah, dimana proses ini akan menghasilkan bentuk konstituent lebih stabil dalam limbah.

6. *Detoxifcation*

   Adalah suatu proses reaksi kimaia tertentu selama terjadinya stabilisasi yang akan menghasilkan limbah dengan toksisitas lebih rendah. Detoksifikasi adalah suatu mekanisme yang akan mengubah unsur kimia kedalam bentuk lain yang tidak toksik.

Untuk meningkatkan efektivitas suatu proses solidifikasi, dibutuhkan kriteria bahan dan prosedur tertentu, yang akan dijelaskan berikut ini:

- Proses solidifikasi harus melalui Paint Filter Liquid Test (PFLT). Uji ini digunakan untuk mengetahui teknik terbaik yang dapat dilakukan dalam melakukan solidifikasi terhadap limbah.
- Limbah harus disolidifikasi dengan menggunakan bahan solidifikasi yang tidak dapat terdegradasi secara biologis oleh alam.
- Penambahan kriteria haruslah berdasarkan pengolahan terakhir, penyimpanan ataupun pembuangan setelah proses solidifikasi (Anonim, 2002).

2.5.2 Proses Solidifikasi

Langkah-langkah utama yang dapat dilakukan dalam proses solidifikasi adalah sebagai berikut:

1. Analisa dan penilaian
2. Pengolahan pendahuluan

3. Penambahan bahan pengikat dan pemadatan
4. Pengendalian kualitas hasil akhir
5. Pembuangan atau penggunaan kembali produk
6. Monitoring lahan (Anonim, 2002).

Beberapa teknik yang digunakan dalam perkerasan pada proses solidifikasi

1. Teknik Penyemenan
2. Teknik Pozzolan
3. Teknik Thermoplastic
4. Teknik Polimer Organik
5. Teknik Pengkapsulan
6. Teknik Swa-penyemenan
7. Teknik Vitrifikasi

Penilaian terhadap keefektifan suatu proses solidifikasi adalah sebagai berikut:

1. Uji Kuat Tekan

   Produk hasial solidifikasi harus mampu menahan beban yang berada diatasnya.
2. Uji Permeabilitas

   Adalah uji kemampuan bahan untuk meloloskan cairan.
3. Uji Kualitas Lindi

   Uji kualitas lindi memungkinan diketahuinya tingkat kelindian suatu produk stabilisasi dimana uji kelindian ini melalui uji TCLP.
4. Uji Stabilitas Jangka Panjang

   Simulasi pengujian stabilitas jangka panjang hanya dapat dilakukan pada area pembuangan sesungguhnya.

Kendala-kendala yang kerap dihadapi dalam proses solidifikasi adalah sebagaai berikut:

- Limbah mengandung senyawa yang mudah terbakar
- Limbah mengandung tingkat volatile yang cukup tinggi
- Limbah mengandung bahan biodegradable
- Limbah mengandung insectisida, fungis ida maupun pestisida
- Limbah mengandung borat (terlindikan) dan gula (melepas kapur)
- Limbah mengandung kation dan anion yang menggangu proses solidifikasi.

Keguanaan solidifikasi adalah sebagai berikut:

- Remediasi area pembuangan B3
- Pengolahan residu dari pengolahan sebelumnya

Pengolahan bahan yang terkontaminasi.

2.6 Pavali (Paving Blok Limbah Industri)

Menurut Frick (1999), pengertian paving blok adalah adukan kering yang dibuat dengan cara pemadatan dan tersusun dari campuran pasir dan semen Portland. Pada umumnya paving blok adalah suatu komposisi bahan bangunan yang terbuat dari campuran semen Portland atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air dan agregat tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu dari paving blok tersebut.

Secara umum bentuk paving blok harus sempurna dalam arti tidak terdapat retak-retak pada bagian sudut dan rusuknya tidak mudah dirapihkan dengan kekuatan jari. Campuran dari agregat halus, air dan semen saja disebut adukan atau mortar. Pencampuran dan pemakaian jenis bahan tersusun serta komposisi yang berbeda akan menghasilkan paving blok yang bervariasi kuat desaknya.

Bentuk dan ukuran paving blok bervariasi tergantung selera konsumen, tetapi secara umum ada 4-5 bentuk yang beredar dipasaran seperti bentuk persegi panjan g, segi enam, segi tiga, dan sebagainya.

Menurut Pino Iskandar, 1984 pada umumnya paving blok yang digunakan di Indonesia pada setiap tempat mempunyai karakteristik kekuatan desak sebesar 300

kg/cm2 kecuali untuk areal lalu lintas, dimana standar kekuatan nya adalah 450 kg/cm ^{2} .

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

Tabel 2.4 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)

2.7 Semen (Portland cement)

Semen adalah bahan anorganik yang mengeras pada pencampuran dengan air atau larutan garam. Contoh khas adalah semen Portland. Untuk menghasilkan semen Portland, bahan berkapur dan lempung dibakar sampai meleleh sebagian untuk membentuk klinker yang kemudian dihancurkan, digerus dan ditambah gips dalam jumlah sesuai dengan kebutuhan (Saito, 199 6).

Menurut Kardiyono Tjokrodimulyo, semen adalah bahan kidrolis berbentuk serbuk halus yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang mengandung kapur, silica, aluminium. Semen Portland dapat dibuat dengan cara mencampur dan membakar bahan dasar semen dengan suhu 1550 ^{0} c dan menjaadi klinker.

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 ar ti menjadi satu dan padat. Semen akan berfungsi sebagai pengikat apabila diberi air sehingga tergolong bahan pengikat hidrolis.

Pada kegunaan umum dipakai secara luas dalam pekerjaan umum dalam bidang konstruksi, yang merupakan bahan yang paling popular. Semen pengeras pada panas sedang mempunyai kalor hidrasi yang lebih rendah dari pada yang pertama digunakan dalam bidang yang memerlukan beton dalam jumlah besar.

Semen Portland adalah campuran kompleks dari kalsium silikat dan aluminat. Reaksi kimia antara semen Portland dengan air menghasilkan senyawa-senyawa yang disertai pelepasan panas. Kondisi ini mengandung resiko besar terhadap penyusutan kering beton cenderung retak pada beton. Reaksi semem dengan air dibedakan menjadi 2 (dua) yaitu periode pengikat dan periode pengeras. Pada periode pengikat merupakan peralihan dari keadaan plastis ke keadaan keras, sedangkan pengerasan adalah penambahan kekuatan setelah pengikatan selesai.

Ketika semen dicampur dengan air timbul reaksi kimia antara 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 :

Tabel 2.5 Unsur-Unsur Penyusun Semen

Nama Unsur	Simbol	Komposisi Kimia	(%)
Trikalsium silikat	C_3S	$3CaO.SiO_2$	50
Dikalsium silikat	C_2S	$2CaO.SiO_2$	25
Trikalsium Aluminat	C_3A	$3CaO.Al_2O_3$	12
Tetrakalsium Aluminoferrite	C_4AF	$4CaO\ Al_2O_3Fe_2O_3$	8

(Sumber : Tjokrodimulyo, 1995)

Reaksi-reaksi yang terjadi dalam beton adalah sebagai berikut :

- Reaksi Trikalsium silikat dengan air

  $2(3CaO.SiO_2) + 6H_2O \rightarrow .3H_2O + 3CaO.SiO_2.3Ca(HO)_2$ ……(1)

- Reaksi Dikalsium silikat dengan air :

  $2(2CaO.SiO_2) + 4H_2O \rightarrow 3CaO.2SiO_2.3H_2O + 3Ca(OH)_2$……(2)

- Reaksi semen Portland dalam beton dengan membentuk ikatan awal adalah

  $3CaO.Al_2O_3+6H_2O \rightarrow 3CaO.2Al_2O_3.6H_2O$+panas……..(3)

Unsur-unsur $3CaO.SiO_2$ dan $2CaO.SiO_2$ adalah bagian terpenting dalam semen hidrasi karena kedua unsure ini hanya dengan adanya air merupakan pengikat pada proses hidrasi dan membentuk kalsium silikat hidrat.

2.8 Agregat Halus

Ada pasir alam, makadam yang dibuat dengan memecah kerikil alam, batu, pasir halus, juga agregat buatan slag tanur tinggi berupa agregat kasar dan agregat buatan ringan. Agregat menempati 65-80% volum total dari beton, sifat-sifatnya sangat dipengaruhi kualitas beton. Agregat yang baik seharusnya mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

1. Keras dan kuat
2. Bersih
3. Tahan lama
4. Masa jenis tinggi
5. Butir bulat
6. Distribusi ukuran butir yang cocok dan sebagainya.

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar (beton). Agregat sangat berpengaruh terhadap sifat mortar pada beton sehingga agregat merupakan satu bagian terpenting pada beton. Berdasarkan besar butirannya agregat dibedakan menjadi dua yaitu agregat halus dan agregat kasar. Dimana agregat halus adalah agregat yang ukurannya minimal 4,75 mm sedangkan agregat kasar adalah agregat yang ukuran butirannya lebih besar dari 4,75 mm (Tjokrodimulyo, 1995).

Agar dapat menghasilkan agregat yang baik, maka agregat harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. Agregat harus keras
2. Agregat harus bersih dan tidak mengandung zat yang berbahaya terhadap beton, seperti:
   a. Partikel lebih kecil dari 200 mesh
   b. Zat Organik

c. Garam khlorida

d. Sulfat

3. Agregat tidak boleh bersifat reaktif terhadap alkali
4. Agregat harus kekal (tidak boleh berunah bentuk)

Perbedaan dari pasir dan kerikil adalah ukuran butiran yang terdapat didalamnya. Komposisi dari pasir adalah (SiO_2)

2.9 Air

Beton menjadi keras karena reaksi semen dan air. Oleh karena itu, air yang dipakai untuk mencampur kadang-kadang mengubah sifat semen. Kalau dipakai air sekarang bukan air ledeng dan sebangsanya, maka perlu diperiksa terlebih dahulu apakah air tersebut cocok untuk dicampurkan dengan beton atau tidak (Saito, 1987).

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 air payau maka air dapat diganakan dengan aman (Tjokrodimulyo, 1995).

2.10 Logam Berat

Logam berat adalah komponen alamiah lingkungan yang mendapatkan perhatian lebih akibat ditambahkan ke dalam tanah dalam jumlah yang semakin meningkat dan bahaya yang mungkin ditimbulkan. Logam berat menunjuk pada logam yang mempunyai berat jenis lebih tinggi dari 5 atau 6 g/cm³. Namun pada kenyataannya dalam pengertian logam berat ini, dimasukkan pula unsur-unsur metaloid yang mempunyai sifat berbahaya seperti logam berat sehingga jumlah seluruhnya mencapai lebih kurang 40 jenis. Beberapa logam berat yang beracun tersebut adalah As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni dan Zn. (jumiati , Wild , 1995)

2.10.1 Kromium (Cr)

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

Tabel 2.6 Beberapa sifat fisik logam kromium

Nama	Kromium
Simbol	Cr
Nomor Atom	24
Massa atom relative	51,996 g/mol
Titik leleh	1857.0 ºC (2130.15 ºK, 3374.6 ºF)
Titik didih	2672.0 ºC (2945.15 ºK, 4841.6 ºF)
Nomor Protton/Elektron	24
Nomor Neutron	28
Klasifikasi	Logam transisi
Struktur Kristal	Kubik
Densitas @ 293 K	7.19 g/cm³
Warna	Abu-abu

(Sumber : Anonim, 2005)

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

Kromium mempunyai konfigurasi electron 3d^5 4S^1, sangat keras, mempunyai titik leleh dan titik didih tinggi diatas titik didih dan titik leleh unsur-unsur transisi deret pertama lainnya. Bilangan oksidasi yang terpenting adalah +2, +3 dan +6. Jika dalam keadaan murni melarut dengan lambat sekali dalam asam encer membentuk garam kromium (II). (Ahmad, Hiskia, 1992)

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

$$2\ Cr^{2+}\ (aq) + 4H + (aq) + O_2\ (g) + 2\ Cr^{3+}\ (aq) + 2\ H_2O\ (l) \quad \text{…….....(4)}$$

Senyawa yang terbentuk dari ion kromium (III) atau Cr^{3+} bersifat amporter dan merupakan ion yang paling stabil diantara kation logam transisi yang lainnya serta dalam larutan, ion ini terdapat sebagai $[Cr\ (H_2O)_6]^{3+}$ yang berwarna hijau. Senyawa yang terbentuk dari ion logam Cr^{6+} akan bersifat asam. Cr^{3+} dapat mengendap dalam bentuk hidroksida. Krom hidroksida ini tidak terlarut dalam air pada kondisi pH optimal 8.5 – 9.5 akan tetapi akan melarut lebih tinggi pada kondisi pH rendah atau asam. Cr^{6+} sulit mengendap sehingga dalam penanganannya diperlukan zat pereduksi dari Cr^{6+} menjadi Cr^{3+}. (Pajar, 1994)

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

- Efek Krom bagi Kesehatan

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

  Logam kromium (VI) berbahaya bagi kesehatan manusia, sebagian besar pada orang-orang yang bekerja di industri tekstil dan baja. Ketika kromium (VI) didalam kulit menyebabkan alergi kulit seperti *skin rashes*.

Permasalahan kesehatan yang lain disebabkan oleh kromium (VI) adalah :

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

- Efek Krom pada Lingkungan

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

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

2.10.2 Seng (Zn)

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

Tabel 2.7 Beberapa sifat fisik logam Seng

Nama	Seng (Zn)
Simbol	Zn
Nomor Atom	30
Massa atom relative	65.39 g/mol
Titik leleh	419.58 ºC (692.73 ºK, 787.24396 ºF)
Titik didih	907.0 ºC (1180.15 ºK, 1664.6 ºF)
Nomor Protton/Elektron	30
Nomor Neutron	-
Klasifikasi	Logam transisi
Struktur Kristal	Hexagonal
Densitas @ 293 K	7.133 g/cm³
Warna	Kebiru-biruan

(Sumber : Anonim, 2007)

Seng adalah suatu *bluish-white*, metal berkilauan, *Zinc* merupakan logam seperti perak banyak digunakan dalam industri baja supaya tahan karat, membuat kuningan, membuat kaleng yang tahan panas dan sebagainya. Rapuh pada suhu lingkungan tetapi lunak pada suhu 100-150 ºC. Merupakan suatu konduktor listrik dan terbakar tinggi didalam udara pada panas merah -pijar.

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

$ZnO + C \rightarrow Zn + CO$ ……(5)

$ZnO + CO \rightarrow Zn + CO_2$ ……(6)

$CO_2 + C \rightarrow 2CO$ ……(7)

Tipe lain dari ekstrasi adalah *electrolytic*. Penguraian dari *zinc oxide* mentah, ZnO, didalam *sulphuric acid* menjadi *zinc sulfate*, $ZnSO_4$. Solusi dari elektrolisis $ZnSO_4$ menggunakan katoda alumunium dan dicampur timah dengan anoda perak membentuk logam seng murni yang dilapisi aluminium. Gas oksigen dibebaskan pada anoda.

- Efek Seng bagi Kesehatan

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

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

  Walaupun manusia mampu menangani konsentrasi seng yang besar, zinc terlalu banyak dapat menyebabkan permasalahan kesehatan utama, seperti kram perut, iritasi kulit dan kekurangan darah merah. Tingkatan seng yang sangat tinggi juga dapat merusak pancreas dan mengganggu metabolisme protein dan menyebabkan pengapuran pembuluh darah. (Anonim, 2005)

- Efek Seng pada Lingkungan

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

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

  Jumlah seng yangbesar dapat ditemukan didalam tanah. Ketika lahan tanah pertanian dikotori dengan seng, binatang akan menyerap konsentrasi

tersebut yang akan merusak kesehatan mereka. Seng tidak hanya ancaman bagi lembu, tetapi juga pada tanaman. (Anonim, 2005)

2.10.3 Timbal (Pb)

Timbal (Pb) telah dikenal sejak zaman dahulu karena sangat banyak terdapat pada kerak bumi. Timbal berwarna *bluish-white* dan digolongkan dalam *other metal*, halus, lembut dan merupakan konduktor listrik yang lemah.

Tabel 2.8 Beberapa sifat fisik Timbal

Nama	Timbal
Simbol	Pb
Nomor Atom	82
Massa atom relative	207.2 g/mol
Titik leleh	327.5 ºC (600.65 ºK, 621.5 ºF)
Titik didih	174.0 ºC (2013.15 ºK, 3164.0 ºF)
Nomor Protton/Elektron	82
Nomor Neutron	125
Klasifikasi	Logam
Struktur Kristal	Kubik
Densitas @ 293 K	11.34 g/cm³
Warna	Kebiru-biruan

(Sumber : Anonim, 2007)

Timbal didalam industri digunakan sebagai bahan pelapis untuk bahan kerajinan dari tanah karena pada temperatur yang rendah bahan pelapis dapat digunakan . Sekarang banyak juga digunakan sebagai pelapis pita-pita, karena mempunyai sikap resisten terhadap bahan korosif dan bahan baterai, cat.

Senyawa yang paling penting adalah $(CH_3)_4$ Pb dan $(C_2H_5)_4$ Pb yang dibuat dalam jumlah yang sangat besar untuk digunakan sebagai zat “antiknock” dalam bahan bakar.

- Efek Timbal bagi Kesehatan

  Timbal adalah logam halus yang telah dikenal banyak penerapannya dari tahun ketahun. Timbal termasuk salah satu logam golongan empat yang

sangat merugikan bagi kesehatan manusia. Dapat kedalam melalui tubuh melalui makanan (65%), air (20%) dan udara (15%). Makanan seperti buah, sayur-sayuran, daging dan *seafood* kemungkinan mengandung timbale. Asap rokok juga mengandung sedikit timbal. (Anonim, 2005)

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

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

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

- Kekurangan darah merah
- Kerusakan ginjal
- Kerusakan otak
- Terjadi paralysis pada urat syaraf

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

- Efek Timbal pada Lingkugan

Timbal terjadi secara alami didalam lingkungan. Kebanyakan konsentrasi timbal yang ditemukan dalam lingkungan adalah dari hasil aktivitas manusia. Dalam mesin kendaraan (motor, mobil) timbale dibakar sehingga timbale *salts* (*Clorines, bromines, oxides*) akan bereaksi. Timbal salt masuk ke lingkungan melalui pipa pembuangan (knalpot) kendaraan. Pertikel yang lebih besar akan jatuh ke tanah sehingga mencemari air permukaan dan tanah. Partikel yang lebih kecil akan lepas melalui udara dan sisa nya akan tinggal diatmosfer. Sebagian akan kembali ke bumi ketika sedang hujan.

Tidak hanya timbale gasoline menyebabkan konsentrasi timbal d ilingkungan meningkat. Disisi lain aktivitas manusia seperti pembakaran bahan bakar, proses industri dan pembakaran limbah padat juga mempengaruhi.

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

Fungsi tanah terganggu karena intervensi timbale, terutama disekitar lahan pertanian dan jalan raya, dimana konsentrasi saat itu sangat tinggi. Organisme didalam tanah juga dapat ter ganggu karena timbal beracun tersebut (Anonim, 2007).

2.10.4 Tembaga (Cu)

Tembaga (Cu) merupakan suatu unsur yang penting dan berguna untuk metabolisme. Batas dari unsur ini yang mempengaruhi rasa pada air berkisar antara 11-5 mg/lt merupakan batas kons entrasi tertinggi untuk mencegah timbulnya rasa yang tidak enak.

Tabel 2.9 Beberapa sifat fisik Tembaga

Nama	Tembaga
Simbol	Cu
Nomor Atom	29
Massa atom relative	63.546 g/mol
Titik leleh	1083.0 ºC (1356.15 ºK, 1981.4 ºF)
Titik didih	2567.0 ºC (2840.15 ºK, 4652.6 ºF)
Nomor Protton/Elektron	29
Nomor Neutron	35
Klasifikasi	Logam transisi
Struktur Kristal	Kubik
Densitas @ 293 K	8.96 g/cm³
Warna	Merah

(Sumber : Anonim, 2007)

Tembaga dengan nama kimia *cuprum* dilambangkan dengan Cu. Unsur ini berbentuk kristal dengan warna kemerahan. Dalam tabel periodik unsur-unsur kimia tembaga menempati posisi dengan nomor atom (NA) 29 dan mempunyai bobot atau massa atom relatif 63.546 g/mol.

Secara umum sumber masuknya logam Cu kedalam tatanan lingkungan adalah secara alamiah dan non alamiah. Berikut ini adalah proses masuknya Cu ke alam :

1. Secara alamiah Cu masuk ke dalam suatu tatanan lingkungan sebagai akibat peristiwa alam. Unsur ini dapat bersumber dari peristiwa pengikisan (erosi) dari batuan mineral, dari debu-debu dan atau partikulat-partikulat Cu yang ada dalam lapisan udara yang turun bersama hujan.
2. Secara non alamiah Cu masuk kedalam suatu tatanan lingkungan sebagai akibat dari suatu aktivitas manusia. Jalur dari aktivitas manusia ini untuk memasukkan Cu kedalam lingkungan ada berbagai macam cara, salah satunya adalah dengan pembuangan oleh industri yang memakai Cu dalam proses industrinya.

- Efek Tembaga bagi Kesehatan

  Sebagai logam berat Cu berada dengan logam berat lainnya,seperti Hg, Cd, Cr. Logam berat Cu digolongkan kedalam logam berat yang dipentingkan atau logam berat *essential*, artinya meskipun Cu merupakan logam berat beracun, unsur logam ini sangat dibutuhkan tubuh meski dalam kadar yang sedikit. Cu dibutuhkan sebagai komplek protein yang mempu nyai fungsi tertentu dalam pembentukan hemoglobin, kalogen, pembuluh darah dan *myelin* otak. Toksisitas yang dimiliki oleh Cu baru akan bekerja dan memperlihatkan pengaruhnya bila logam ini telah masuk kedalam tubuh organisme dalam jumlah besar atau melebihi nilai toleransi dari organisme tersebut.

Pada manusia, keracunan Cu secara kronis dapat dilihat dengan timbulnya penyakit *Wilson* dan *Kinsky*. Gejala penyakit *Wilson* ini adalah terjadinya *hepatic cirrhosis*, kerusakan pada otak dan *demyelinasi*, serta terjadinya penurunan kerja ginjal dan pengendapan Cu dalam kornea mata. Pada penyakit *Kinsky* dapat diketahui dengan terbentuknya rambut yang kaku dan berwarna merah pada penderita.

- Efek Tembaga pada Lingkungan

  Tembaga yang masuk kedalam tatanan lingkungan perairan dapat berasal dari peristiwa-peristiwa almiah sebagai efek samping dari aktivitas yang dilakukan oleh manusia. Aktivitas manusia seperti pembuangan limbah industri, pertambangan Cu, industri galangan kapal dan bermacam aktivitas pelabuhan lainnya merupakan salah satu jalur yang mempercepat terjadinya peningkatan kelarutan Cu dalam badan perairan. (palar, 1994)

  Dalam kondisi normal, keberadaan Cu dalam perairan ditemukan dalam bentuk senyawa Cu CO_3^+, $CuOH^-$ dan lain-lain. Biasanya jumlah Cu yang terlarut dalam perairan laut adalah 0.002 ppm sampai 0.005 ppm. Bila dalam badan perairan laut terjadi peningkatan kelarutan Cu, sehingga melebihi ambang batas yang semestinya, maka akan terjadi peristiwa "*biomagnifikasi*" terhadap biota perairan. Peristiwa *biomagnifikasi* ini akan dapat ditunjukkan melalui akumulasi Cu dalam tubuh biota perairan tersebut. Akumulasi dapat terjadi sebagai akibat dari terjadinya konsumsi Cu dalam jumlah yang berlebihan, sehingga tidak mampu metabolisme oleh tubuh. (Anonim, 2007)

2.10.5 Nikel (Ni)

Logam Nikel (Ni) dapat dikategorikan sebagai logam baru, baik ditinjau dari segi pengenalan maupun segi penggunaannya dalam bidang industri. Paduan logam nikel dengan logam lain akan menghasilkan logam paduan yang memiliki sifat anti karat, tahan goresan, tahan terhadap perubahan temperatur mendadak serta

mempunyai daya hantar listrik yang cukup baik. Kesemuanya itu sangat diperlukan dalam kehidupan modern.

Tabel 2.10 Beberapa sifat fisik Nikel

Nama	Nikel
Simbol	Ni
Nomor Atom	28
Massa atom relative	58.6934 g/mol
Titik leleh	1453.0 ºC (1726.15 ºK, 2647.4 ºF)
Titik didih	2732.0 ºC (3005.15 ºK, 4949.6 ºF)
Nomor Protton/Elektron	28
Nomor Neutron	31
Klasifikasi	Logam transisi
Struktur Kristal	Kubik
Densitas @ 293 K	8.902 g/cm³
Warna	Putih

(Sumber : Anonim, 2007)

Nikel banyak digunakan untuk pembuatan uang logam, baterai, bahan elektronika, alat laboratorium, *alloy* baja dan *stainless steel*. Ada kesan dari sebagian besar masyarakat bahwa unsur Nikel bukanlah zat gizi yang penting. Na mun menurut penelitian W.R Gordon, S.S Schwemmer dan W.S Hilman, 1978 dalam buku karangan A.H Nasution dan D.Karyadi, 1998 menyatakan bahwa kebutuhan nikel tikus dan ayam sekitar 50 ngr per gram makanan. Bila dari hasil percobaan ini diinterpolasikan pada manusia, maka kebutuhan nikel untuk manusia berkisar antara 16 – 25 µgr per kalori.

- Efek Nikel bagi Kesehatan

  Nikel ditemukan dalam sayur-sayuran, kacang-kacangan dan biji-bijian. Jika unsur Nikel terdapat dalam tubuh manusia jumlahnya melebihi 10mg, hal ini sudah cukup untuik mengganggu tubuh. Bila terkena atau keracunan nikel, akibat yang timbul adalah *desmatitis*. Terutama bila lansung kontak dengan nikel, misalnya memegang uang logam atau perhiasan dari nikel.

Senyawa nikel yang paling toksik adalah nikel karbonil. Ini merupakan hasil reaksi nikel atau senyawanya dengan karbon monoksida. Gejala yang timbul adalah pusing dan muntah-muntah. Gejala ini akan hilang jika kita bernafas pada udara bersih yang segar. Nikel karbonil yang serius akan mengakibatkan kanker paru-paru dan hidung. Diperkirakan bila menghirup nikel 30 ppm dari udara selama 20 menit terus menerus orang akan mati. Hasil penelitian Asril Agus, 1990 bahwa asap rokok banyak mengandung nikel karbonil. Keracunan nikel karbonil dapat terjadi dalam tiga bentuk, yaitu :

1. Kontak lansung dengan larutan garam nikel, ini terjadi pada daerah pengolahan/peleburan biji besi atau *galvanisasi*, dapat menyebabkan *dermatitis*.
2. Menghirup persenyawaan Ni-Karbonil yang merupakn gas yang beracun, menimbulkan *bronchopneumonia, hermorrahagika* hingga kematian.
3. Menghirup debu nikel, akan dapat menyebabkan tumor ganas (kanker) pada paru-paru.

Keracunan serius indicator yang jelas adalah munculnya nikel di *urine* lebih dari 0.5 mg/l. keracunan akut dan penawar yang baik adalah *dietilditiokarbonat*. Pengeluaran nikel sebagian besar melalui *feses*.

- Efek Nikel pada Lingkungan

Sebagai bahan paduan logam, nikel menempati urutan kedua setelah mangan. Keberadaan batuan nikel dalam inti bumi kira-kira sebesar 3%, sedangkan di dalam kerak bumi 0,003%. Pembentukan nikel di alam biasanya bersama-sama dengan kkromium dan platina di dalam batuan ultra basa.

Pada umumnya batuan nikel terdapat dalam dua bentuk yang berlainan yaitu sebagai bantuan nikel primer/sulfide dan bantuan nikel sekunder laterit. Biji sulfide adalah bantuan nikel yang terjadi sebagai mineral komplek yang mengandung tembaga, perak dan sedikit logam mulia serta kobalt. Batuan nikel laterit terjadi

sebagai endapan yang massif (*massive*) dipermukaan tanah atau tidak jauh dalam tanah (*sub-surface*) (Puslitbang Teknologi Mineral, 1993)

Nikel laterit merupakan batuan hasil perlapukan batuan uktra basa. Endapan nikel sikat atau literit sebagai hasil konsentrat residual yang ada, pada umunya tidak mempunyai komposisi yang tepat. Mineral-mineral nikel literit utama yang dihasilkan adalah Glautit ($H_4Ni_2Mg_2(SiO_4)_34H_20$), Konarit ($H_4Ni_2Si_3O_{10}$) dan Garnirit (Mg, Ni) SiO_3 + n. H_2O. Dari ketiga mineral tersebut, Granirit mengandung nikel oksida sampai 32,52%.

Batuan nikel literit mudah didapat dibandingkan dengan batuan nikel sulfide karena terdapat dipermukaan tanah banyak mengandung unsur logam yang merupakan hasil pelapukan sehingga dipandang dari sudut ekonomi sangat menguntungkan. (Anonium, 2007).

berasal dari bahasa Yunani yaitu *chroma (color)*. Ditemukan oleh Louis Vauquelin pada tahun 1797. Logam ini berwarna *gray* (abu-abu) dan digolongkan dalam *transition metal*.

Tabel 2.11 Beberapa sifat fisik logam kromium

Nama	**Kromium**
Simbol	Cr
Nomor Atom	24
Massa atom relative	51,996 g/mol
Titik leleh	1857.0 ºC (2130.15 ºK, 3374.6 ºF)
Titik didih	2672.0 ºC (2945.15 ºK, 4841.6 ºF)
Nomor Protton/Elektron	24
Nomor Neutron	28
Klasifikasi	Logam transisi
Struktur Kristal	Kubik
Densitas @ 293 K	7.19 g/cm³
Warna	Abu-abu

(Sumber : Anonim, 2007)

Salah satu logam transisi yang penting adalah kromium. Sepuhan kromium (*Chrome Plating*) banyak digunakan pada peralatan sehari-hari, pada mobil dan sebagainya, karena lapisan kromium ini sangat indah, keras dan melindungi logam

lain dari korosi. Kromium juga penting dalam paduan logam dan digunakan d alam pembuatan "stainless steel".

Kromium mempunyai konfigurasi electron 3d^5 4S^1, sangat keras, mempunyai titik leleh dan titik didih tinggi diatas titik didih dan titik leleh unsur - unsur transisi deret pertama lainnya. Bilangan oksidasi yang terpentin g adalah +2, +3 dan +6. Jika dalam keadaan murni melarut dengan lambat sekali dalam asam encer membentuk garam kromium (II). (Ahmad, Hiskia, 1992)

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

$$2\ Cr^{2+}(aq) + 4H + (aq) + O_2\ (g) + 2\ Cr^{3+}\ (aq) + 2\ H_2O\ (l) \quad \text{.....(8)}$$

Senyawa yang terbentuk dari ion kromium (III) atau Cr^{3+} bersifat amporter dan merupakan ion yang paling stabil diantara kation logam transisi yang lainnya serta dalam larutan, ion ini terdapat sebagai $[Cr\ (H_2O)_6\ ]^{3+}$ yang berwarna hijau. Senyawa yang terbentuk dari ion logam Cr^{6+} akan bersifat asam. Cr^{3+} dapat mengendap dalam bentuk hidroksida. Krom hidroksida ini tidak terlarut dalam air pada kondisi pH optimal 8.5 – 9.5 akan tetapi akan melarut lebih tinggi pada kondisi pH rendah atau asam. Cr^{6+} sulit mengendap sehingga dalam penanganannya diperlukan zat pereduksi dari Cr^{6+} menjadi Cr^{3+}. (Pajar, 1994)

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

2.11 Lindi (Leachate)

Lindi adalah cairan yang keluar dari suatu padatan yang terkontaminasi oleh zat-zat pencemar yang ditimbulkan oleh limbah yang mengalami proses pembusukan. Lindi juga merupakan suatu cairan yang mencakup semua komponen yang terkurung

didalam cairan tersebut sehingga cairan tersebut tersaring dari limbah berbahaya (EPA, 1992)

Pelindian merupakan parameter kunci dari suatu keefektifan dari proses solidifikasi yang berkaitan dengan pencemaran lingkungan. Untuk itu untuk menguji kualitas lindi dilakukan uji TCLP. Dimana uji TCLP merupakan salah satu langkah menguji toksisitas limbah untuk bahan-bahan yang dianggap berbahaya dan beracun dengan penekanan pada nilai kelindian.

TCLP merupakan bagian dari aturan toksisitas. Toksisitass adalah satu dari empat karakteristik yang digunakan untuk menentukan jika suatu limbah padat, tidak termsuk limbah B3, atau digolongkan kedalam limbah B3. dimana tiga karakteristik lainnya yaitu mudah terbakar, korosif dan reaktif.

Menurut Tchobanoglous dkk (1993), metode TCLP digunakan untuk menilai resiko karakteristik limbah berbahaya yang berada dalam samaph pada area *landfill* untuk air tanah. TCLP terdiri dari 4 uji pokok, yaitu:

1. Sampel persiapan untuk melepaskan
2. Sampel melepaskan
3. Persiapan lindi untuk analisa
4. Analisa lindi

Tes TCLP tidak bisa digunakan untuk memprediksi senyawa kimia beracun untuk melepaskan lindi dari barang sisa berminyak sampai ketanah untuk mencemari air tanah.

2.12 Kuat Tekan Paving Blok

Kuat tekan paving blok dipengaruhi oleh perbandingan air dan semennya. Semakin rendah perbandingan air dan semennya semakin tinggi kuat tekan paving blok. Kekuatan paving blok di pengaruhi oleh hal sebagai berikut:

1. Perbandingan dari bahan-bahannya
2. Sifat dari bahan pembentuknya
3. Cara pengadukan dan penuangannya
4. Perawatan selama proses pengerasannya

5. Cara pemadatan
6. Umur paving blok

Pengujian kuat tekan paving blok dilakukan terhadap benda uji paving blok berukuran 11,5 cm dengan ketebalan 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 (cm^2)

Sedangkan kuat tekan rata-rata dihitung dengan rumus 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)

$\sigma'rt$ = kuat tekan paving blok rata-rata (kg/cm^2)

2.13 Pengujian Daya Serap Air

Setelah pelaksaan pengujian daya serap telah dilakukan pada perawatan suhu 60^o C selama 28 hari.

Adapun tahapan pelaksanaannya adalah sebagai berikut:

1. Setelah dicetak paving blok didiamkan selama 3 x 24 jam
2. Pada hari keempat membuat bejana yang terbuat dari seng dengan ketinggian 5cm
3. Setelah itu, bejana direkatkan pada paving blok dan luarnya diberi lilin cair untuk merapatkan antara bejana dengan paving blok.
4. Kemudian setelah diisi air dibiarkan selama 1 x 24jam kemudian dilihat apakah meresap air atau tidak.

5. Setelah itu, jika bejana itu meresap air maka air yangtelah meresap ditambahkan terus dan diamkan selama 3jam.
6. Setelah dibiarkan masukkan kedalam oven dan bi arkan selama 1 x 24jam.

Adapun berat basah dan kering dapat dihitung dengan menggunakan perhitungan daya serap air yakni:

$$\text{Daya serap air} = \frac{Wb - Wk}{Wk} \times 100\%$$

Dimana : Wb = Berat paving blok basah (gram)

Wk = Berat paving blok kering (gram)

2.14 Hipotesa

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

1. Lumpur IPAL PT. Denso Indonesia yang merupakan kategori B3 dapat dipergunakan untuk mensubstitusi maupun sebagai aditip ag regat halus dalam pembuatan Paving Blok.
2. Solidifikasi lumpur IPAL PT. Denso Indonesia dengan pembuatan Paving Blok tidak hanya terjadi pengikatan hidrolis tetapi juga mampu mengikat logam berat yang kemungkinan dapat terlepas di lingkungan.
3. Paving Blok yang terbentuk dapat memenuhi standar SNI bahan bangunan.

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi yang digunakan untuk penelitian adalah laboratorium FTSP UII dan laboratorium terpadu Universitas Islam Indonesia. Adapun tempat pencetakan p aving blok yang berlokasi di Wahyu Marga Jaya jalan raya cangkringan, kledokan - wedomartani Yogyakarta.

3.2 Waktu Penelitian

Waktu penelitian dimulai dari bulan April sampai Bulan September 2007, selanjutnya penulis mengolah data dan kemudian menyusun Tugas akhir sampai selesai.

3.3 Bahan Dan Alat

Bahan dan alat yang diteliti adalah sebagai berikut:

3.3.1 Bahan-bahan

1. Limbah *sludge* PT.Denso yang digunakan sebagai bahan baku sebagai bahan susun dalam pembuatan paving blok
2. Bahan pengikat berupa semen portland tipe1 m erk Nusantara
3. Bahan susun pasir yang berasal dari lereng Gunung Merapi, mill dari pecahan batu marmer merk Jempol serta air PDAM.

3.3.2 Alat-alat

1. Alat pencampur (Mixer) dan mesin penggetar (mesin ayak)
2. Cetakan paving blok
3. Mesin press
4. Alat uji kuat tekan
5. Oven
6. AAS (atomic absorption spectrophotometer)

3.4 Variabel Yang Diteliti

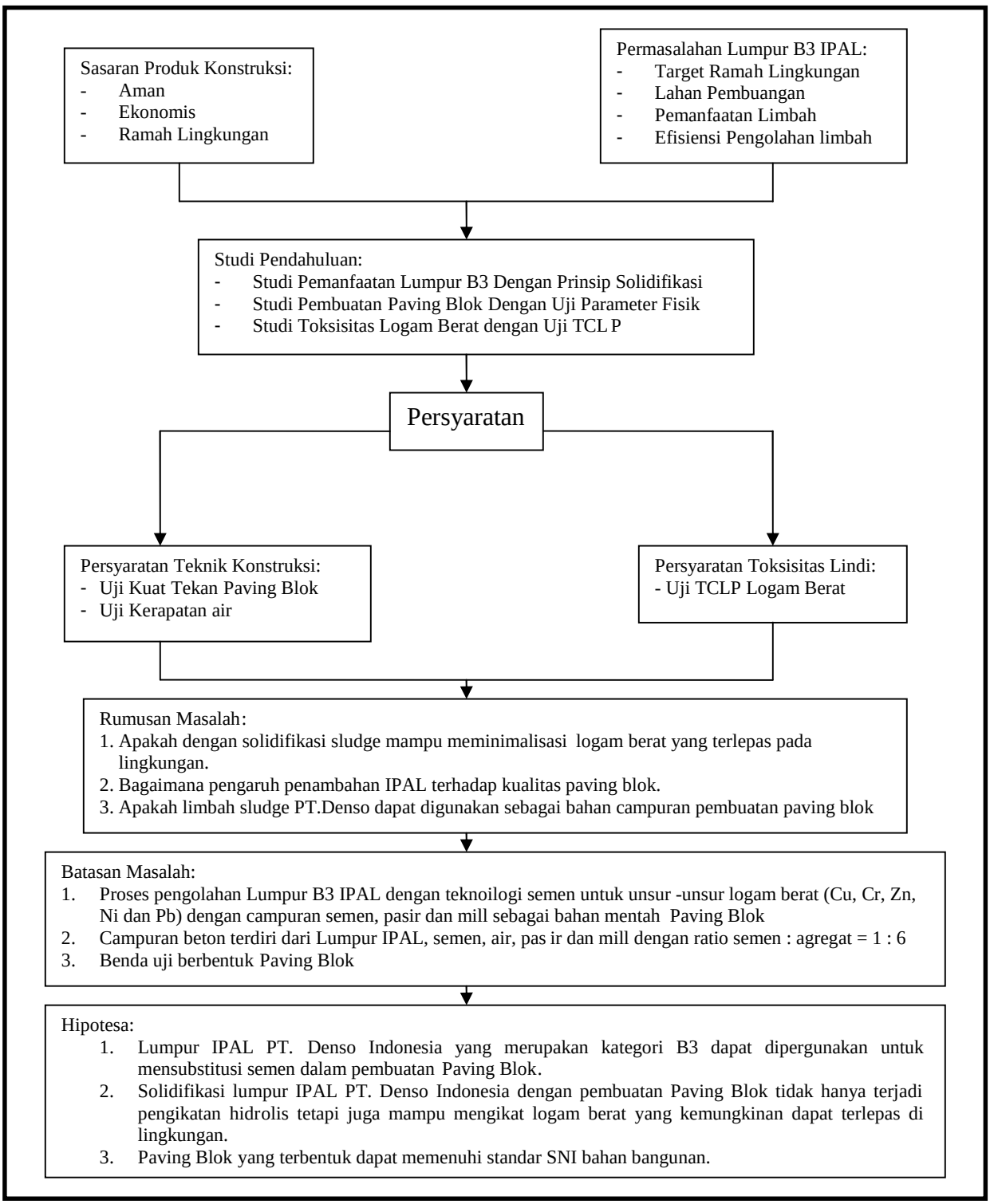
a. Variabel terikat yaitu analisa daya serap air, kuat tekan dan tingkat perlindian dengan TCLP.
b. Variabel bebas yaitu :
    1. Variabel unsur yang dianalisa berupa logam berat Cr, Cu, Zn, Ni dan Pb.
    2. Variabel perbandingan adalah campuran pembuatan benda uji paving blok (perbandingannya 1 : 6 dalam berat (kg) dimana 1 semen sedangkan 6 untuk campuran pasir dan limbah dengan dibuat lima percobaan), proporsi limbahnya 0%, 20%, 30%, 40%, dan 50% dari pasir.

Tabel 3.1 Perbandingan antara semen dan agregat halus 1 : 6

Percobaan	**Semen (kg)**	**Agregat Halus 6 kg**		**% Limbah**
		Pasir	**Limbah (kg)**	
1	1	6	0	0
2	1	4,8	1,2	20
3	1	4.2	1,8	30
4	1	3.6	2,4	40
5	1	3	3,0	50

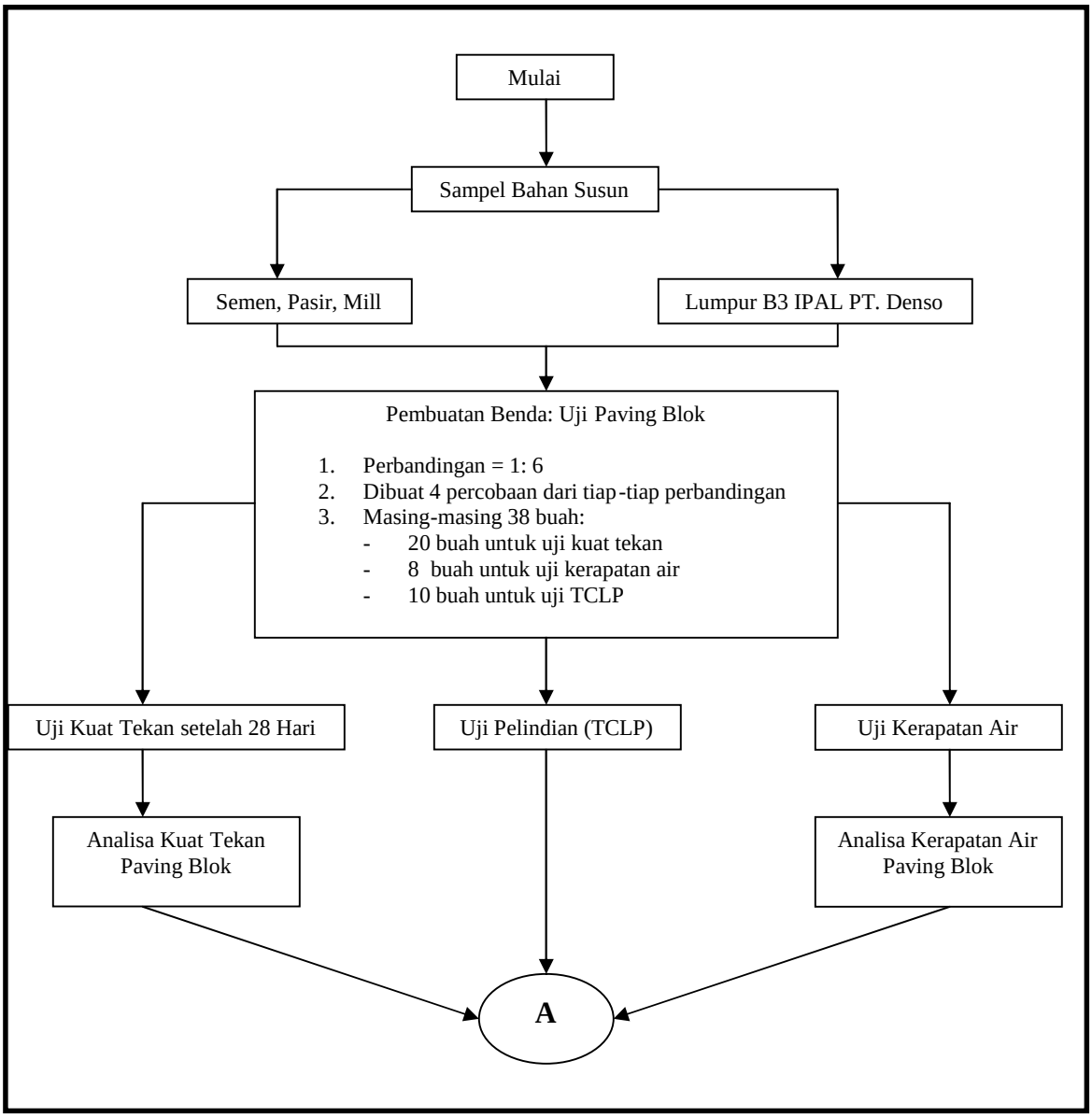
3.5 Prosedur Kerja

3.5.1 Digram Alir Kerangka Pemikiran

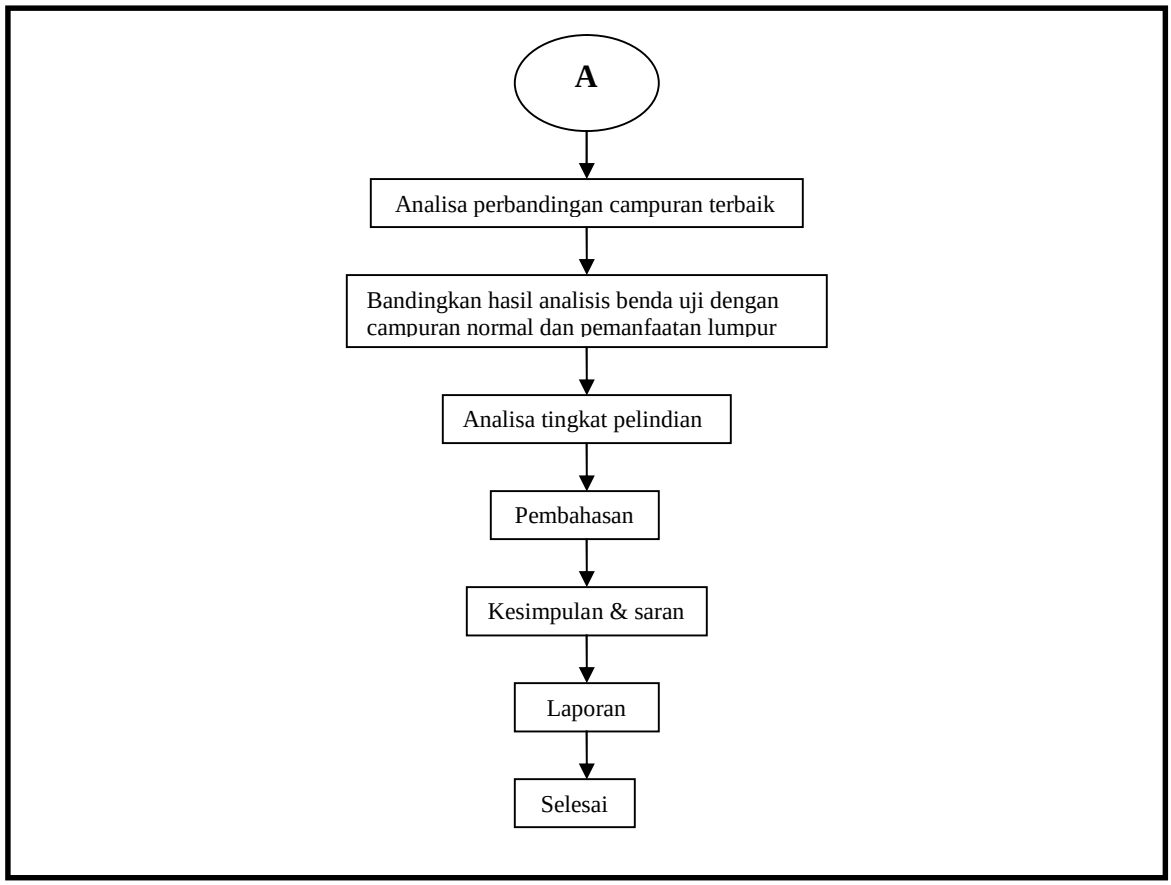


Gambar 3.1 Kerangka Pemikiran Penelitian

3.5.2 Tahapan Analisa Data



Gambar 3.2 Tahapan Analisa Penelitian



Gambar 3.2 Tahapan Analisa Penelitian

3.6 Analisa Data

3.6.1 Analisa Teknis

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

1. Data kuat tekan Paving Blok yang paling maksimum atau minimum sama dengan pembanding yang telah melakukan pengujian.
2. Data kerapatan air Paving Blok yang paling maksimal.

3.6.2 Analisa Pelindian

Dilakukan uji TCLP dan dilihat dari masing-masing perbandingan sampai sejauh mana tingkat pelindian pada logam-logam berat hasil solidifikasi lumpur IPAL PT. Denso Indonesia, apakah masih dibawah baku mutu TCLP yang telah ditetapkan atau melebihi baku mutu.

3.7 Pelaksanaan Penelitian

3.7.1 Perencanaan Variasi Komposisi Bahan Susun

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

3.8 Pembuatan benda uji

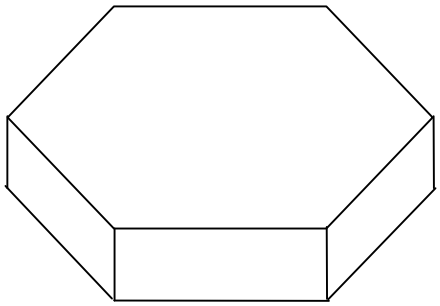
3.8.1 Proses Pembuatan Benda Uji

Langkah langkah pembuatan benda uji pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bahan susun yang telah dipersiapkan bahannya kemudian ditimbangnya sesuai dengan variasi, kemudian dimasukkan kedalam talam baja dan diaduk dalam kondisi kering dengan cetak sampai adukan homogen.
2. Adukan ditambahkan air, kemudian diadukan lagi sampai rata
3. Adukan dimasukkan lagi dalam cetakan sedikit demi sedikit sampai cetakan penuh.
4. Setelah penuh adukan dipadatkan menggunakan plat baja dengan cara ditumbukkan hingga padat.

5. 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 menghindari agar tidak terjadi retakan pada paving blok.



Gambar 3.3 Sampel Paving Blok

3.9 Pelaksanaan Pengujian

3.9.1 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/cm^2 dan
3. Pembebanan dilakukan sampai benda hancur dan dilakukan pencatatan beban maksimum yang terjadi.

3.9.2 Pengujian Kerapatan Air

Uji kerapatan air dilakukan pada benda uji yang benar-benar kering dengan umur 28 hari. Adapun tahapan pengujian sebagai berikut:

1. Dibuat bejana dari plat besi tipis dengan ukuran panjang = 20 cm, lebar 12.5 cm, dan ketinggian = 10 cm.
2. Bejana tersebut direkatkan mengelilingi benda uji dengan High Temperature Glue hingga tidak terjadi kebocoran.
3. Bejana tersebut kemudian diisi dengan air setinggi 5cm selama 3 jam dan dilakukan penambahan hingga posisi muka air tetap berada pada ketinggian 5cm.
4. Kemudian dilakukan pengamatan pada bagian bawah paving apakah terjadi rembesan maupun tetesan air.

3.9.3 Prosedur Pengujian Pelindian Dengan Metode TCLP Bagi Limbah Non Volatil

1. Timbang sampel 100gram, 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 5gram (berasal dari sampel 100gram)
- Tambahkan 96,5 ml air destilasi (aquabides/aquades)
- Tutup dengan kaca arloji dan aduk dengan magnetic stirer (pengadukan 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 50 ^{o}C selama 50 menit
- Biarkan larutan dingin
- Ukur pH

1. Pembuatan Sampel
    - Rumus yang digunakan 20 x berat padatan
    - Misal : jika didinginkan 25 gr padatan, maka tambahkan aquadest 500 gr (ml).
2. Bila hasil 2 (a) dan 2 (b) pH < 5 gunakan larutan ekstaksi 1, dan bila hasil 2 (b) memiliki pH > 5 gunakan larutan ekstaksi 2

    a. Larutan ekstraksi 1 :

    Larutan asam asetat sebanyak 5,7 ml dimasukkan ke dalam 500 ml H_2O tipe 1 (Aquadest) ditambahkan 64,3 ml NaOH 1,0 N. Kemud ian diencerkan sampai volume 1 liter sehingga pH 4,93 ± 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 ± 0,05) bila pH < 2,88 tambahkan NaOH sampai pH yang diharap kan.

3. Ekstraksi sampel dalam larutan yang sesuai selama 18 jam pada suhu (19 - 25)^oC dengan kecepatan putaran 30 ± 2 rpm
4. Lakukan pencucian filter/kertas dengan asam lalu saring hasil ekstraksi diatas
5. Analisa larutan ekstraksi

    (Test Methods for Evaluating S olid Wastes,SW-846 Method 1311,July 1992)

3.10 Analisa Data

3.10.1 Analisa teknis

Setelah semua pengujian dilakukan, dilanjutkan dengan analisa data teknis yang diperoleh. Analisa yang dilakukan adalah untuk mendapatkan nilai -nilai yang paling baik. Data yang dip erlukan adalah sebagai berikut:

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

3.10.2 Analisa Perlindian

Dilakukan uji TCLP dan dilihat dari masing-masing perbandingan sampai sejauh mana tingkat perlindian pada limbah sludge (lumpur) hasil solidifikasi apakah masih dibawah baku mutu TCLP yang telah ditetapkan atau melebihi baku mutu.

Adapun untuk menentukan koefisiensinya dengan rumus sebagai berikut :

$$E = (C_1 – C_2) / C_1 * (100\%)$$

Dimana :

E = Efisiensi immobilisasi sludge (%)

C_1 = Konsentrasi awal (mg)

C_2 = Konsentrasi akhir (mg)

BAB IV
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pemerikssaan Bahan Susun

Pemeriksaan bahan susun limbah berupa berat jenis, modulus kehalusan butir, berat volum, kadar air di Laboratorium Jalan Raya UII dan logam berat yang terkandung di Laboratorium Kimia Analitik UII, serta kandungan unsur penyusun semen di Laboratorium Kimia Analitik UGM, maka hasil yang didapat adalah seperti yang tertera pada tabel berikut ini:

Tabel. 4.1 Hasil Analisis Fisik Limbah B3.

No	Parameter	Hasil penelitian
1	Berat Jenis	1.70 gr/ml
2	Berat Volume Padat	1.054 gr/cm^3
3	Berat Volume Gembur	0.967gr/cm^3
4	Modulus Kehalusan	8
5	Kadar Air	68.095

(Sumber: Data Primer. 2007)

Untuk semen portland I berat jenisnya sebesar 3.15 ton/m^3 (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 kasar.

Berat jenisnya rendah umumnya menunjukkan bahwa bahannya berpori, lemah dan bersifat menyerap air banyak. Sedangkan berat jenis tinggi umumnya menunjukkan bahwa kualitas bahannya umumnya baik (Antono,1988). Berdasarkan persyaratan berat jenis agregat halus adalah $\geq$ 2.5% (2.5 ton/m^3) dan peresapan air agregat $\leq$ 3.0% (Anonim, 1985).

Tabel. 4.2 Hasil Analisa Kandungan Logam Berat Dalam Limbah B3

No	Parameter	Unit	Hasil	P.P No. 85 Th. 1999
1	Tembaga, Cu	mg/l	16.7546	10.0
2	Kromium, Cr	mg/l	0.7333	5.0
3	Besi, Fe	mg/l	3.0821	-
4	Seng, Zn	mg/l	125.845	5.0
5	Timbal, Pb	mg/l	4.6523	50.0
6	Nikel, Ni	mg/l	1.5904	-

(Sumber: Data Primer. 2007)

Untuk mengetahui tingkat kekuatan produk yang dipengaruhi oleh kandungan bahan pengikat yang ada dalam limbah B3, maka dilakuka n analisa terhadap kandungan bahan kimia penyusun semen. Adapun hasil analisa bahan kimia penyusun semen yang ada dalam limbah tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel. 4.3 Hasil Analisa Bahan Kimia Penyusun Semen Dalam Limbah B3

No.	Parameter	I	II	III	Rata-rata (ppm)
1	AL2O3	14870.91	14870.91	15316.82	15019.55
2	CaO	45.082	40.596	36.111	40.59633
3	Fe2O3	4539.871	4539.871	4774.678	4618.14
4	MgO	3129.714	3099.387	3160.041	3129.714
5	Na2O	3245.613	3355.016	3391.483	3330.704
6	K2O	84.501	80.625	88.377	84.501
7	SiO2	6182.708	6182.708	5859.006	6074.807

(Sumber: Data Primer. 2007)

4.2 Pelindian Hasil Solidifikasi

Analisa ini dilakukan untuk mengetahui tingkat keamanan bagi kesehatan dan lingkungan mengingat bahan tambahan yang digunakan adalah limbah industr i tekstil. Untuk maksud tersebut dilakukan uji lindi (TCLP) terhadap produk paving blok yang dihasilkan, dan hasil analisanya dapat dilihat pada tabel 4.4 sebagai berikut:

Tabel 4.4 Hasil analisa TCLP Limbah sludge (lumpur) rata -rata dalam paving blok

Benda Uji	Hasil Analisa TCLP Rata-rata (mg/l)					
	Cu	Cr	Fe	Pb	Zn	Ni
0%	0.5460	1.0621	9.8812	0.5243	2.1200	0.3368
20%	2.7902	<0.1487	0.1074	2.3962	4.1578	0.1354
30%	3.03213	<0.1487	0.04778	1.1269	4.1697	0.1672
40%	0.2856	<0.1487	0.3405	<0.4359	3.8865	0.1009
50%	12.2343	0.2126	7.5435	82.9474	4.2219	0.3050

(Sumber: Data Primer. 2007)*Dibawah limit deteksi AAS

4.3 Kuat Tekan Paving Blok

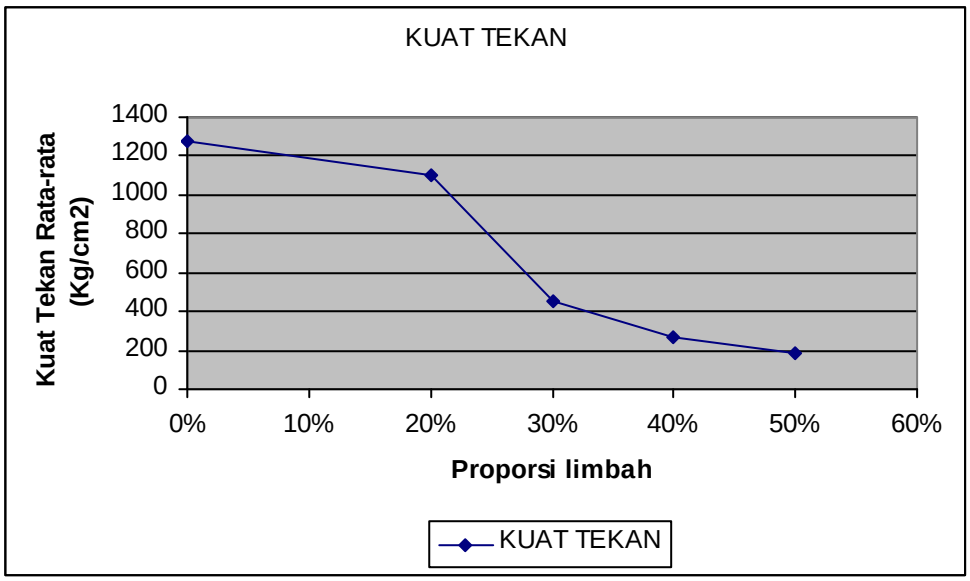
Paving Blok yang dijadikan sebagai produk untuk mengimobilisasi logam berat yang ada dalam limbah harus dilakukan uji kuat te kannya, dimana uji ini dilakukan pada hari ke-28 dan bertujuan untuk mengetahui tingkat kekuatan paving blok dalam menerima tekanan dari sebuah beban.

Contoh perhitungan yang digunakan pada sampel pertama dengan berat 4.4 kg, panjang sisi 11.5 cm, tinggi 6 cm, luas penampang (A) = 2 x SisiΔ = 2 x 11.5 = 22 cm^2 , beban max (P) = 1051 KN, nilai kuat tekannya = σ' = $\frac{P}{A}$ = $\frac{1051}{22}$ = 47.77 KN/cm^2

Tabel 4.5 Kuat Tekan Paving blok

No	**Benda Uji**	**Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm^2)**
1	0%(Normal)	1281
2	20%Limbah	1097.25
3	30%Limbah	455.3
4	40%Limbah	264.7975
5	50%Limbah	189.83

(Sumber: Data Primer. 2007)



Gambar 4.1 Kuat Tekan Rata-rata berbagai porsi limbah

Tabel 4.6 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)

Berdasarkan data yang didapat seperti tertera diatas menunjukkan bahwa pada percobaan pertama atau dengan proporsi limbah 0% (sebagai pembanding) didapat kuat tekan rata-rata pada umur 28 hari sebesar 1281 kg/cm ^{2}, data yang diperoleh ini bila dibandingkan sesuai SNI 03-0691-1996 yang tertera pada tabel tergolong mutu kuat tekannya B yang kegunaannya untuk pelataran parkir. Untuk percobaan kedua dengan penambahan limbah sebesar 20% didapat nilai kuat tekannya 1097.25 kg/cm ^{2} tergolong mutu kuat tekannya B yang kegunaannya untuk pelataran parkiran.

Untuk percobaan ketiga dengan penambahan limbah sebesar 30% didapat nilai kuatnya sebesar 455.3 kg/cm^2 tergolong mutu kuatnya D yang kegunaanya untuk taman dan kegunaan lainnya. Sedangkan untuk percobaan keempat dengan penambahan limbah sebesar 40% didapat nilai kuat tekannya 264.7975 kg/cm^2 tidak memenuhi persyaratan kuat tekan, lalu untuk percobaan kelima dengan penambahan limbah 50% didapat nilai kuat tekannya 189.83 kg/cm^2 tidak memenuhi persyaratan kuat tekan yang telah ditetapkan.

Berdasarkan uraian diatas bahwa dengan penambahan limbah 20% kuat tekan yang didapat adalah paling besar dibandingkan dengan penambahan yang lain sedangkan penambahan limbah 50% kuat tekan yang didapt adalah 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 menambah 20%.

Dalam penelitian ini pengujian yang dilakukan pada umur 28 hari karena kuat tekan yang didapat 100% pada umumnya kuat tekan paving blok bertambah tinggi dengan bertambahnya umur, yang dimaksudkan disini dihitung sejak paving blok dibuat. Selain umur mutu paving blok juga dipengaruhi agregat terutama bentuk, tekstur permukaan, dan ukuran butirannya. Pengaruh agregat sendiri terhadap kekuatan paving blok itu tidak terlalu besar karena umumnya kekuatan agregat lebih tinggi daripada 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 paving blok lebih rendah lagi pula butir agregat yang besar menyebabkan tertahannya proses susutan pada pastanya yang menimbulkan adanya tegangan internal dalam pasta sehingga mengurangi kekuatan betonnya (Kardiyono Tjokrodimuljo, 1992).

4.4 Daya Serap Air Paving Blok

Untuk mengetahui seberapa besar tingkat ketahanan paving blok dalam menahan air yang masuk kedalam pori-porinya, maka dilakukan uji kerapatan air yang dilakukan selama 3 jam. Dimana, uji kerapatan air ini dilakukan dengan

menggunakan plat besi tipis sebagai media penampung air yang direkatkan dengan paving blok menggunakan *high temperature glue* untuk mencegah terjadinya rembesan dari sisi pertemuan antara plat dan paving blok. Adapun luasan media penampung air adalah sama dengan luasan paving blok yaitu panjang sisi 11.5 cm dan tinggi 6 cm, dimana tinggi muka air adalah 5 cm dari permukaan paving blok dan dilakukan penambahan kuantitas air bila terjadi penurunan muka air.

Dalam hal ini, standar kerapatan air untuk paving blok adalah tidak terjadi tetesan selama 24 jam, yang mana paving menjadi basah namun air yang ada dipermukaan tidak menetes hingga kebagian bawah genteng, maka paving blok tersebut dinyatakan tahan terhadap tetesan air. (SII, 0447-81).

Tabel 4.7 Standar serapan air maksimum

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

(Sumber: SII 819-83)

Tabel 4.8 Kerapatan air rata-rata paving blok

Kode sampel	Tetes	Tidak tetes	Keterangan
F_1 (0% Limbah)	-	√	Kering
F_2 (20% Limbah)	√	-	Hanya tetes 70%
F_3 (30% Limbah)	-	√	Hanya tetes 80%
F_4 (40% Limbah)	√	-	Tetes 100%
F_5 (50% Limbah)	√	-	Tetes 100%

(Sumber: Data Primer. 2007)

Dari hasil diatas, seperti yang tertera pada tabel 4.8 menunjukkan bahwa paving blok yang dibuat tanpa menggunakan limbah (0% limbah) memiliki ikatan yang lebih besar sehingga tidak terjadi rembesan yang menyebabkan permukaan

bawah paving blok basah. Sedangkan untuk paving blok yang dibuat dengan proporsi limbah 20,30,40 dan 50%, bagian bawah paving blok yang memungkinkan terjadinya kebocoran untuk jangka waktu pengujian yang lebih lama. Hal ini dimungkinkan karena ikatan yang terbentuk oleh limbah sangat rendah, sehingga dalam waktu uji kerapatan air yang relatif singkat (3 jam), telah terjadi rembesan air yang mengakibatkan bagian bawah paving blok tersebut basah.

Pada penelitian uji kerapatan air ini, hasil yang didapat tidak bisa dikomparasikan sesuai dengan standar yang ada, yaitu uji kerapatan air selama 24 jam, karena uji yang dilakukan kali ini hanya selama 3 jam yang merupakan representasi awal untuk uji kerapatan terhadap air.

Proses solidifikasi yang menggunakan benda uji paving blok dengan bahan susun semen portland, pasir, agregat halus serta adanya substistusi semen dengan limbah, mengalami pengikatan baik secara kimia maupun fisika serta menimbulkan berabagai reaksi kimia yang mengakibatkan adanya pembentukan senyawa -senyawa baru.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan terhadap pemanfaatan limbah B3 *Waste Water Treatment Plant* (WWTP) dari PT.Denso Indonesia Sunter Plant Jakarta, sebagai bahan campuran dalam pembuatan paving blok dapat disimpulkan:

Dari hasil pengujian dan pembahasan dapat disimpulkan :

1. Berdasarkan pengujian kuat tekan pada paving blok semakin banyak porsi limbah yang ditambahkan maka akan semakin turun nilai kuat tekan yang dihasilkannya meskipun telah ditambahkan limbah hingga 50% kuat tekan paving blok masih dibawah rata-rata sehingga tidak layak untuk digunakan.
2. Kerapatan air yang baik berada pada penambahan limbah 30% yang hanya tetes 80% dibandingkan dengan yang lainnya. Dan semakin banyak limbah yang ditambahkan maka daya serap airnya semakin tinggi.
3. Pada umumnya, semakin tinggi penambahan air proporsi limbah B3 untuk substitusi bahan susun paving blok yang berupa semen maka semakin tinggi pula tingkat pelindian logam berat yang terkandung dalam paving blok tersebut.
4. Biaya produksi paving blok dengan penambahan limbah memiliki nilai ekonomis yang lebih tinggi karena adanya pengurangan biaya dari penyediaan bahan susun berupa semen dengan substitusi oleh limbah B3 yang didapatkan tanpa biaya.
5. Dilakukan dengan metode TCLP secara umum menunjukkan bahwa semakin banyak limbah yang digunakan akan meningkatkan tingkat pelindian logam berat yang terkandung dalam paving blok tersebut.

5.2 Biaya Produksi

Dalam penelitian ini, pembuatan paving blok yang memanfaatkan limbah B3 dilakukan di UD.Wahyu Marga Jaya dengan biaya produksi pada tabel dibawah ini:

5.1 Rincian Biaya Produksi Paving Blok

Jenis Barang/Jasa	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Sampel	Jumlah Bahan (gr)				Harga/Paving Blok (Rp)			
			F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4
Semen	725		1000	900	700	500	725	640	452	354
Pasir	32		6000	6000	6000	6000	80	80	80	80
Limbah	0		0	100	300	500	0	0	0	0
Jasa	640	38					500	500	500	500
Jumlah							1305	1220	1032	934

(Sumber : Data Primer, 2007)

Dari data di atas menunjukan bahwa biaya produksi paving blok dengan menggunakan limbah memiliki nilai ek onomis yang lebih baik dibandingkan dengan biaya produksi paving yang ada di pasaran, terlebih bila dibandingkan dengan harga jual untuk paving blok yang ada di pasaran sebesar Rp.1500, -.

5.3 Saran-saran

Sebagaimana resultasi dari kesimpulan maka ada be berapa hal yang harus diperhatikan :

1. untuk proses solidifikasi maka 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. Dalam pengambilan cuplikan sampel paving blok pada masing -masing benda uji sebaiknya semua benda uji dihancurkan sehingga cuplikan sampel pada analisa AAS menjadi lebih homogen dan merata
3. Disarankan untuk penelitian lebih lanjut dalam pembuatan paving blok dengan menambah bahan aditif lainnya seperti kerikil sehingga kuat tekan yang didapatkan menjadi lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim,2007. Heavy Metal, available on www.Chemicalelemen t.com

Anonim, 1989, SK-SNI M-14-1989-F Metode *pengujian Kuat Tekan Beton*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta

Anonim,1999, Peraturan Pemerintah Nomor 85 Tahun 1999 tentang *Pengelolaan Limbah Berbahaya dan Beracun*, Sekretariat Bapedal, Jakarta

Agustina, H., 2006. Pengelolaan dan Pengendalian Limbah B3. *Materi Pelatihan Audit Lingkungan*, Presented by FMIPA IPB&Dirjen DIKTI, Bogor.

Bednarik, V.; Vondruska, M.; Slid, M.; & Koutny, M., 2004. Stabilization/Solidification of Wastewater Treatment Sludge, *Journal of Environmental Engineering, Vol.12.*

Djamal, A., 1997. Kemungkinan Pemanfaatan Limbah Debu Tanur Dan Lumpur Pendingin Proses Pencetakan Slab Dan Billet Baja Dalam Struktur Beton, *Tesis Departemen Teknik Lingkungan ITB. Bandung*

Frick, H., & Koesmartadi, C., H. 1999, *Ilmu Bahan Bangunan*, Penerbit Kanisius, Yogyakarta

Leong, S.,T.,&Laortanakul, P.2002 An Environmentally Optimized solidification/stabilization for Disposal of Heavy Metal Sludge Wastes. *International Science and Technology Journal*. Vol.7 No.3 Sept-Dec

Malviya, R.,&Chaudhary,R.,2004. Study of the treatment effectiveness of a solidification/stabilization process for waste bearing heavy metals, *Journal Mater cycles Waste Management* Vol 6:147-152

Manalu, A., P.,2001. Mengolah Limbah Katalis Menjadi Batako dan Keramik, *Republika* 26 juli 2001.Jakarta.

Metcalf and Eddy, 1991, *Wastewater Engineering Treatment*, Disposal, Reuse, 3rd Edition, Mc.Graw-Hill Inc, Singapore

Pino, Iskandar 1984, *Concrete Block Paving In Indonesia*, PT. Conblock Indonesia, Jakarta

Slim, J., A. & Wakefield, R., W. 1991, *The Utilisation of Sewage Sludge in The Manufacture of Clay Brick* Vol.17.No.3, Water SA, New York.

Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. 1993. Integrated Solid Waste Management. New York:McGraw-Hill,inc.

Tjokrodimulyo, Kardiyono, 1992, *Bahan Bangunan*, Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta



Gambar 1. Pengadukan Bahan Mentah Paving Blok



Gambar 2. Pencetakan Paving Blok



Gambar 3. Pengepresan Paving Blok



Gambar 4. Paving Blok Basah



Gambar 5. Pengeringan Paving Blok



Gambar 6. Persiapan Uji Kerapatan Air



Gambar 7. Uji Kerapatan Air Paving Blok



Gambar 8.Kuat Tekan Paving Blok



Gambar 9. Limbah B3 PT.Denso Indonesia



Gambar 10. Rotater Ekstraksi



Gambar 11.Larutan Ekstraksi Paving Blok