

TA/TL/2008/0247

TUGAS AKHIR

**PEMANFAATAN LIMBAH ALUMINA DAN TA-5 PT.PERTAMINA UP-IV
CILACAP UNTUK PEMBUATAN BATAKO RINGAN
DENGAN TEKNIK SOLIDIFIKASI**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia
Untuk Memenuhi Persyaratan Guna Memperoleh Derajat Sarjana Strata-1
Teknik Lingkungan**



Disusun Oleh:

Nama : Evelin Malida

NIM : 03 513 073

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

2008

LEMBAR PENGESAHAN

Pemanfaatan Limbah Alumina dan TA-5 PT.Pertamina UP-IV Cilacap Untuk Pembuatan Batako Ringan Dengan Teknik Solidifikasi

OLEH

Nama : Evelin Malida
NIM : 03-513-073
Program Studi : Teknik Lingkungan

Telah diperiksa dan disetujui oleh

Dosen Pembimbing I:

Dosen Pembimbing II:

Ir. Kasam, MT

Tanggal :

Luqman Hakim, ST, Msi

Tanggal :

Ketua Jurusan T. Lingkungan:

Luqman Hakim, ST, Msi

Tanggal :

**PEMANFAATAN LIMBAH ALUMINA DAN TA-5 PT.PERTAMINA UP-IV
CILACAP UNTUK PEMBUATAN BATAKO RINGAN
DENGAN TEKNIK SOLIDIFIKASI**

ABSTRAK

Pengelolaan limbah padat khususnya limbah alumina dan TA-5 dari industri pengolahan minyak bumi sudah banyak dilakukan dengan pembuangan pada suatu lahan (land disposal), namun demikian pengelolaan limbah yang sekaligus memanfaatkannya masih perlu ditingkatkan dalam aplikasinya. Penelitian ini menggunakan limbah Alumina dan TA-5. Alumina merupakan hasil dari proses penyulingan minyak bumi pada unit kilang paraxylene dan limbah TA-5 merupakan hasil dari unit pengolahan tatoray. Berdasarkan pada UU No. 85 tahun 1999 mengenai Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, katalis bekas merupakan kedalam limbah B3. Didalam tugas akhir ini limbah alumina dan TA-5 di imobilisasi dengan metode solidifikasi sebagai bahan tambahan penyusun batako. Penelitian ini dilaksanakan pada skala laboratorium dengan benda uji berupa persegi empat ukuran 20 x 10 x 5 cm. Bahan susun batako ringan terdiri dari pasir, limbah TA-5 dan Alumina, semen portland, kerikil, kapur, gypsum, dan potassium carbonate.

Metode yang digunakan adalah dengan memvariasikan komposisi limbah dengan bahan pendukung lainnya dengan perbandingan 0%, 36%, 38%, dan 40%. Batako tersebut di uji dengan uji kuat desak, uji perlintian dengan metode TCLP dan uji pH. Dari percobaan didapatkan hasil, kuat tekan tertinggi terdapat pada komposisi 38%. Hasil uji TCLP untuk formula F0, F2, dan F3 dengan solidifikasi dapat menurunkan potensi logam sampai jauh dibawah baku mutu TCLP UU No.85 tahun 1999, sedangkan untuk hasil uji TCLP untuk formula F1 memerlukan pengolahan lebih lanjut karena nilai logam Pb nya masih tinggi melebihi baku mutu. Untuk pengukuran pH netral, asam, dan basa semua pengujian pH bersifat basa. Dilihat dari segi ekonomi harga batako ringan jika dibandingkan dengan harga batako kontrol (batako tanpa limbah), maka harga batako yang mengandung limbah lebih murah Sehingga dapat disimpulkan limbah activated alumina dan TA-5 layak untuk dimanfaatkan menjadi batako ringan dan aman bagi kesehatan dan lingkungan, jika dibandingkan dengan batako biasa batako ringan lebih mahal.

Kata kunci : Activated Alumina, TA-5, Solidifikasi, Batako ringan, TCLP.

The use of Alumina and TA-5 Waste PT.Pertamina UP-IV Cilacap for a making of Lightweight Brick with Solidification Technique.

ABSTRACT

Waste management in particular Alumina and TA-5 waste of oil cracking industry has been many proposed by land disposal, but waste management by all at once reuse still be increased in its application. This research used Alumina and TA-5 waste. Alumina is the result of oil refinery process at factory paraxylene unit and TA-5 waste is the result of processing unit tatoray. From the Government Rule No. 85 in 1999 about Management of hazardous waste, katalis is include as Hazardous Waste. In this Final Report alumina and TA-5 was demobilized by solidification method as the brick mixing material. This research is laboratory scale and application activity by make square Lightweight brick with 20 x 10 x 5 cm in size. The Lightweight Brick materials are: used sand, TA-5 and Alumina waste, portland cement, gravel, calcium, gypsum, and potassium carbonate.

Method that used with variation composition waste by supporting other materials with comparison 0%, 36%, 38%, and 40%. Brick are referred as tested by Compressive Strenght, the leaching test result and pH test. From the experiment test result, compressive strenght highest existed on composition 38%. Test Result of TCLP for formula F0, F2, and F3 with solidification can be decrease a leached potentation until under standard of government rule for TCLP UU No.85 year 1999, whereas for test result TCLP for formula F1 needs furthermore processing because metal value Pb it's still high exceed standard quality. For measurement neutral pH, acid, and basa, all testings basic pH have the basa character. Seen from facet of economy price lightweight brick if in comparison with price of lightweight brick control (brick without waste), then price of brick that contain waste more cheaper. So can be concluded that activated alumina and TA-5 waste can be benefit become lightweight and safe for health and environment compared to usual brick this lightweight brick more expensive.

Keyword : Activated Alumina, TA-5, Solidification, Lightweight brick, TCLP.

MOTTO

RENCANA ﷲ LEBIH INDAH DARI RENCANA MANUSIA

YUMEI GA AREBA MICHU WA ARU
(SEBESAR APAPUN MIMPI MU PASTI ADA JALAN KELUARNYA)

Sukses tampaknya selalu berhubungan dengan tindakan. Orang sukses terus bergerak. Mereka melakukan kesalahan-kesalahan, tapi mereka tak pernah berhenti.

-. Conrad Hilton (Pendiri Hilton) .-

Orang Sukses adalah orang yang membentuk kebiasaan mengerjakan sesuatu yang tak ingin dikerjakan orang gagal.

-. Donald Riggs .-

Anda bisa sukses sekalipun tak ada orang yang percaya Anda bisa. Tapi Anda tak pernah akan sukses jika tidak percaya pada diri sendiri.

-. William J.H. Boetcker .-

Untuk mendapatkan satu ons emas,
Anda harus memindahkan berton-ton tanah.

-. Andrew Carnegie (Steel Company) .-

KARYA INI KU PERSEMBAHKAN UNTUK

Bapak dan Mamak

(Ali Hamzah Mauli, ST & Mardianah)

**Yang telah memberikan dukungan doa, moril, kesabaran,
dan kasih sayang yang tiada habisnya.**

Adik-adik ku Tersayang

(Yoga Prima & Putri Permata Malida)

**Terima Kasih Untuk Dukungan dan Doanya,
Jadilah Anak2 kebanggaan orang tua kita....Amin.**

Keluarga besar ku di Lahat city,

(alm .kakek & nenek, nenek gumay tercinta, Paman, bibi, kakak, ayuk, adek2,
keponakan2 ku tersayang)

Terima Kasih Untuk Dukungan, Nasehat, dan Doanya.

Team Solidifikasi, temen2 TL.....

Cayoooo....tetap semangat,,.Keep Spirit of Yogya. cui

**Semoga Karya ini Bisa Bermanfaat untuk
Generasi Mendatang**

Amin.....

KATA PENGANTAR



Segala puji bagi ﷻ tuhan semesta alam yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-NYA sehingga laporan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan judul “Pemanfaatan Limbah Alumina dan TA-5 PT. Pertamina UP IV Cilacap Sebagai Bahan Pembuatan Batako Ringan Dengan Teknik Solidifikasi” yang merupakan salah satu syarat yang harus ditempuh untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Lingkungan di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan dan kerjasama dari berbagai pihak baik secara langsung ataupun secara tidak langsung. Oleh karena itu pada kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Luqman Hakim, ST, Msi, selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia dan sekaligus selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir.
2. Bapak Eko Siswoyo, ST, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. H. Kasam, MT, selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir.
4. Bapak Hudori, ST dan Bapak Andik Yulianto, ST, Ibu Ani, Ibu Yureana yang telah memberikan bimbingan dan ilmu pengetahuan.
5. Pak Tasyono, Mas Iwan yang telah banyak membantu saya dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
6. Bapak Pranoto dan Bapak Sukamto selaku Penanggung jawab Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia yang telah banyak membantu sehingga penelitian berjalan lancar.
7. Bapak dan mamak tercinta yang telah memberikan dorongan materil dan do’a kepada saya, serta sabar dalam menunggu kelulusan saya. Semoga kesabaran

tersebut dapat menjadi hikmah bagi diri saya dan orang-orang disekitar saya,
Amin

8. Adik-adik ku Tersayang yang telah memberikan semangat dan motivasi agar cepat menyelesaikan studi.
9. Semua keluarga besar ku di kota Lahat tercinta, dan keluarga-ku di Palembang, Muara Enim, dan Bogor terima kasih atas dukungan dan do'anya.
10. Ayuk neni, ayuk lia makasih bimbingannya selama di yogya, kita adalah anak perantau, jgn lupa kampung halaman tercinta.
11. Teman-teman seperjuangan “Tim Solidifikasi” : Heni, Ida, Angga, Ibu kita Sisi, Ratih, Lena, Inul Alvi lapindo, Nensa Ngek yang selalu mengeluh, Erfan prit, Fadli jungkring, Ali amoy (Kalian Semua Sahabat Terbaik Ku). OK Bro....
12. Sobat-sobatku Enviro '03: Reci, Acem, (Thanks ya atas bantuan numbuk limbahnya and spirit kalian), Ari Sulasmini (makasih ojekan-nya) dan semua teman-teman TL angktn '99-'07 semoga tali silaturahmi kita di TL UII dapat terjalin dengan baik selalu. Jangan Lupa Reuni-Reuni....
13. Anak-anak kos Irma terima atas bantuan nya.
14. Terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu saya dalam penyusunan skripsi ini yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Akhir kata, penyusun sepenuhnya menyadari bahwa masih ada kekurangan dalam laporan ini. Oleh karena itu, penyusun mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi kesempurnaannya. Semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan bagi penyusun pada khususnya.

Yogyakarta, Maret 2008

Evelin Malida

DAFTAR ISI

JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
MOTTO	iii
PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	4
1.5. Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Pengertian Limbah	5
2.2. Limbah Industri Minyak dan Gas (MIGAS)	5
2.2.1. Limbah Padat	5
2.2.2. Peraturan Mengenai B3	7
2.3. <i>Spent Catalyst</i> TA-5	10
2.3.1. Karakteristik <i>Spent Catalyst</i> TA-5	11
2.4. Alumina	14

2.4.1. Karakteristik Alumina	15
2.5. Pengolahan Limbah Padat	17
2.6. Definisi Limbah Berbahaya dan Beracun (B3)	19
2.6.1. Identifikasi Limbah Berdasarkan Karakteristik	19
2.6.2. Klasifikasi Limbah B3	21
2.6.3. Pengelolaan Limbah B3	21
2.6.4. Pendekatan Kimia Fisik dalam Penelitian Limbah B3	21
2.6.5. Pendekatan Komprehensif dalam penelitian Limbah B3	22
2.7. Logam Berat	22
2.7.1. Kromium (Cr)	23
2.7.1.1. Efek Cr Bagi Kesehatan	24
2.7.1.2. Efek Cr Pada Lingkungan	25
2.7.2. Seng (Zn)	26
2.7.2.1. Efek Zn Bagi Kesehatan	27
2.7.2.2. Efek Zn Pada Lingkungan	27
2.7.3. Timbal (Pb)	28
2.7.3.1. Efek Pb Bagi Kesehatan	29
2.7.3.2. Efek Pb Pada Lingkungan	29
2.7.4. Tembaga (Cu)	30
2.7.4.1. Efek Pb Bagi Kesehatan	31
2.7.4.2. Efek Pb Pada Lingkungan	32
2.8. Batako	32
2.9. Pasir Kuarsa	33
2.10. Semen (<i>Portland Cement</i>)	34
2.11. Kerikil	37
2.12. CaO/ kapur	37
2.13. Gypsum	39
2.14. <i>Leaving Agent</i> / pengembang (<i>Potassium Carbonate</i>)	39
2.15. Air	39

2.16. Solidifikasi/Stabilisasi	40
2.17. <i>Extraction Prosedure Toxicity Test</i>	44
2.18. <i>Toxicity Characteristic Leaching Prosedure</i> (TCLP)	44
2.19. Pengukuran pH	45
2.19.1. Hubungan antara pH dan Semen	46
2.20. Kuat Tekan	49
2.21. Hipotesa Penelitian	50

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian	51
3.2. Jenis Penelitian	51
3.3. Waktu Penelitian	51
3.4. Alat dan Bahan Penelitian	51
3.4.1. Bahan	51
3.4.2. Alat	52
3.5. Tahapan Penelitian	52
3.5.1. Analisa Karakteristik Bahan	52
3.5.2. Variabel yang di teliti	52
3.5.3. Penentuan Komposisi Sampel	53
3.6. Pelaksanaan Penelitian	53
3.6.1. Kadar Air	53
3.6.2. Berat Jenis	54
3.6.3. Berat Isi Gembur	54
3.6.4. Berat Isi Padat	54
3.6.5. Modulus Halus Butir/ Agregat Halus	54
3.6.6. Pembuatan Batako Ringan (Benda Uji)	54
3.6.7. Perawatan Batako Ringan (Benda Uji)	55
3.6.8. Pelaksanaan Pengujian Batako Ringan	55
3.6.8.1. Metode Uji Kuat Tekan	55
3.7. Analisis Toksisitas	56

3.7.1. Prosedur Uji Lindi untuk Limbah Non-Volatil	56
3.7.2. Uji TCLP	56
3.8. Pengukuran pH	56
3.9. Tahapan Kerja	56
BAB IV PEMBAHASAN	
4.1. Karakteristik Limbah	59
a. Hasil Uji Limbah Alumina	59
b. Hasil Uji Limbah TA-5	60
4.2. Uji leachate dengan Metode TCLP	61
4.3. Pengukuran pH	64
4.4. Rancangan Campuran Batako	67
4.5. Uji Kuat Tekan	69
4.6. Prospek Pengembangan Produk	71
4.6.1. Teknis dan Kualitas Produk	71
4.7.2. Ekonomis	71
4.7.3. Lingkungan	73
BAB V KESIMPULAN	
5.1. Kesimpulan	74
5.2. Saran	75
DAFTAR PUSTAKA	76

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Komposisi Catalyst TA-5	12
Tabel 2.2.	Hasil Analisa TCLP Limbah Spent Katalis TA-5	13
Tabel 2.3.	Hasil Analisa TCLP Limbah Activated Alumina	15
Tabel 2.4.	Beberapa Sifat Fisik Logam Kromium	23
Tabel 2.5.	Beberapa Sifat Fisik Logam Seng	26
Tabel 2.6.	Beberapa Sifat Fisik Logam Timbal	28
Tabel 2.7.	Beberapa Sifat Fisik Logam Tembaga	30
Tabel 2.8.	Unsur Penyusun Semen	35
Tabel 2.9.	Metode Tes Lindi	44
Tabel 3.1.	Komposisi Bahan Pembuat Batako Ringan	53
Tabel 4.1.	Karakteristik Fisik Limbah Alumina	59
Tabel 4.2.	Karakteristik Kimia Limbah Alumina	59
Tabel 4.3.	Karakteristik Fisik Limbah TA-5	60
Tabel 4.4.	Karakteristik Kimia Limbah TA-5	60
Tabel 4.5.	Hasil Rata-rata Leachate Logam Berat pada Batako Ringan	61
Tabel 4.6.	Perbandingan Hasil Uji TCLP Logam Berat pada Limbah Awal dan batako	62
Tabel 4.7.	Pengukuran pH Aquadest	65
Tabel 4.8.	Pengukuran pH Basa (NaOH)	65
Tabel 4.9.	Pengukuran pH Asam (H ₂ SO ₄)	66
Tabel 4.10.	Berat Masing-masing Batako	68
Tabel 4.11.	Hasil Uji Kuat Tekan Batako Ringan Rata-rata	69
Tabel 4.12.	Rincian Biaya Pembuatan Batako Tiap Biji	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Spent Catalyst TA-5	11
Gambar 2.2. Alumina	15
Gambar 2.3. Skema Pengolahan Limbah Padat	18
Gambar 2.4. Hubungan antara C/S Perbandingan dari C-S-H dan Keseimbangan pH	48
Gambar 3.1 Batako Ringan	55
Gambar 3.2. Tahapan Penelitian dan Analisa Penelitian	57
Gambar 3.3. Diagram Alir Pembuatan Benda Uji	58
Gambar 4.1. Konsentrasi Logam Hasil Uji TCLP	62
Gambar 4.2. Pengukuran Aquadest	65
Gambar 4.3. Pengukuran pH NaOH	66
Gambar 4.4. Pengukuran pH H ₂ SO ₄	66
Gambar 4.5. Grafik Kuat Tekan	69

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I : ALAT

LAMPIRAN 2 : PROSEDUR PEMERIKSAAN KADAR AIR

LAMPIRAN 3 : PROSEDUR PEMERIKSAAN BERAT JENIS

LAMPIRAN 4 : PROSEDUR PENGUJIAN BERAT ISI GEMBUR

LAMPIRAN 5 : PROSEDUR PENGUJIAN BERAT ISI PADAT

LAMPIRAN 6 : PEMBUATAN BATAKO RINGAN (Benda Uji)

LAMPIRAN 7 : PROSEDUR PENGUJIAN TCLP

7.1. Prosedur Pengujian Pelindian Untuk Limbah Non Volatil

7.2. Pengujian TCLP

LAMPIRAN 8 : DOKUMENTASI PEMBUATAN SAMPEL

8.1. Pencampuran

8.2. Pengadukan

8.3. Pencetakan

8.4. Perawatan

LAMPIRAN 9 : DOKUMENTASI PENGUJIAN UJI FISIK

9.1. Uji Kadar Air

9.2. Berat Jenis

9.3. Berat Isi Gembur

9.4. Berat Isi Padat

9.5. Modulus Kehalusan

LAMPIRAN 10 : DOKUMENTASI PENGUJIAN KUAT TEKAN

LAMPIRAN 11 : DOKUMENTASI PENGUJIAN TCLP

LAMPIRAN 13 : DOKUMENTASI PENGUKURAN pH

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang Masalah

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

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 85 tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Berbahaya dan Beracun menyatakan bahwa limbah katalis bekas dari petrokimia termasuk jenis limbah berbahaya dan beracun (limbah B3) dari sumber yang spesifik dengan kode D206. Hal ini karena dalam limbah tersebut umumnya mengandung unsur-unsur berbahaya logam berat.

Pada PT. Pertamina (PERSERO) UP IV Cilacap permasalahan limbah katalis termasuk salah satu jenis limbah B3 saat ini tengah mengemuka. Limbah katalis adalah bahan yang memiliki karakteristik berbentuk bubuk halus, berwarna putih keabu-abuan, ringan dan memiliki unsur utama silica dan alumina. Alumina dan TA-5 adalah suatu bahan yang dipergunakan dalam proses pengolahan minyak bumi (Pertamina). Pada akhir proses, alumina ini akan dikeluarkan berupa limbah, yang setiap harinya mencapai $\pm 13427,6$ kg/hari atau 62 drum/hari dari Spent Clay Kilang Paraxylene. Limbah alumina dan TA-5 berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai produk bahan bangunan seperti: keramik, genteng, batu bata, panel board, paving blok.

Permasalahan limbah sering menjadi permasalahan bagi industri-industri yang dalam proses produksinya menghasilkan limbah. Apalagi limbah yang dihasilkan termasuk kategori limbah B3. Selama ini penanganan limbah B3 diserahkan kepada PT. Persada Pemunah Limbah Industri (PPLI) yang membutuhkan biaya cukup besar. Untuk meminimalisasi biaya yang disebabkan oleh penanganan limbah ini, alangkah lebih baik jika limbah ini dimanfaatkan untuk keperluan yang lebih berguna sehingga lebih efektif dan bernilai ekonomi.

Alumina tidak dapat larut dalam air dan organik cair dan sangat ringan dapat larut dalam asam kuat dan alkali. Alumina terjadi dalam 2 bentuk kristal yaitu alpha alumina dan gamma alumina. Bubuk alumina terbentuk dari pencampuran kristal alumina; putih alami. Alumina didistribusikan secara luas di alam. Limbah alumina berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai produk bahan bangunan. Alumina digunakan dalam keramik untuk pewarnaan dan pabrik, material kimia tanah liat yang mengandung alumina digunakan dalam keramik, genteng, batu bata, panel *board*, *paving block* (Anonim, 2007)⁽¹⁾.

Metode pembuatan paving dilakukan dengan perbandingan semen dan pasir 1:5, dengan cara konvensional (penekanan $\pm 20 \text{ kg/cm}^2$), jadi tanpa adanya penekanan yang tinggi. Parameter pencampuran spent/adsorbent dibuat dengan perbandingan pasir: spent/adsorbent dalam % volume. Dari hasil pengujian kekerasan untuk ketiga jenis bahan spent katalis tersebut ternyata cocok untuk digunakan sebagai paving (produk bahan bangunan) untuk pemakaian pada pembebanan ringan, seperti lapangan upacara, trotoir atau untuk pejalan kaki (rekomendasi hasil uji tekan paving-block, Lab. Bahan Jurusan Sipil UI), dengan penelitian tersebut telah dicapai hasil Limbah padat *Spent Clay*, *Spent Catalyst TA-4 Kilang Paraxylene* dan *Spent adsorbent MR-3* dapat dikelola atau dimanfaatkan sesuai/memenuhi Peraturan Pemerintah No. 18 tahun 1999 jo No. 85 tahun 1999 tentang pengelolaan limbah B3 (2002, Studi Pengelolaan Limbah Padat UP IV Spent Clay Kilang Paraxylene, Spent Catalyst TA-4 dan Spent Adsorbent MR-3).

Batako ringan didefinisikan sebagai bahan bangunan yang mempunyai berat volume rendah (kurang dari 800 kg/m^3). Bahan susun batu bata ringan adalah terdiri dari semen portland, pasir silika, kalsium (CaO), air, dan bahan aditif. Batu batako ringan mempunyai berat volume rendah dan kuat tekan tinggi jika dibandingkan dengan batu bata biasa (Prima Rezeki, 2004), (Kasam, 2007).

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

- a. Apakah solidifikasi terhadap limbah padat alumina dan TA-5 mampu meminimalisasi logam-logam berat yang terlepas ke lingkungan ?
- b. Bagaimana pengaruh pengukuran pH; asam, basa, dan netral terhadap produk ?
- c. Berapa kuat tekan batako ringan jika dibandingkan dengan SK-SNI-S-04-1989-F?
- d. Berapa komposisi optimum antara alumina dan TA-5 yang dapat digunakan untuk pembuatan batako ringan ?
- e. Berapa berat akhir dari batako ringan ?
- f. Berapa biaya produksi yang dikeluarkan untuk pembuatan batako ringan?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari dilaksanakannya penelitian ini adalah:

- a. Untuk mengetahui apakah limbah alumina dan TA-5 yang dimanfaatkan untuk pembuatan batako dapat mengimobilisasi logam-logam berat antara lain tembaga (Cu), khromium (Cr), seng (Zn), dan timbal (Pb).
- b. Untuk mengetahui kadar pH; netral, asam, dan basa.
- c. Untuk mengetahui seberapa besar kuat tekan dari batako ringan yang dihasilkan jika dibandingkan dengan batako kontrol dan batako biasa (SK-SNI-S-04-1989-F) yaitu sebesar 2,5 Mpa.

- d. Untuk mengetahui persentase limbah alumina dan TA-5 yang optimum dalam pembentukan batako dari aspek teknis (kuat tekan) maupun aspek kesehatan dan lingkungan.
- e. Untuk mengetahui berapa berat dari batako ringan yang dihasilkan jika dibandingkan berat batako ringan (800 kg/m^3).
- f. Untuk mengetahui berapa nilai biaya produksi yang dikeluarkan untuk pembuatan batako ringan.

1.4. Manfaat Penelitian

Pemanfaatan limbah alumina dan TA-5 dalam pembuatan batako ringan diharapkan akan memberikan manfaat sebagai berikut :

- a. Memperoleh pengetahuan mengenai pengolahan limbah alumina dan TA-5 yang mengandung unsur-unsur logam berat dengan proses solidifikasi (pemadatan) menggunakan teknologi batako ringan sebagai salah satu alternatif pengolahan.
- b. Menerapkan sistem pemanfaatan kembali (*reuse*) dan penemuan kembali (*recovery*).
- c. Meminimalkan unsur-unsur logam berat yang terkandung dalam alumina dan TA-5 supaya tidak terlepas secara langsung ke lingkungan sehingga mengurangi pencemaran terhadap lingkungan.

1.5 Batasan Masalah

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

- a. Pemanfaatan limbah alumina dan TA-5 sebagai salah satu alternatif pengolahan limbah B3 yang akan digunakan untuk bahan campuran batako ringan.
- b. Hasil dari pengolahan dengan prinsip solidifikasi dan uji TCLP berupa campuran bahan batako ringan akan disesuaikan dengan standar untuk bahan bangunan.
- c. Benda uji batako berbentuk segi empat.
- d. Parameter uji yaitu kuat tekan, uji TCLP dan pengukuran pH.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Limbah

Limbah adalah sisa suatu usaha dan atau kegiatan. Limbah merupakan suatu benda yang mengandung zat yang bersifat membahayakan atau tidak membahayakan kehidupan manusia, hewan, serta lingkungan dan umumnya muncul karena hasil perbuatan manusia, termasuk industrialisasi. (UU RI. No.23/97,1997 pasal 1).

Secara Umum limbah dibagi 2 yaitu;

- a. Limbah ekonomis, yaitu limbah yang dapat dijadikan produk sekunder untuk produk yang lain dan atau dapat mengurangi pembelian bahan baku.
- b. Limbah non-ekonomis, yaitu limbah yang dapat merugikan dan membahayakan serta menimbulkan pencemaran lingkungan.

2.2. Limbah Industri Minyak dan Gas (Migas)

Industri minyak dan gas bumi adalah industri yang sangat vital di Indonesia. Industri ini merupakan penghasil bahan bakar untuk berbagai aktivitas manusia. Dalam produksinya industri ini juga sama dengan industri-industri lainnya, dimana akan menghasilkan limbah yang berpotensi untuk mencemari lingkungan. Limbah-limbah yang dihasilkan industri minyak dan gas bumi dapat berupa limbah padat, limbah cair dan limbah gas, sehingga perlu dilakukan upaya untuk melindungi lingkungan dari limbah yang dihasilkan tersebut agar tidak menimbulkan pencemaran lingkungan.

2.2.1 Limbah Padat

Limbah padat adalah semua limbah yang dihasilkan dari aktivitas manusia dan binatang yang berbentuk padat, tidak berguna dan tidak dimanfaatkan atau tidak

diinginkan atau dapat didefinisikan sebagai sesuatu massa heterogen yang dibuang dari aktifitas penduduk, komersial dan industri.

Limbah ini dapat berupa bangunan padat seperti lumpur, sisa logam, bekas-bekas kemasan, kerak, dan lain-lain. Limbah padat umumnya dapat dimanfaatkan oleh masyarakat atau industri lain tetapi banyak pula yang tidak mungkin dimanfaatkan sehingga perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut.

a) Karakteristik Limbah Padat

Karakteristik limbah padat adalah berbentuk padat, tidak berguna dan tidak diinginkan, dan konsep pengolahannya yaitu dengan usaha meminimalkan efek kerugian pada lingkungan yang disebabkan oleh pembuangan limbah padat terutama yang berbahaya.

b) Sifat Fisik Limbah Padat

Sifat fisik limbah padat yaitu jenis komponennya dan prosentase masing-masing ukuran partikel, kandungan campurannya dan berat tiap komponen dari campuran.

c) Sifat Kimia Limbah Padat

Sifat kimia limbah padat yaitu analisa rata-rata mengenai campuran, kemudian menguap setelah pembakaran, sisa setelah pembakaran dan sisa karbon yang ada penggabungan abu jumlah prosentase karbon, oksigen, nitrogen, sulfur, dan abu serta nilai kalor.

Limbah industri ini dapat dihasilkan dari sumber berbeda seperti:

- a. Material bekas (*Spent Material*) limbah yang dihasilkan tanpa melalui proses
- b. Produk sampingan (*By Product*) material yang dihasilkan dari proses yang spesifik dan menghasilkan produk yang dilakukan proses lebih lanjut.
- c. *Treatment Sludge* hasil dari pengolahan air limbah, kontrol emisi udara atau dari pengolahan atau dari limbah B3.
- d. *Comersil Chemical Product*, produk yang kemudian menjadi limbah setelah mengalami hal berikut ini:

- a) Kecelakaan pada tumpahan atau bocorannya bahan baku sehingga mencemari lingkungan khususnya tanah.
- b) Residu dari bekas alat penyimpanan bahan yang berbahaya.
- c) Pembersihan peralatan, misalnya penggunaan bahan kimia pembersih seperti alkalis, yang merupakan bahan berbahaya.
- d) Produk yang *Off Spec* karena kegagalan proses.

2.2.2. Peraturan mengenai B3

Kegiatan pembangunan bertujuan meningkatkan kesejahteraan hidup rakyat yang dilaksanakan melalui pembangunan jangka panjang yang bertumpu pada pembangunan di bidang industri. Pembangunan di bidang industri tersebut di satu pihak akan menghasilkan barang yang bermanfaat bagi kesejahteraan hidup rakyat dan di lain pihak industri itu juga akan menghasilkan limbah. Diantara limbah yang dihasilkan oleh kegiatan industri tersebut terdapat limbah B3.

Limbah B3 yang dibuang langsung ke dalam lingkungan dapat menimbulkan bahaya terhadap lingkungan dan kesehatan manusia serta makhluk hidup lainnya. Mengingat resiko tersebut, perlu diupayakan agar setiap kegiatan industri dapat menghasilkan limbah B3 seminimal mungkin dan mencegah masuknya limbah B3 dari luar wilayah Indonesia. Peran serta pemerintah Indonesia dalam pengawasan perpindahan lintas batas limbah B3 tersebut telah diratifikasi Konvensi Basel pada tanggal 12 Juli 1993 dengan Keputusan Presiden Nomor 61 Tahun 1993.

Heirarki Pengelolaan limbah B3 dimaksudkan agar limbah B3 yang dihasilkan masing-masing unit produksi sesedikit mungkin dan bahkan diusahakan sampai nol, dengan mengupayakan reduksi pada sumber dengan pengolahan bahan, substitusi bahan, pengaturan operasi kegiatan, dan digunakannya teknologi bersih. Bilamana masih dihasilkan limbah B3 maka diupayakan pemanfaatan limbah B3.

Pemanfaatan limbah B3, yang mencakup kegiatan daur ulang (*recycling*) perolehan kembali (*recovery*) dan penggunaan kembali (*reuse*) merupakan satu mata rantai penting dalam pengelolaan limbah B3. Dengan teknologi pemanfaatan limbah

B3 di satu pihak dapat dikurangi jumlah limbah B3 sehingga biaya pengolahan limbah B3 juga dapat ditekan dan di lain pihak akan dapat meningkatkan pemanfaatan bahan baku. Hal ini pada gilirannya akan mengurangi kecepatan pengurasan sumberdaya alam. Untuk menghilangkan atau mengurangi resiko yang dapat ditimbulkan dari limbah B3 yang dihasilkan maka limbah B3 yang telah dihasilkan perlu dikelola secara khusus.

Pengelolaan limbah B3 merupakan suatu rangkaian kegiatan yang mencakup penyimpanan, pengumpulan, pemanfaatan, pengangkutan, dan pengolahan limbah B3 termasuk penimbunan hasil pengolahan tersebut. Dalam rangkaian kegiatan tersebut terkait beberapa pihak yang masing-masing merupakan mata rantai dalam pengelolaan limbah B3, yaitu:

- a. Penghasil Limbah B3;
- b. Pengumpul Limbah B3;
- c. Pengangkut Limbah B3;
- d. Pemanfaat Limbah B3;
- e. Pengolah Limbah B3;
- f. Penimbun B3.

Sebagaimana tersebut diatas, maka mata rantai siklus perjalanan limbah B3 sejak dihasilkan oleh penghasil limbah B3 sampai penimbunan akhir oleh pengolah limbah B3 dapat diawasi. Setiap mata rantai perlu diatur, sedangkan perjalanan limbah B3 dikendalikan dengan sistem manifest berupa dokumen limbah B3 yang dihasilkan dan berapa yang telah dimasukkan ke dalam proses pengolahan dan penimbunan tahap akhir yang telah memiliki persyaratan lingkungan.

Limbah yang ditimbulkan oleh industri dapat berupa bahan organik maupun anorganik. Sebagian dari limbah industri tersebut ke dalam kategori limbah B3, selain dari kegiatan industri, limbah B3 dapat ditimbulkan juga dari kegiatan - kegiatan kesehatan (seperti limbah infeksius), kegiatan pertanian (dalam penggunaan pestisida), atau kegiatan pendayagunaan energi Nuklir. Penanganan limbah B3 yang

kurang baik dapat membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan, seperti penyakit akut, keracunan dan terakumulasinya unsur beracun.

Berdasarkan Peraturan Pemerintahan (PP) RI No. 74 tahun 2001 yang mengatur tentang pengelolaan bahan beracun dan berbahaya (B3) menyebutkan bahwa pengertian B3 (pasal 1) sebagai berikut:

”Bahan beracun dan berbahaya yang selanjutnya disingkat dengan B3 adalah bahan yang karena sifat dan konsentrasinya dan atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan lingkungan hidup, dan atau dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lainnya”.

Disamping itu disebutkan pula bahwa yang termasuk B3 adalah limbah yang memenuhi salah satu atau lebih klasifikasi (pasal 4) dibawah ini:

- a. Mudah meledak (*explosive*)
- b. Pengoksidasi (*oxidizing*)
- c. Sangat mudah sekali menyala (*highly flammable*)
- d. Mudah menyala (*flammable*)
- e. Amat sangat beracun (*extremly toxic*)
- f. Sangat beracun (*highly toxic*)
- g. Beracun (*moderately toxic*)
- h. Berbahaya (*harmful*)
- i. Korosif (*Corrosive*)
- j. Bersifat iritasi (*iritant*)
- k. Berbahaya bagi lingkungan (*dangerous to the environment*)
- l. Karsinogenik (*Carcinogenic*)
- m. Teratogenik (*Teratogenic*)
- n. Mutagenik (*Mutagenic*)

Salah satu contoh dari bahan beracun dan berbahaya yaitu logam berat, misalnya Hg, Pb, Cu, Cr, dan Ni. Logam berat sebenarnya masih termasuk golongan logam dengan kriteria yang sama dengan logam lainnya. Perbedaananya terletak pada

pengaruh yang dihasilkan apabila logam ini berkaitan dan atau masuk ke dalam tubuh organisme hidup, akan timbul pengaruh khusus.

Kelompok logam berat memiliki ciri-ciri:

- a) *Spesific Gravity* yang sangat besar (>4)
- b) Mempunyai nomor atom 22-23 dan 40-50 serta unsur lantanida dan aktinida
- c) Mempunyai respon biokimia spesifik pada organisme hidup

Dapat dikatakan bahwa semua logam berat yang bila masuk secara berlebihan ke dalam tubuh, akan berubah fungsi menjadi zat beracun bagi tubuh yang merusak tubuh organisme hidup.

2.3. *Spent Catalyst TA-5*

Limbah katalis yang digunakan untuk bahan tambahan pada penelitian ini merupakan hasil dari unit tatoray. Limbah katalis yang digunakan pada unit tatoray ini adalah jenis zeolit type *Disproportionation Catalyst*, yang mengandung unsur-unsur oksida silika dan alumina. Selain itu didalamnya juga mengandung unsur-unsur kecil lainnya. Seperti: silver, selenium dan florida. Sebagian unsur penyusun dari *Spent Catalyst TA-5* merupakan sebagai bahan dasar bangunan (semen) seperti : alumina dan silika.

Limbah katalis ini digunakan pada suatu kilang minyak yang dilengkapi unit tatoray sebagai suatu bahan untuk mengarahkan dan mempercepat laju reaksi produk utama yang diinginkan seperti : benzene dan Paraxylene. Sedangkan sifat-sifat limbah katalis jenis zeolit type *Disproportionation Catalyst* adalah tidak mudah meledak dan tidak bersifat korosif.

Oleh karena *sludge* (lumpur katalis) yang tersimpan cukup banyak, maka dapat digunakan sebagai campuran untuk memproduksi bahan bangunan pemanfaatan limbah katalis seperti yang dilakukan di unit tatoray PT. Pertamina UP IV Cilacap

oleh pengelola dikomersilkan dengan cara dibuat minyak sebagai produk bahan bangunan seperti batako dan paving blok.

Spent Catalyst TA-5 dihasilkan secara periodik oleh Kilang Pertamina UP IV Cilacap dalam jumlah yang cukup besar dan menurut peraturan jenis limbah tersebut termasuk ke dalam limbah. *Spent Catalyst* TA-5 berupa limbah padat, berbentuk pelet keras berwarna hitam berasal dari Kilang Paraxylene dari unit tatoray (unit 86). *Spent* katalis yang digunakan berasal dari unit tatoray yang mengolah umpan berupa :

- toluena yang berasal dari hasil atas kolom toluena ex unit sulfolane
- toluena dari hasil atas dari kolom finishing ex unit parex
- C9 aromatik dari hasil atas dari kolom heavy aromatik ex unit xylene

Proses Tatoray adalah suatu proses katalitik untuk transalkilasi aromatik. Dalam bentuk sederhananya, toluene dikonversi menjadi benzene dan campuran xylene. Dalam operasi yang lebih kompleks, toluene dan campuran C9 aromatik dikonversikan menjadi C6, C8, dan C10 aromatik.



Gambar 2.1. *Spent Catalyst* TA-5

Produk yang dihasilkan oleh unit tatoray berupa benzene yang keluar dari atas kolom dan sebagian masuk ke dalam unit sulfolane, sedangkan dari dasar kolom dihasilkan campuran xylene dan toluena menuju kolom xylene. Katalis yang digunakan dalam unit tatoray adalah TA-5 dari UOP jenis zeolit dengan luas permukaan yang tinggi.

2.3.1. Karakteristik *Spent Catalyst* TA-5

Katalis yang banyak digunakan di dalam pengolahan minyak dan gas bumi biasanya berupa suatu bahan padat dan dapat dinyatakan sebagai material yang dapat mempercepat dan mengarahkan reaksi kimia tanpa mengalami perubahan pada dirinya. Secara teoritis katalis didefinisikan sebagai senyawa kimia yang berfungsi untuk meningkatkan kecepatan reaksi, artinya jika terdapat suatu reaksi yang diberi

katalis, maka kecepatan reaksi akan naik beberapa kali lipat sehingga produk yang dihasilkan akan jauh lebih banyak dalam kurun waktu yang sama. Untuk mekanisme reaksi dengan katalis, sebenarnya katalis ikut dalam reaksi dengan reaktan pada awal reaksinya, tapi kemudian pada akhir reaksi setelah produk terbentuk, maka katalis akan keluar lagi utuh tidak berkurang secara kuantitatif maupun kualitatif. Oleh karena itu pemakaian katalis akan jauh lebih dan sangat kecil sekali dibandingkan dengan produk yang terjadi atau reaktan yang diperlukan.

TA-5 adalah katalis yang digunakan dalam proses yang terjadi di unit tatoray. Katalis ini berbentuk pellet, berwarna hitam dan tidak berbau. Komposisi TA-5 dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.1. Komposisi *Catalyst* TA-5

KOMPOSISI	% BERAT
Aluminosilicate	75-85
Alumunium oxide	15-25

Berdasarkan *Material Safety Data Sheet* (MSDS), katalis TA-5 dapat mempengaruhi kesehatan manusia apabila terjadi kontak melalui kulit dan mata. Pemaparan juga dapat melalui pencernaan atau pun pernafasan apabila terdapat debu maupun gas yang berasal dari materi TA-5 :

- a. Kontak Kulit : Dapat menyebabkan iritasi kulit (katalis TA-5 menjadi panas saat pertama kali menyerap air).
- b. Kontak Mata : Debu dan/atau materi dapat menyebabkan ketidaknyamanan dan/atau iritasi pada mata, sehingga mata berair dan merah.
- c. Pencernaan : Membakar jaringan tubuh.
- d. Pernafasan : Debu yang berasal dari materi ini dapat menyebabkan iritasi pada organ pernafasan termasuk paru – paru.

Catalyst TA-5 memiliki karakteristik sebagai berikut :

- a. Tidak mudah meledak
- b. Tidak mudah terbakar

- c. Tidak bersifat reaktif
- d. Tidak bersifat korosif
- e. Tidak menyebabkan infeksi
- f. Tidak beracun

Tabel 2.2. Hasil Analisa TCLP Limbah Spent Katalis TA-5 PT.Pertamina UP IV
Cilacap.

No.	Parameter	Hasil (mg/l)	Baku Mutu TCLP* (mg/l)	Metode Uji
1	Arsen (As)	<0.005	5	EPA SW 846 1311,SM 3114 B
2	Barium (Ba)	<0.100	100	EPA SW 846,SM 3111 D
3	Benzene	<0.005	0.5	EPA SW 846 8240
4	Boron (B)	0.025	500	EPA SW 846 1311,SM 4500 BC
5	Cadmium (Cd)	<0.005	1	EPA SW 846 1311,SM 3111 B
6	Carbon tetrachloride	<0.005	0.5	EPA SW 846 8240
7	Chlorobenzene	<0.005	100	EPA SW 846 8240
8	Chloroform	<0.005	6	EPA SW 846 8240
9	Chlorophenol total	<0.010	-	EPA SW 846 8240
10	Chloronaptalene	<0.010	-	EPA SW 846 8240
11	Chromium (Cr)	<0.030	5	EPA SW 846 1311,SM 3111 B
12	Copper (Cu)	<0.005	10	EPA SW 846 1311,SM 3111 B
13	o-Cresol	<0.010	200	EPA SW 846 8270
14	m-Cresol	<0.010	200	EPA SW 846 8270
15	total Cresol	<0.010	200	EPA SW 846 8270
16	Free Cyanide	<0.020	20	EPA 335.2
17	2,4 D (2,4-Dichlorophenoxyacetic acid)	<0.012	10	EPA SW 846 8150
18	1,4 Dichlorobenzene	<0.005	7.5	EPA SW 846 8270
19	1,2 dichloroethane	<0.005	0.5	EPA SW 846 8240
20	1,1 Dichloroethylene	<0.010	0.7	EPA SW 846 8240
21	2,4 Dinitrotoluene	<0.010	0.13	EPA SW 846 8270
22	Flourides (F)	<0.100	150	EPA 340.1
23	Heptachlor + Heptachlor epoxide	<0.0083	0.008	EPA SW 846 8080
24	Hexachlorobenzene	<0.010	0.13	EPA SW 846 8270
25	hexachloroethane	<0.010	3	EPA SW 846 8270
26	Lead (Pb)	<0.030	5	EPA SW 846 1311,SM 3111 B
27	Mercury (Hg)	<0.010	0.2	EPA SW 846 1311,SM 3112 B
28	Methoxychlor	<0.0018	10	EPA SW 846 8080
29	Methyl Parathion	<0.010	0.7	EPA SW 846 8140
30	Methyl ethyl ketone	<0.010	200	EPA SW 846 8240
31	Nitrobenzenene	<0.010	2	EPA SW 846 8270
32	Pentachlorophenol	<0.050	100	EPA SW 846 8270

33	Polichlorinated biphenil (PCB's)	<0.0007	0.3	EPA SW 846 8080
34	Selenium (Se)	<0.005	1	EPA SW 846 1311,SM 3114 B
35	Silver (Ag)	<0.030	5	EPA SW 846 1311,SM 3111 B
36	Tetrachlorethylene (PCE)	<0.010	0.7	EPA SW 846 8240
37	Trihalomethanes	<0.010	35	EPA SW 846 8240
38	2,4-5-Trichlorophenol	<0.010	400	EPA SW 846 8270
39	2,4-6-Trichlorophenol	<0.010	2	EPA SW 846 8270
40	Vynil chloride	<0.010	0.2	EPA SW 846 8240
41	Zinc (Zn)	0.775	50	EPA SW 846 1311,SM 3111 B

Sumber : PT. Pertamina UP IV Cilacap

*PP No. 85 tahun 1999.

2.4. Alumina

Activated alumina yang digunakan PT. Pertamina UP IV Cilacap adalah sejenis spent adsorbent. *Activated alumina* adalah material penyerap yang terdiri dari alumina dan dikombinasikan dengan air dalam berbagai proporsi yang dihasilkan dalam berbagai struktur. Apabila dikaitkan dengan sifat alami area permukaan internal ini, *activated alumina* adsorbent akan menarik dan mengumpulkan molekul dan gas atau cairan yang diarahkan. Ini dikenal dengan istilah *adsorbsi*. Akan tetapi tidak semua molekul tertarik pada derajat tingkat yang sama. Beberapa molekul bereaksi dengan oksid aluminium yang terdapat didalam adsorbent itu. Hasil reaksi tinggal pada adsorbent itu. Ini disebut dengan *chemisorption*. *Activated alumina* adsorbent digunakan untuk pengeringan dan memurnikan atau penjernihan berbagai macam gas atau liquid (cair).

Pada proses penyulingan minyak bumi PT. Pertamina (PERSERO) UP IV Cilacap pada unit kilang paraxylene menghasilkan limbah padat salah satunya adalah *activated alumina* yang digunakan sebagai absorbent atau filter air seperti halnya zeolit. *Activated alumina* yang digunakan adalah alumina yang mempunyai senyawa keras yang stabil pada suhu tinggi dan tahan terhadap hidrasi oleh air dan reaksi dengan senyawa asam. *Activated alumina* berbentuk bulat-bulat kecil berwarna putih kekuning-kuningan seperti pada gambar 2.2 dan mempunyai kandungan unsur utama alumina dan silica. Bila *activated alumina* dirasa sudah jenuh maka *activated alumina*

ini akan dikeluarkan dan diganti dengan activated alumina yang baru. Dalam 3 – 6 bulan *activated alumina* yang dibuang mencapai $\pm 13427,6$ kg/hari atau 62 drum.

2.4.1. Karakteristik Alumina

Alumina tidak dapat larut dalam air dan organik cair dan sangat ringan dapat larut dalam asam kuat dan alkali. Alumina terjadi dalam 2 bentuk kristal. Alumina didistribusikan secara luas di alam. Dikombinasi dengan silika dan mineral lain yang terjadi didalam tanah liat, *feldspars*, dan mika. Komponen utama dari alumina bauxite dan sering terjadi dalam bentuk alami seperti corundum. Alumina penting dalam perdagangan terutama, digunakan dalam produksi logam alumina.

Alumina juga digunakan untuk abrasi, corundum, dan emery digunakan secara luas seperti persiapan pembuatan pengikisan alumina. Nama yang sering digunakan untuk alumina abrasi meliputi Alundum dan Alosite. Alumina juga digunakan dalam keramik untuk pewarnaan dan pabrik bahan – bahan kimia tanah liat yang mengandung alumina digunakan dalam keramik, genteng, batu bata, *panel board*, *paving block*. Alumina alami digunakan dalam pembuatan tempat meleburnya logam dan alat lain untuk dicairkan.



Gambar 2.2. Alumina

Tabel 2.3. Hasil Analisa TCLP Limbah *Activated Alumina* PT.Pertamina UP IV Cilacap.

No	Parameter	Hasil Analisis (mg/l)	Baku Mutu TCLP* (mg/l)	Metode Uji
1	Arsen (As)	<0.005	5	EPA SW 846 1311, SM 3114 B
2	Barium (Ba)	<0.100	100	EPA SW 846, SM 3111 D
3	Benzene	<0.005	0.5	EPA SW 846 8240
4	Boron (B)	<0.050	500	EPA SW 846 1311, SM 4500 BC
5	Cadmium (Cd)	<0.005	1	EPA SW 846 1311, SM 3111 B

6	Carbon tetrachloride	<0.005	0.5	EPA SW 846 8240
7	Chlorobenzene	<0.005	100	EPA SW 846 8240
8	Chloroform	<0.005	6	EPA SW 846 8240
9	Chlorophenol total	<0.010	1	EPA SW 846 8240
10	Chloronaptalene	<0.010	1	EPA SW 846 8240
11	Chromium (Cr)	<0.030	5	EPA SW 846 1311,SM 3111 B
12	Copper (Cu)	<0.005	10	EPA SW 846 1311,SM 3111 B
13	o-Cresol	<0.010	200	EPA SW 846 8270
14	m-Cresol	<0.010	200	EPA SW 846 8270
15	total Cresol	<0.010	200	EPA SW 846 8270
16	Free Cyanide	<0.100	20	EPA 335.2
17	2,4 D (2,4-Dichlorophenoxyacetic acid)	<0.0083	10	EPA SW 846 8150
18	1,4 Dichlorobenzene	<0.010	7.5	EPA SW 846 8270
19	1,2 dichloroethane	<0.010	0.5	EPA SW 846 8240
20	1,1 Dichloroethylene	<0.030	0.7	EPA SW 846 8240
21	2,4 Dinitrotoluene	0.005	0.13	EPA SW 846 8270
22	Flourides (F)	<0.0018	150	EPA 340.1
23	Heptachlor + Heptachlor epoxide	<0.010	0.008	EPA SW 846 8080
24	Hexachlorobenzene	<0.010	0.13	EPA SW 846 8270
25	hexachloroethane	<0.010	3	EPA SW 846 8270
26	Lead (Pb)	<0.030	5	EPA SW 846 1311,SM 3111 B
27	Mercury (Hg)	0.005	0.2	EPA SW 846 1311,SM 3112 B
28	Methoxychlor	<0.0018	10	EPA SW 846 8080
29	Methyl Parathion	<0.010	0.7	EPA SW 846 8140
30	Methyl ethyl ketone	<0.010	200	EPA SW 846 8240
31	Nitrobenzenene	<0.010	2	EPA SW 846 8270
32	Pentachlorophenol	<0.050	100	EPA SW 846 8270
33	Polichlorinated biphenil (PCB's)	<0.0007	0.3	EPA SW 846 8080
34	Selenium (Se)	<0.005	1	EPA SW 846 1311,SM 3114 C
35	Silver (Ag)	0.0053	5	EPA SW 846 1311,SM 3111 B
36	Tetrachlorethylene (PCE)	<0.010	0.7	EPA SW 846 8240
37	Trihalomethanes	<0.010	35	EPA SW 846 8240
38	2,4-5-Trichlorophenol	<0.010	400	EPA SW 846 8270
39	2,4-6-Trichlorophenol	<0.010	2	EPA SW 846 8270
40	Vynil chloride	<0.010	0.2	EPA SW 846 8240
41	Zinc (Zn)	1.055	50	EPA SW 846 1311,SM 3111 B

Sumber : PT. Pertamina UP IV Cilacap

*PP No. 85 tahun 1999.

2.5. Pengolahan Limbah Padat

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

a. Pengkonsentrasian

Dilakukan untuk meningkatkan konsentrasi *sludge* sehingga dapat mengurangi volume *sludge* tersebut. Pengkonsentrasian *sludge* biasanya dilakukan secara gravitasi (dengan *clarifier*) dan dengan *thickener*. Dengan *thickener* dapat meningkatkan konsentrasi padatan 2-5 kali. Dengan turunnya volume *sludge* maka akan memberikan keuntungan ekonomis dan akan memudahkan proses pengolahan selanjutnya.

b. Pengurangan kadar air

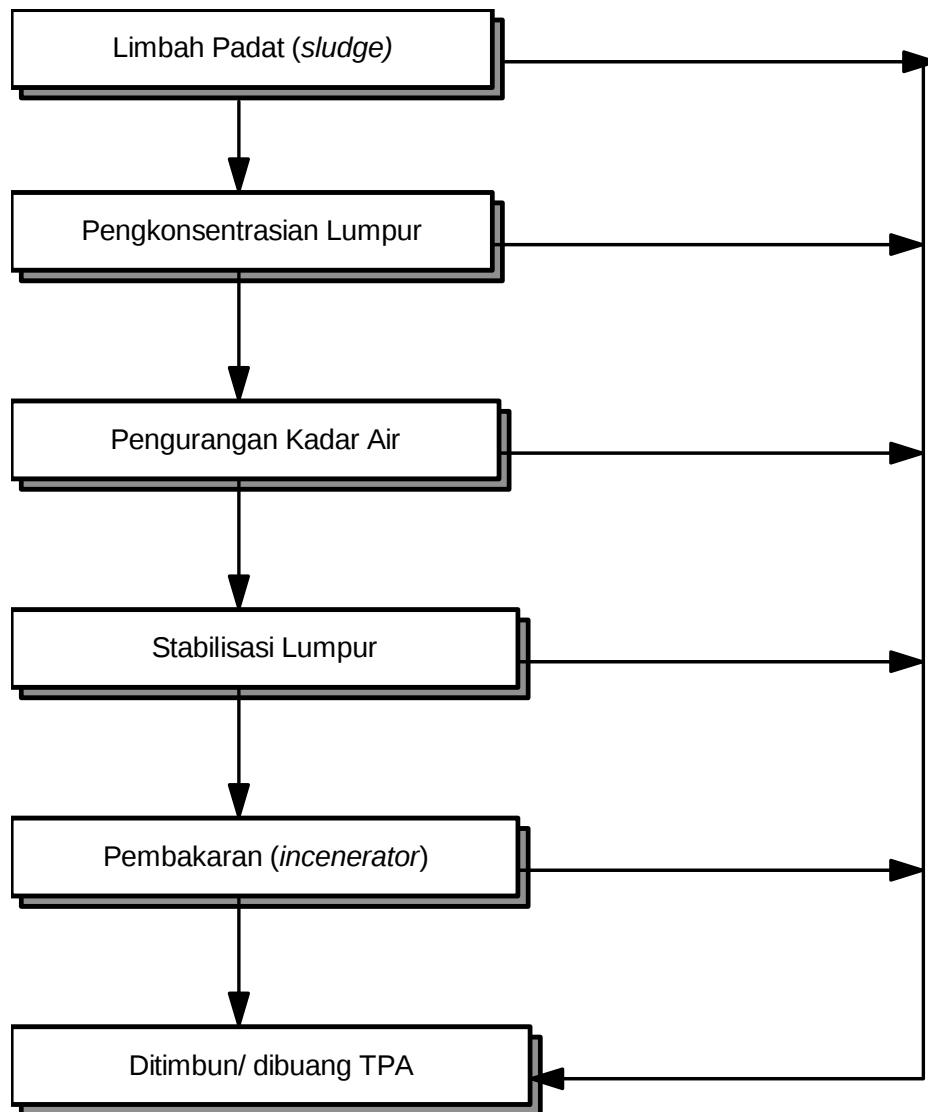
Proses ini bertujuan untuk mengurangi kadar air sehingga *sludge* dapat lebih kering lagi sehingga memudahkan dalam transportasi. *Filtrasi vakum*, *filter press* dan sentrifugasi banyak digunakan dalam proses ini.

c. Stabilisasi

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

d. Pembakaran

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



Gambar 2.3. Skema Pengolahan Limbah Padat

2.6. Definisi Limbah Berbahaya dan Beracun (B3)

Menurut PP18/99 jo PP85/99 tentang Pengelolaan Limbah B3, pengertian limbah B3 adalah: setiap limbah yang mengandung bahan berbahaya dan/atau beracun yang karena sifat dan/atau konsentrasinya dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung dapat mencemarkan dan/atau merusakkan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lain (pasal 1 ayat 2).

Limbah B3 adalah limbah atau bahan yang berbahaya, karena jumlahnya, konsentrasi atau sifat-sifat fisika, kimia dapat menyebabkan atau secara signifikan dapat memberikan kontribusi terhadap peningkatan penyakit, kematian dan berbahaya bagi kesehatan manusia atau lingkungan jika tidak benar-benar diolah atau dikelola, disimpan, dibawa, atau dibuang (*Resource Conservation And Recovery Act 1976*).

2.6.1 Identifikasi Limbah Berdasarkan Karakteristik

Identifikasi limbah B3 berdasarkan karakteristiknya dapat dibagi seperti dijelaskan sebagai berikut. Penentuan yang lebih spesifik terhadap kandungan bahan organik dan anorganik yang diklasifikasikan sebagai komponen aktif B3, ditentukan dengan metoda *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* (TCLP).

a. Mudah Meledak (*explosive*)

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

b. Mudah Terbakar

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

c. Limbah Reaktif

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

d. Limbah Beracun

Limbah beracun adalah limbah yang mengandung racun yang berbahaya bagi manusia dan lingkungan. Limbah B3 dapat menyebabkan kematian dan sakit serius. Apabila masuk kedalam tubuh melalui pernafasan, kulit, atau mulut. Prosedur ekstraksi untuk menentukan senyawa organik dan anorganik (TCLP) dapat digunakan untuk identifikasi limbah ini. Limbah yang menunjukkan karakteristik beracun yaitu jika diekstraksi dari sampel yang mewakili mengandung kontaminan lebih besar .

e. Korosif (*corrosive*)

Limbah yang bersifat korosi, yaitu limbah yang menyebabkan iritasi (terbakar) pada kulit atau mengkorosi baja. Limbah ini mempunyai pH sama atau kurang dari 2,0 untuk limbah bersifat asam dan sama atau lebih besar dari 12,5 untuk yang bersifat basa.

f. Infeksius

Limbah yang menyebabkan infeksi, yaitu bagian tubuh yang diamputasi dan cairan dari tubuh manusia yang terkena infeksi, limbah dari laboratorium atau limbah lain yang terkena infeksi kuman penyakit yang menular.

g. Uji Toksikologi

Pengujian toksikologi yang dimaksud adalah dengan LD_{50} (*Lethal Dose Fifty*) adalah perhitungan dosis (gram pencemar per kilogram berat badan) yang dapat menyebabkan kematian 50% populasi makhluk hidup yang dijadikan percobaan. Apabila LD_{50} lebih besar dari 15 gram per kilogram maka limbah tersebut bukan limbah B3.

2.6.2. Klasifikasi Limbah B3

Untuk mengklasifikasikan limbah yang tergolong B3 yaitu harus mengidentifikasi karakteristik limbah yang dihasilkan, namun demikian karakteristik dan prosedur analitik merupakan hal yang penting dalam identifikasi limbah B3 pada suatu jenis industri atau kegiatan lain yang menghasilkan limbah B3.

Unsur-unsur yang tergolong dalam limbah B3 didominasi oleh unsur-unsur logam berat seperti tembaga (*Copper-Cu*), timbal (*Plumbum*), merkuri (*Hg*), kadmium (*Cd*), khromium (*Cr*) dan lain-lain. Perbedaan logam berat dengan biasa dapat ditentukan berdasarkan karakteristiknya yaitu memiliki *specific gravity* yang sangat besar (lebih dari 4) mempunyai nomor atom 22-23 dan 40-50 serta unsur-unsur lantanida dan aktinida memiliki respon biokimia khas (spesifik) pada organisme hidup, logam-logam yang dengan mudah mengalami reaksi kimia bila bertemu dengan unsur oksigen atau disebut juga dengan *Oxygen Seeking metal*, logam-logam yang mudah mengalami reaksi kimia bila bertemu dengan unsur-unsur nitrogen atau unsur belerang (sulfur) atau disebut juga *nitrogen sulfur seeking metal* dan dari logam antara atau logam transisi yang memiliki sifat khusus sebagai logam pengganti (ion pengganti) untuk ion-ion logam dari kelas A dan logam dari kelas B.

2.6.3 Pengelolaan Limbah B3

Pengelolaan limbah B3 adalah rangkaian kegiatan yang mencakup reduksi, penyimpanan, pengumpulan, pengangkutan, pemanfaatan, pengolahan dan penimbunan B3. Pengolahan ini bertujuan untuk mencegah dan menanggulangi pencemaran dan atau kerusakan lingkungan hidup yang diakibatkan oleh limbah B3 serta melakukan pemulihan kualitas lingkungan yang telah tercemar (PP No.18 tahun 1999 jo PP No. 85 tahun 1999, Pasal 2).

2.6.4 Pendekatan Kimia Fisik Dalam Penelitian Limbah B3

Pendekatan kimia fisik bertujuan mengetahui sifat-sifat limbah dan komposisi kimia limbah. Pada dasarnya penentuan sifat fisik dan kimia suatu limbah adalah sifat

intrinsik yang dimiliki limbah tersebut. Pendekatan yang lebih kompleks namun masih di kategorikan pendekatan kimia fisik adalah pemodelan transport, transformasi dan simulasi kondisi tertentu. Contoh pemodelan yang banyak dilakukan dalam kaitannya dengan potensi migrasi suatu pencemar adalah pemodelan transport melalui air tanah. Contoh simulasi pada laboratorium adalah uji TCLP, yang menstimulasi skenario terburuk yang mungkin terjadi pada limbah.

2.6.5 Pendekatan Komprehensif dalam Penelitian Limbah B3

Pengabungan antara pendekatan kimia, fisik dan biologi, menghasilkan suatu pendekatan yang komprehensif yang diwujudkan lewat penelitian analisis resiko (*risk assesment*) tujuan *risk assesment* adalah untuk menyediakan suatu dasar yang terkuantitatif dalam pengambilan keputusan, bagaimana suatu limbah itu harus dikelola. Ada pun langkah-langkah penting dalam melakukan *risk assesment* adalah:

- a) *Hazard identification*: menjawab apakah saja zat pencemar berbahaya yang ada dilapangan atau fasilitas, serta bagaimana karakteristiknya, langkah ini juga disebut *Source Analysis*.
- b) *Exposure assessment*: meneliti potensial migrasi pencemar ke reseptor dan tingkat intake ini juga disebut *Pathway Analysis*.
- c) *Toxicity assessment*: menentukan indeks – indeks toksisitas yang diterima reseptor, langkah ini disebut juga *Receptor Analysis*.
- d) *Risk Characterisation*: menentukan besarnya *risk* yang diterima oleh reseptor, seperti satu diantara satu juta (1×10^{-6}).

2.7 Logam Berat

Logam berat adalah komponen alamiah lingkungan yang mendapatkan perhatian berlebih akibat ditambahkan ke dalam tanah dalam jumlah yang semakin meningkat dan bahaya yang mungkin ditimbulkan. Logam berat menunjuk pada logam yang mempunyai berat jenis lebih tinggi dari 5 atau 6 g/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. (Wild, 1995).

2.7.1. Khromium (Cr)

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

Tabel 2.4. Beberapa Sifat Fisik Logam Khromium

Nama	Khromium
Simbol	Cr
Nomor atom	24
Massa atom relative	51,996 g.mol ⁻¹
Titik leleh	1857.0 °C (2130.15 °K, 3374.6 °F)
Titik didih	2672.0 °C (2945.15 °K, 4841.6 °F)
Nomor Proton/Elektron	24
Nomor Neutron	28
Klasifikasi	Logam Transisi
Struktur Kristal	Kubik
Densitas @ 293 K	7.19 g/cm ³
Warna	Abu-abu

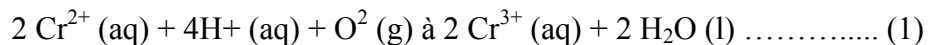
(Sumber : Anonim, 2005)⁽³⁾.

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

Khromium mempunyai konfigurasi elektron 3d⁵4s¹, sangat keras, mempunyai titik leleh dan titik didih tinggi diatas titik leleh dan titik didih unsur-unsur transisi deret pertama lainnya. Bilangan oksidasi yang terpenting adalah +2, +3 dan +6. jika

dalam keadaan murni melarut dengan lambat sekali dalam asam encer membentuk garam khromium (II) (Achmad, Hiskia, 1992).

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



Senyawa yang terbentuk dari ion khromium (III) atau Cr^{3+} bersifat *amporter* dan merupakan ion yang paling stabil di antara kation logam transisi yang lainnya serta dalam larutan, ion ini terdapat sebagai $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ yang berwarna hijau. Senyawa yang terbentuk dari ion logam Cr^{6+} akan bersifat asam. Cr^{3+} dapat mengendap dalam bentuk hidroksida. Khrom 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+} . (Palar,1994).

Khromium 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.

2.7.1.1. Efek Krom Bagi Kesehatan

Logam khromium (Cr) dapat masuk kedalam tubuh manusia melalui pernapasan, minuman atau makanan dan melalui kulit. Kebanyakan orang makan makanan mengandung khromium (III), karena khromium (III) terjadi secara alami di dalam sayur-sayuran, buah-buahan dan daging. Khromium (III) adalah suatu bahan gizi yang penting untuk manusia, dan kekurangan khromium (III) menyebabkan jantung, kencing manis dan gangguan metabolisme. Akan tetapi khromium (III) yang berlebih dapat mempengaruhi kesehatan, seperti *skin rashes* (Anonim, 2005)⁽³⁾.

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

- a. Gangguan borok dan perut
- b. Permasalahan yang berhubungan dengan pernapasan
- c. Kerusakan hati dan ginjal
- d. Kanker paru-paru.

2.7.1.2. Efek Khrom Pada Lingkungan

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

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

Kebanyakan khromium terdapat diudara dan *end up* di air dan tanah. Khromium di dalam tanah mengikat kuat butiran partikel sehingga tidak menyebar ke *ground water*. Di air khromium akan terserap dalam *sediment* sehingga tidak menyebar. Hanya sebagian kecil logam khromium mengendap dan pada akhirnya akan larut dalam air (Anonim, 2005)⁽³⁾.

2.7.2. Seng (Zn)

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

Tabel 2.5. Beberapa Sifat Fisik Logam Seng

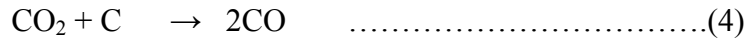
Nama	Seng (Zn)
Simbol	Zn
Nomor atom	30
Massa atom relative	65.39 g.mol ⁻¹
Titik Didih	419.58°C (692.73°K, 787.24396 °F)
Titik Leleh	907.0 °C (1180.15 °K, 1664.6 °F)
Nomor Proton/Elektron	30
Klasifikasi	Logam Transisi
Struktur Kristal	Hexagonal
Densitas @ 293 K	7.133 g/cm ³
Warna	Kebiru-biruan

(Sumber : Anonim, 2005)⁽³⁾.

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

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





Tipe lain dari ekstraksi adalah *electrolytic*. Penguraian dari *zinc oxide* mentah, ZnO, di dalam sulphuric acid menjadi *zinc sulfate*, ZnSO₄. Solusi dari elektrolisi ZnSO₄ menggunakan katoda aluminium dan dicampur timah dengan anoda perak membentuk logam seng murni yang dilapisi aluminium. Gas oksigen dibebaskan pada anoda.

2.7.2.1. Efek Seng bagi Kesehatan

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

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

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

2.7.2.2. Efek Seng Pada Lingkungan

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

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

2.7.3. Timbal (Pb)

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

Tabel 2.6. Beberapa Sifat Fisik Timbal

Nama	Timbal
Simbol	Pb
Nomor atom	82
Massa atom relative	207.2 g.mol ⁻¹
Titik Didih	327.5 °C (600.65 °K, 621.5 °F)
Titik Leleh	1740.0 °C (2013.15 °K, 3164.0 °F)
Nomor Proton/Elektron	82
Nomor Neutron	125
Klasifikasi	Logam
Struktur Kristal	Kubik
Densitas @ 293 K	11.34 g/cm ³
Warna	Kebiru-biruan

(Sumber : Anonim, 2005)⁽³⁾.

Timbal dalam industri digunakan sebagai bahan pelapis untuk bahan kerajinan dari tanah karena pada temperatur yang rendah bahan pelapis dapat digunakan. Sekarang banyak juga digunakan sebagai pelapis pita-pita, karena mempunyai sikap resisten terhadap bahan korosif dan bahan baterai, cat. Senyawaan yang terpenting adalah (CH₃)₄Pb dan (C₂H₅)₄Pb yang dibuat dalam jumlah yang sangat besar untuk digunakan sebagai zat “antiknock” dalam bahan bakar.

2.7.3.1. Efek Timbal bagi Kesehatan

Timbal adalah logam halus yang telah dikenal banyak penerapannya dari tahun ketahun. Timbal termasuk salah satu logam golongan empat yang sangat merugikan bagi kesehatan manusia. Dapat masuk melalui tubuh melalui makanan (65%), air (20%) dan udara (15%). Makanan seperti buah, sayur-sayuran, daging dan *seafood* kemungkinan mengandung timbal. Asap rokok juga mengandung sedikit timbal (Anonim, 2005) ⁽³⁾.

Timbal dapat masuk dalam air (minum) melalui pipa yang berkarat. Oleh karena itu lebih mungkin untuk terjadi ketika air *acidic*. Oleh sebab itu mengapa diperlukan alat pengukur pH pada sistem pengolahan air pada tujuan yang akan dilayani. Keracunan timbal diakibatkan oleh pengisapan bagian kecil dari asap atau debu timbal yang kemudian diserap oleh aliran darah diakumulasi pada sumsum tulang belakang. Pelepasan timbal dari tulang terjadi sangat lamban sehingga efek penimbunan ini yang menimbulkan keracunan kronis.

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

- a. kekurangan darah merah (anemia)
- b. kerusakan ginjal
- c. kerusakan otak
- d. terjadi paralysis pada urat saraf

2.7.3.2. Efek Timbal Pada Lingkungan

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

dilingkungan meningkat. Disisi lain aktivitas manusia seperti pembakaran bahan bakar, proses industri dan pembakaran limbah padat juga mempengaruhi.

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

Fungsi tanah terganggu karena intervensi timbal, terutama disekitar lahan pertanian dan jalan raya, dimana konsentrasi saat itu saat tinggi. Organisme di dalam tanah juga dapat terganggu karena timbal beracun tersebut. (Anonim, 2005)⁽³⁾.

2.7.4 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/lit merupakan batas konsentrasi tertinggi untuk mencegah timbulnya rasa yang tidak enak.

Tabel 2.7. Beberapa sifat fisik Tembaga

Nama	Tembaga
Simbol	Cu
Nomor atom	29
Massa atom relative	63.546 g.mol ⁻¹
Titik Didih	1083.0 °C (1356.15 °K, 1981.4 °F)
Titik Leleh	2567.0 °C (2840.15 °K, 4652.6 °F)
Nomor Protton/Elektron	29
Nomor Neutron	35
Klasifikasi	Logam Transisi
Struktur Kristal	Kubik
Densitas @ 293 K	8.96 g/cm ³
Warna	Merah

(Sumber: Anonim, 2005)⁽³⁾.

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 $63.546 \text{ g.mol}^{-1}$.

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

- a. 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.
- b. Secara non alamiah Cu masuk ke dalam suatu tatanan lingkungan sebagai akibat dari suatu aktifitas manusia. Jalur dari aktifitas manusia ini untuk memasukkan Cu ke dalam lingkungan ada berbagai macam cara. Salah satunya adalah dengan pembuangan oleh industri yang memakai Cu dalam proses produksinya.

2.7.4.1. Efek Tembaga Bagi Kesehatan

Sebagai logam berat Cu berbeda dengan logam berat lainnya seperti Hg, Cd dan Cr. Logam berat Cu digolongkan ke dalam 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 mempunyai 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 ke dalam 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 dari 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.

2.7.4.2. Efek Tembaga Pada Lingkungan

Tembaga yang masuk kedalam tatanan lingkungan perairan dapat berasal dari peristiwa-peristiwa alamiah 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 salah satu jalur yang mempercepat terjadinya peningkatan kelarutan Cu dalam badan perairan. Masukan sebagai efek samping dari aktivitas manusia ini lebih ditentukan oleh bentuk dan aktivitas yang dilakukan. Proses daur ulang yang terjadi dalam sistem tatanan lingkungan perairan yang merupakan efek dari aktivitas biota perairan juga sangat berpengaruh terhadap peningkatan Cu dalam badan perairan (Palar, 1994).

Dalam kondisi normal, keberadaan Cu dalam perairan ditemukan dalam bentuk senyawa ion 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 nilai 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 telah terjadinya konsumsi Cu dalam jumlah yang berlebihan, sehingga tidak mampu dimetabolisme oleh tubuh.

2.8. Batako

Batako merupakan campuran antara semen portland atau semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan membentuk massa padat, kuat tekan batako dinyatakan f_c adalah kuat tekan

beton dipakai dalam perencanaan struktur batako, dinyatakan dalam mega paskal (Mpa).

Berdasarkan pusat informasi bangunan provinsi Banten pembuatan bataton/batako bahan pembuatan campurannya terdiri dari :

1. Bahan baku, utamanya pasir dan air dibebaskan dari kotoran serta benda-benda organis lainnya. Kehalusan pasir sebaiknya antara 3,7-4,3 mm.
2. Untuk mencapai hasil yang baik, campuran harus dibuat berdasarkan perbandingan berat, antara 1 semen (portland cement) dengan 6 -12 pasir, tergantung dari kekuatan yang dikehendaki sesuai dengan penggunaannya.
3. Semen dan pasir dicampur dengan air sampai tercapai campuran setengah basah (lengas tanah) yang merata.

Pengeringan dengan cara ini murah dan mudah dilakukan serta memberikan hasil yang baik, hanya saja membutuhkan waktu yang cukup lama, antara 3 - 4 minggu. Pengeringan dengan terik matahari akan menyebabkan retak retak yang dapat mengurangi kekuatan (Pusat Informasi Teknik Bangunan, Bali, 2004).

2.9. Pasir Kuarsa

Pasir kuarsa adalah bahan galian yang terdiri atas kristal-kristal silika (SiO_2) dan mengandung senyawa pengotor yang terbawa selama proses pengendapan. Pasir kuarsa juga dikenal dengan nama pasir putih merupakan hasil pelapukan batuan yang mengandung mineral utama, seperti kuarsa dan feldspar. Hasil pelapukan kemudian tercuci dan terbawa oleh air atau angin yang terendapkan di tepi-tepi sungai, danau atau laut.

Pasir kuarsa mempunyai komposisi gabungan dari SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , TiO_2 , CaO , MgO , dan K_2O , berwarna putih bening atau warna lain bergantung pada senyawa pengotornya, kekerasan 7 (skala Mohs), berat jenis 2,65, titik lebur 17150°C , bentuk kristal hexagonal, panas spesifik 0,185, dan konduktivitas panas $12 - 1000^\circ\text{C}$. Dalam kegiatan industri, penggunaan pasir kuarsa sudah berkembang meluas, baik langsung sebagai bahan baku utama maupun bahan ikutan. Sebagai bahan baku

utama, misalnya digunakan dalam industri gelas kaca, semen, tegel, mosaik keramik, bahan baku fero silikon, silikon carbide bahan abrasit (ampelas dan sand blasting). Sedangkan sebagai bahan ikutan, misal dalam industri cor, industri perminyakan dan pertambangan, bata tahan api (refraktori), dan lain sebagainya (Anonim, [2007](#))⁽⁷⁾.

2.10. Semen (*Portland Cement*)

Semen Portland adalah semen *hidrolis* yang di hasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gibs sebagai bahan tambahan (PUBI-1982).

Menurut SII 0031-81 (Tjokrodimuljo, 1995) semen Portland dibagi menjadi 5 jenis sebagai berikut:

Jenis 1 : Semen untuk penggunaan umum tidak memerlukan persyaratan khusus.

Jenis II : Semen untuk batako tahan sulfat dan mempunyai hidrasi sedang.

Jenis III : Semen untuk batako dengan kekuatan awal tinggi (cepat mengeras)

Jenis IV : Semen untuk batako yang memerlukan panas hidrasi rendah

Jenis V : Semen untuk batako yang tahan terhadap sulfat

Jenis jenis semen tersebut mempunyai laju kenaikan kekuatan yang berbeda. Fungsi semen adalah untuk merekatkan butiran-butiran agregat agar terjadi suatu massa yang kompak/padat, walaupun semen hanya kira-kira mengisi 10-30% dari volume batako (Tjokrodimuljo,1995).

Kandungan silikat dan aluminat pada semen merupakan unsur utama pembentuk semen yang mana apabila bereaksi dengan air akan menjadi media perekat. Media perekat ini kemudian akan memadat dan membentuk massa yang keras. Proses hidrasi ini terjadi bila semen bersentuhan dengan air. Proses ini berlangsung 2 arah yakni keluar dan kedalam, maksudnya hasil hidrasi mengendap dibagian luar dan inti yang belum terhidrasi di bagian dalam secara bertahap terhidrasi (Tjokrodimuljo,1995).

Semen merupakan unsur terpenting dalam pembuatan batako karena semen berfungsi sebagai bahan pengikat untuk mempersatukan bahan agregat halus dan

kasar menjadi satu massa yang kompak dalam arti menjadi satu dan padat. Semen berfungsi sebagai pengikat apabila di beri air, sehingga semen tergolong bahan pengikat hidrolis.

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

Semen Portland sebagai penyusun batako mempunyai sifat sebagai berikut:

a. Susunan Kimia

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

Tabel 2.8 : Unsur – Unsur Penyusun Semen

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

(Sumber: Teknologi Beton, kardiyo Tjokrodinuljo, 1995)

Reaksi – reaksi yang terjadi dalam batako adalah sebagai berikut :

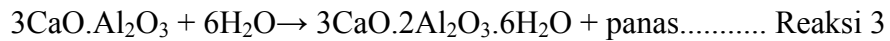
i. Reaksi Trikalsium silikat dengan air:



ii. Reaksi Dikalsium silikat dengan air:



- iii. Reaksi semen *portland* dalam batako dengan membentuk ikatan awal adalah:



Unsur-unsur $3\text{CaO}.\text{SiO}_2$ dan $2\text{CaO}.\text{SiO}_2$ adalah bagian yang terpenting dalam semen hidrasi karena kedua unsur ini dengan adanya air merupakan pengikat pada proses hidrasi dan membentuk kalsium silikat hidrat atau C-S-H. Dari persamaan reaksi di atas terlihat adanya $\text{Ca}(\text{OH})_2$ bebas. Dengan adanya Spent katalis dalam batako dengan campuran semen Portland, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ bebas akan diikat oleh senyawa silikat yang terkandung di dalamnya, dengan reaksi sebagai berikut:



reaksi Pozzolan

Dengan reaksi tersebut campuran batako akan menjadi lebih padat (*impermeable*) dan lebih kuat serta tahan sulfat.

b. Hidrasi semen

Apabila semen bersentuhan dengan air maka proses hidrasi berlangsung, dalam arah keluar dan kedalam, maksudnya hidrasi mengendap di bagian dalam secara bertahap terhidrasi sehingga volumenya mengecil. Reaksi tersebut berlangsung lambat, antara 2-5 jam sebelum mengalami percepatan setelah kulit permukaan pecah. Pada tahap hidrasi berikutnya, pasta semen terdiri dari gel dan sisa-sisa semen yang tak bereaksi, kalsium Hidroksida $\text{Ca}(\text{OH})_2$, air dan beberapa senyawa lain.

c. Kekuatan Pasta semen dalam Faktor air semen

Kekuatan semen yang telah mengeras tergantung pada jumlah air yang dipakai waktu proses hidrasi berlangsung. Pada dasarnya jumlah air yang diperlukan untuk proses Hidrasi hanya kira-kira 25% dari berat semen, penambahan jumlah air akan mengurangi kekuatan setelah mengeras. Air yang berlebihan memang akan memudahkan pencampuran batako secara baik, memudahkan pengadukan dan dapat dicetak tanpa rongga yang besar (tidak keropos). Akan tetapi hendaknya selalu diusahakan jumlah air sedikit mungkin agar kekuatan batako tidak terlalu rendah.

d. Sifat Fisik Semen

Sifat fisik semen antara lain kehalusan butiran, waktu ikat dan berat jenis semen. Kehalusan butiran semen akan meningkatkan daya kohesi pada batako dan mengurangi *bleeding*, tetapi akan mempunyai sifat susut yang lebih besar dan retak mudah terjadi waktu ikat semen dan air dipengaruhi oleh jumlah air, kehalusan semen, temperatur dan penambahan zat kimia tertentu.

2.11. Kerikil

Batu Kerikil pada dasarnya adalah batu besar, tetapi hancur karena reaksi alam atau biasa yang disebut pelapukan yang terjadi karena perubahan suhu alam yang mendadak atau lumut-lumutan (Anonim,2007)⁽²⁾

Pasir dan batu atau sirtu merupakan batuan hasil rombakan dari batuan asal yang tidak terkonsolidasi atau material lepas dari berbagai jenis batuan. Sirtu ini pada umumnya ditemukan pada aliran sungai. Potensi bahan galian sirtu di daerah ini tersebar dan sebagian telah dimanfaatkan. Bahan galian pasir dan batu pada umumnya terdapat pada aliran-aliran sungai besar.

Kegunaannya dapat digunakan dalam sektor konstruksi, seperti perumahan, pertokoan, perkantoran, jembatan, dan jalan (Anonim, 2007)⁽²⁾.

Batu adalah sejenis bahan yang terdiri daripada [mineral](#) dan dikelaskan menurut komposisi mineral. Pengkelasan ini dibuat dengan berdasarkan:

1. Kandungan mineral yaitu jenis-jenis mineral yang terdapat di dalam batu ini.
2. Tekstur batu, yaitu ukuran dan bentuk hablur-hablur mineral di dalam batu;
3. Struktur batu, yaitu susunan hablur mineral di dalam batu.
4. Proses pembentukan

2.12. CaO / Kapur

Batu kapur ([bahasa Inggris: limestone](#)) (CaCO_3) adalah sebuah [batuan sedimen](#) terdiri dari [mineral calcite](#) (*kalsium carbonate*). Sumber utama dari calcite ini adalah [organisme laut](#). Calcite sekunder juga dapat terdeposi oleh air meteoric

tersupersaturasi (air tanah yang [presipitasi](#) material di [gua](#)). Ini menciptakan [speleothem](#) seperti [stalagmit](#) dan [stalaktit](#). Bentuk yang lebih jauh terbentuk dari [Oolite](#) (batu kapur Oolitic) dan dapat dikenali dengan penampilannya yang "granular". Batu kapur membentuk 10% dari seluruh volume batu sediment.

Calcite sekunder juga dapat terdeposisi oleh air [meteorik tersupersaturasi](#) ([air tanah](#) yang [presipitasi](#) material di [gua](#)). Ini menciptakan [speleothem](#) seperti [stalagmit](#) dan [stalaktit](#). Bentuk yang lebih jauh terbentuk dari [Oolite](#) (batu kapur Oolitic) dan dapat dikenali dengan penampilannya yang "granular". Batu kapur membentuk 10% dari seluruh volume batuan sedimen.

Mineral karbonat yang umum ditemukan berasosiasi dengan batu kapur adalah aragonit (CaCO_3), yang merupakan mineral metastable karena pada kurun waktu tertentu dapat berubah menjadi kalsit (CaCO_3). Mineral lainnya yang umum ditemukan berasosiasi dengan batu kapur atau dolomit, tetapi dalam jumlah kecil adalah Siderit (FeCO_3), ankerit ($\text{Ca}_2\text{MgFe}(\text{CO}_3)_4$), dan magnesit (MgCO_3).

Penggunaan batu kapur sudah beragam diantaranya untuk bahan kapton, bahan campuran bangunan, industri karet dan ban, kertas, dan lain-lain.

Menurut PUBI-1982, kapur dapat digolongkan dalam beberapa golongan berikut ini:

- a). Kapur tohor : Hasil pembakaran batu alam yang komposisinya adalah sebagian besar kalsium karbonat, pada suatu suhu tinggi, sehingga jika diberi air dapat padam (dapat bersenyawa dengan air membentuk hidrat).
- b). Kapur padam : Hasil pemadaman kapur tohor dengan air dan membentuk hidrat.
- c). Kapur udara : Kapur padam yang apabila diaduk dengan air setelah beberapa waktu hanya dapat mengeras diudara karena pengikatan karbondioksida (CO_2).
- d). Kapur hidrolis : Kapur padam yang apabila diaduk dengan air setelah beberapa waktu dapat mengeras, baik didalam air maupun diudara.

Menurut SII.0024-73, syarat mutu untuk kapur bangunan baik sebagai kapur pemutih maupun sebagai kapur aduk dalam bentuk kapur tohor atau kapur padam adalah dilihat dari kehalusan, kadar bagian aktif, kuat tekan dan ketetapan bentuknya.

2.13. Gypsum

Gypsum merupakan agromineral yang paling umum digunakan untuk reklamasi tanah yang terinfeksi sodium, yaitu tanah alkalin hitam ('black alkaline soils') yang menyerap sodium dalam jumlah berlebih dalam mineral lempungnya. Tanah tersebut dicirikan oleh permukaan pecah-pecah dan secara fisik merupakan formasi yang impermeable, dan keras. Proses-proses pengerasan tanah dan perekahan pada tanah dapat diatasi dengan menyebarkan gypsum diatas permukaannya, memberikan kalsium terlarut untuk menggantikan sodium yang terserap pada mineral lempung. banyak daerah vulkanik tetapi juga sebagai bagian dari formasi batuan sedimenter pembawa gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) dan anhidrit - (CaSO_4). Di Indonesia sulfur terdapat di sekitar kawah gunung api, sebagai hasil sublimasi gas vulkanik.

2.14. Leavening Agent/ Pengembang (*Potassium Carbonate*)

Potassium carbonate adalah suatu garam putih, dapat larut di (dalam) air (tidak dapat larut di (dalam) alkohol), yang (mana) membentuk suatu solusi [yang] bersifat alkali. Dapat digunakan sebagai produk kalium reaksi penyerap hidroksida dengan gas asam-arang. *Potassium carbonate* adalah *deliquescent*, sering muncul suatu uap atau padat basah. Karbonat kalium digunakan di (dalam) produksi gelas/kaca dan sabun.

2.15. Air

Air merupakan bahan dasar penyusun beton yang diperlukan untuk bereaksi dengan semen dan untuk bahan pelumas antara agregat, agar dapat dengan mudah batako dikerjakan dan dipadatkan.

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

Menurut PUBI 1982, dalam pemakaian untuk adukan beton sebaiknya air memenuhi syarat sebagai berikut :

- a. Tidak mengandung lumpur (benda-benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.
- b. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan lain-lainnya) lebih dari 15 gram/liter.
- c. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
- d. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter

2.16. Solidifikasi – Stabilisasi

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

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

Proses pengolahan limbah B3 untuk mengurangi potensi racun dan kandungan limbah b3 melalui upaya memperkecil/membatasi daya larut immobilisasi unsur yang bersifat racun sebelum limbah B3 tersebut dibuang ke tempat penimbunan akhir (landfill).

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

Untuk mengurangi volume akhir limbah, biasanya limbah dilakukan penghilangan air lebih sebelum dilakukan proses solidifikasi. Dalam proses

solidifikasi limbah menjadi bentuk block atau padatan yang kompak digunakan suatu bahan pengikat atau *polymer*. Sebagai bahan pengikat yang banyak digunakan adalah semen Portland, *thermoplastic*, organik polymer dan pozzolanic.

Produk stabilisasi diharapkan memiliki karakteristik sebagai berikut:

- a) Stabil
- b) Mampu menahan beban
- c) Toleran terhadap kondisi basah dan kering yang silih berganti
- d) Permeabilitas rendah
- e) Tidak menghasilkan lindi yang berkualitas buruk

Bahan aditif yang ditambahkan untuk stabilisasi/solidifikasi harus bersifat:

- a) Dapat memperbaiki karakteristik fisik limbah
- b) Mengurangi luas permukaan limbah
- c) Mengurangi kelarutan polutan yang terdapat dalam limbah
- d) Mengurangi toksisitas kontaminan.

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

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

Prosedur stabilisasi/solidifikasi adalah sebagai berikut:

- a) Sebelum di stabilisasi/solidifikasi karakteristik limbah B3 harus ditentukan karakteristiknya terlebih dahulu guna menentukan komposisi bahan-bahan yang perlu ditambahkan.
- b) Setelah dilakukan stabilisasi/solidifikasi, selanjutnya dilakukan uji TCLP terhadap hasil olahan tersebut untuk mengukur kadar/ konsentrasi parameter dalam lindi (*extract/eluate*). Hasil uji TCLP sebagaimana dimaksud, kadarnya tidak boleh melewati nilai ambang batas sebagaimana ditetapkan Bapedal.
- c) Terhadap hasil olahan tersebut selanjutnya dilakukan uji kuat tekan (*compressive strenght*). Hasil stabilisasi mempunyai nilai tekanan minimum sebesar 10 ton/m² dan lolos uji *paint filter test*.

- d) Hasil stabilisasi yang memenuhi persyaratan baku mutu TCLP, nilai uji kuat tekan dan *paint filter test* harus ditimbun di tempat penimbunan (landfill) B3.

Proses stabilisasi biasa digunakan untuk:

- a) Stabilisasi limbah cair B3 sebelum dibuang ke landfill
- b) Remediasi lahan-lahan yang terkontaminasi limbah B3

Jenis-jenis proses yang banyak digunakan antara lain:

- a) Stabilisasi dengan semen
- b) Vitrifikasi atau glasifikasi
- c) Absorpsi
- d) Kapsulasi termoplastik
- e) Kapsulasi makro.

Pada penelitian sebelumnya mengenai karakteristik dan pelindian solidifikasi limbah lumpur industri elektroplating dengan campuran semen. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 19 tahun 1994 tentang Pengelolaan Limbah Berbahaya dan Beracun menyatakan bahwa limbah lumpur dari industri eloktroplating adalah termasuk jenis limbah berbahaya dan beracun (limbah B3) dari sumber spesifik sehingga perlu pengelolaan secara khusus. Penelitian ini dimaksudkan mengetahui sifat-sifat kimia dan fisika limbah lumpur dari pengolahan limbah cair elektroplating, di samping itu juga dilakukan penambahan bahan-bahan aditif lain yang dapat membantu pengikatan limbah lumpur tersebut sehingga menjadi suatu matrik padat yang kemungkinannya dapat digunakan sebagai bahan bangunan. Limbah lumpur pada sumber limbah yang sudah melalui proses dewatering dengan filter press mempunyai pH di bawah netral yaitu pH 4,83, hal ini terjadi karena tidak konsistennya dalam pengolahan limbah cair. Nilai pH meningkat setelah dilakukan pencampuran dengan CaO. Penambahan CaO sampai pada proporsi 20 % terhadap berat limbah menyebabkan peningkatan pH secara signifikan yaitu menjadi pH 7,25 untuk penambahan 10 % CaO dan pH 10,52 untuk proporsi 20 % CaO. Pemeriksaan terhadap pelindian logam berat Cu, Cd, Pb, Cr dan Zn pada matrik padat dengan metode TCLP menunjukkan bahwa kehadiran CaO sebesar 10 % menyebabkan

perubahan yang cukup berarti terhadap pelindian logam berat, terutama adalah Cr-total yang meningkat secara signifikan. Secara keseluruhan logam-logam berat yang terlindian konsentrasinya masih di bawah baku mutu yang ditentukan. Solidifikasi limbah lumpur elektroplating dengan bahan semen portland, agregat halus dan agregat kasar serta dengan menambahkan CaO sehingga menjadi suatu matrik padat berupa beton sudah dikerjakan. Limbah lumpur elektroplating dengan menambahkan 10 % berat CaO yang digunakan sebagai substitusi pasir dalam campuran beton menunjukkan suatu hasil yang positif. Pada proporsi 10 % dan 20 % limbah terhadap agregat halus, kuat tekan beton lebih besar dari pada kuat tekan beton normal yaitu $375,558 \text{ kg/cm}^2$ untuk campuran 10 % dan $346,509 \text{ kg/cm}^2$ untuk 20 % terhadap berat agregat halus, sedangkan untuk beton normal $334,246 \text{ kg/cm}^2$. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa limbah lumpur dari industri elektroplating berpotensi sebagai material bangunan yang mana dapat merupakan alternatif lain dalam pengelolaan limbah tersebut (Kasam, 1998).

Pada penelitian lain Topik yang di ambil adalah "Pemanfaatan *Spent* Katalis sebagai Bahan Campuran Beton". Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kuat tekan beton dan tingkat perlindian dari hasil solidifikasi limbah *Spent Catalyst*. Metode yang digunakan adalah dengan memvariasikan komposisi pasir dan spent katalis dengan perbandingan 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 dan 1. serta memvariasikan semen dan *Spent* katalis dengan perbandingan 0; 0,2; 0,3; dan 0,4. Beton dengan dua variasi komposisi tersebut di uji dengan uji kuat desak dan uji perlindian dengan metode TCLP. Dari percobaan didapatkan hasil, tidak ada perbedaan yang signifikan pada kuat desak beton pada variasi I, sedangkan pada variasi II diperoleh penurunan nilai kuat desak pada variasi semen dan *Spent* katalis mulai pada penambahan 0,3 *Spent* Katalis. Hasil uji TCLP untuk variasi I dan II menunjukkan dengan solidifikasi dapat menurunkan potensi lepasan sampai jauh dibawah baku mutu TCLP UU No. 85 tahun 1999 (Evariani Sulastri, 2006).

2.17. *Extraction Procedure Toxicity Test*

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

Tes leachate tertera pada tabel 2.10. istilah *extraction* dan *leaching* adalah proses dimana zat pencemar ditransfer dari matriks padatan menjadi *leachant*. Dalam hal ini kemampuan suatu material yang telah di stabilkan untuk melepaskan zat pencemar disebut *leachability*.

Untuk menentukan lindi/*leachate* yang keluar dari padatan yang telah distabilkan digunakan metode TCLP adalah salah satu evaluasi toksisitas limbah untuk bahan-bahan yang dianggap berbahaya dan beracun dengan penekanan pada nilai *leachate* (Buckingham. L;C.Evans; D. La Grega, 1994).

Tabel 2.8. Metode Tes Lindi

No	<i>Leaching Test Methods</i>
1	<i>Paint Filter Test</i>
2	<i>Liquids Release Test</i>
3	<i>Extraction Procedure Toxicity Characteristic(EPTox)</i>
4	<i>Toxicity Characteristic Leaching Prosedure (TCLP)</i>
5	<i>Modified Uniform Leach Prosedure (ANS 16A)</i>
6	<i>Maximum Possible Concentration test</i>
7	<i>Equilibrium Leach Test</i>
8	<i>Dynamic Leach Test</i>
9	<i>Sequential</i>
10	<i>Multiple Extraction Procedure</i>

2.18. *Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP)*

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

Leachate telah dihasilkan sejak manusia pertama kali melakukan penggalian timbunan sampah untuk menyelesaikan persampahan. Tentu saja pada tahapan ini jumlah *leachate* yang dihasilkan sangat kecil dan bercampur dalam suatu tanah liat. Risiko yang didapat jika tidak adanya suatu drainase baik dan pengolahan limbah cair dapat menyebabkan suatu dampak yaitu penyakit bagi manusia akibat timbulnya *leachate* tersebut.

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

2.19. Pengukuran pH

pH menunjukkan kadar asam atau basa dalam suatu larutan, melalui konsentrasi (sebetulnya aktivitas) ion hydrogen H^+ . Ion hydrogen merupakan faktor utama untuk mengerti reaksi kimiawi dalam ilmu teknik penyehatan karena:

- a. H^+ selalu ada dalam keseimbangan dinamis dengan air/ H_2O yang membentuk suasana untuk semua reaksi kimiawi yang berkaitan dengan masalah pencemaran air dimana sumber ion hidrogen tidak pernah habis.
- b. H^+ tidak hanya merupakan unsur molekul H_2O saja tetapi juga merupakan unsur banyak senyawa lain, hingga jumlah reaksi tanpa H^+ dapat dikatakan hanya sedikit saja.

pH merupakan suatu bentuk dari konsentrasi ion hidrogen (H^+) di dalam air. pH sangat penting sebagai parameter kualitas air karena ia mengontrol tipe dan laju kecepatan reaksi beberapa bahan di dalam air. Besaran pH berkisar dari 0 (sangat asam) sampai dengan 14 (sangat basa/alkalis). Nilai pH kurang dari 7 menunjukkan lingkungan yang masam sedangkan nilai diatas 7 menunjukkan lingkungan yang basa (alkalin). Sedangkan pH = 7 disebut sebagai netral.

Fluktuasi pH air sangat ditentukan oleh alkalinitas air tersebut. Apabila alkalinitasnya tinggi maka air tersebut akan mudah mengembalikan pH-nya ke nilai semula, dari setiap "gangguan" terhadap pengubahan pH. Dengan demikian kunci dari penurunan pH terletak pada penanganan alkalinitas dan tingkat kesadahan air. Apabila hal ini telah dikuasai maka penurunan pH akan lebih mudah dilakukan (Anonim, 2007)⁽⁵⁾.

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan performansi pengukuran dan pengendalian pH baik dalam skala laboratorium maupun industri maka perlu dibuat sistem pengukuran yang mampu memberikan performansi yang baik dengan akurasi yang memadai dan tahan terhadap gangguan dan noise. Sensor yang digunakan pada pengukuran pH adalah elektroda kombinasi dengan output tegangan. Tegangan tersebut selain dipengaruhi oleh kehadiran ion hidrogen juga sangat dipengaruhi oleh temperatur larutan, sehingga akan terjadi kesalahan yang berarti bila ada perubahan temperatur pada proses yang diukur. Untuk mengatasi hal tersebut maka perlu dibuat alat ukur pH yang mampu mengukur pH tanpa terpengaruh oleh perubahan temperatur. Salah satu caranya adalah dengan memanfaatkan ANFIS (Adaptif NeuroFuzzy Inference System) untuk mengidentifikasi tegangan yang dihasilkan oleh kehadiran ion hidrogen dan tegangan yang disebabkan oleh perubahan temperatur, sehingga hasil pengukuran dapat relatif stabil terhadap gangguan temperatur. Dari hasil pengujian diperoleh kepresisian alat hasil perancangan sebesar 1.91% dan keakurasian sebesar 0.45%, dengan range pengujian pH 2-10.6 dan pada range temperatur 10 – 80 °C. Sehingga pengukuran pH berbasis ANFIS mampu mengatasi kesalahan pembacaan pH akibat perubahan temperatur (Anonim, 2007)⁽⁶⁾.

2.19.1. Hubungan Antara pH dan Semen

Portland semen biasanya digunakan untuk S/S limbah Calcium Silicate Hydrate gel (C-S-H 'gel') adalah komponen pembungkus dan bertanggungjawab untuk kekuatan mekanis dari pengerasan pasta. Juga berperan penting di dalam S/S dari zat pencemar. Komarneni et al.⁸ menemukan C-S-H membentuk kristal di bawah

suhu 100°C mempunyai pertukaran ion kation dan properti penyerapan-ion. Perbandingan C/S Lebih rendah [dari] C-S-H, lebih dari jumlah kation C-S-H yang bisa bertahan. Bhatti mengusulkan beberapa mekanisme untuk mengimobilisasi ion logam oleh C-S-H, pengolahan logam berat dengan S/S dikatakan berhasil jika:

- a. Pengendalian kadar keasaman dengan netralisasi
- b. Penghancuran logam
- c. Pengendalian oksidasi
- d. Conversion kepada spesies tidak dapat larut
- e. Pembentukan padatan dengan penambahan reagen solidifikasi

Portland semen mengandung alkaline yang tinggi dan bahan berpori serta dapat menangani persyaratan 1, 4, dan 5. Dalam banyak kesempatan, persyaratan ini cukup untuk menstabilkan/mengeraskan limbah B3. yang dibandingkan dengan Binder lain, portland semen mempunyai berbagai keuntungan, harganya murah, dan pengoperasiannya yang sederhana. Bagaimanapun, itu juga mempunyai beberapa kekurangan untuk menangani beberapa hal.

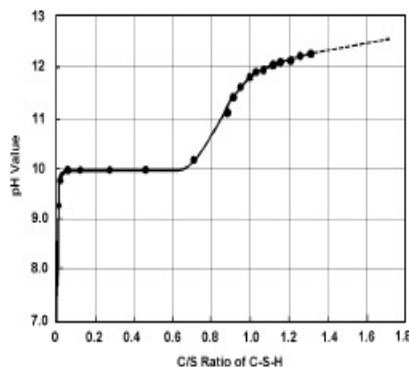
pH mempengaruhi daya larut dan tingkat kelindian dari beberapa logam berat di/dalam terbentuknya limbah. Daya larut [dari] logam ion basam, seperti Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, dan Zn, bervariasi dengan pH, dan pH optimum mencakup untuk mempercepat mereka sekitar 10. Dengan begitu, nampak bahwa pH portland tidak ideal untuk mempercepat penyerapan logam berat; pH dari pemadatan limbah dengan menggunakan semen portland mengandung sangat rendah kandungan alkali dan mungkin mengandung alkali yang sangat tinggi mungkin menjadi sangat berbeda, yang mana pada gilirannya mempunyai dampak yang signifikan bagi tingkat kelindian limbah B3.

Semen portland mengandung beberapa alkali; yang jumlahnya tergantung pada bahan mentah dan penggunaan proses produksi. Biasanya, nilai pH dari pori kesadahan semen portland adalah lebih dari 12,5, bisa naik sampai dengan 13,5 sehubungan dengan kehadiran alkali. Sebuah survey terhadap karakteristik dari semen portland di Amerika Utara pada tahun 1994 menunjukkan bahwa kandungan

alkali dalam semen portland mungkin menjadi sama rendahnya dengan 0,05% dengan massa dan sama tingginya dengan 1,2%. Semen bisa melepaskan hampir semua alkali nya kepada pori-pori, dan pori-pori dari beton umumnya berisi terutama dari hidroksida alkali setelah 28 hari hydration. Alkali didalam semen mempunyai satu efek penting terhadap pH dari pori-pori pembentukan pemadatan limbah.

Hubungan antara C/S perbandingan dari C-S-H dan keseimbangan pH diperlihatkan didalam gambar 2.4 terdapat dua keseimbangan pH. Satu menyesuaikan sekitar pH 12, dimana perbandingan C/S adalah lebih besar dari 1,0. Dataran tinggi Lain menyesuaikan ke/pada pH 10, dimana perbandingan C/S dari variasi C-S-H bervariasi dari 0,05 sampai 0,6. Secara tipikal, perbandingan C/S dari hidrasi C-S-H semen portland berkisar antara 1,4 sampai 1,7, yang mana adalah berhubungan dengan satu pH yang tidak ideal untuk logam berat. Untuk menghasilkan satu pori air dengan nilai pH untuk meminimalkan daya larut dari logam berat, perbandingan C/S dari C-S-H dalam satu semen hydrated pasta harus lebih rendah dari 1.

Kerugian lain dari penggunaan semen Portland murni adalah banyaknya kandungan pencemar anorganik dan organik mengganggu hidrasi dan pembentukan semen Portland, lagipula semen potland tidak dapat mengancurkan logam berat secara komplit atau mengontrol oksidasi dari logam berat yang dibutuhkan. Dengan begitu Portland semen sendiri tidak dapat secara langsung digunakan untuk S/S.



Gambar 2.4. Hubungan antara C/S perbandingan dari C-S-H dan keseimbangan pH
(Sumber: Spence. Roger, Stabilization and stabilification of Hazardous, and Mixed Wastes.2006)

2.20. Kuat Tekan

Kuat tekan batako adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji batako hancur dibebani dengan gaya tekan tertentu.

Perhitungan kuat tekan batako dengan rumus:

$$f_c = \frac{P}{A}$$

Dengan:

f_c = Kuat tekan batako (kg/cm^2)

P = Beban maksimum yang diterima benda uji (kg)

A = Luas permukaan benda uji yang menerima beban langsung
(panjang x lebar = cm^2)

Kuat tekan beton dipengaruhi oleh sejumlah faktor selain perbandingan air semen dan tingkat pematatannya (Murdock dan Brook, 1986), faktor-faktor tersebut antara lain:

a. Jenis semen dan kualitasnya

Jenis semen dan kualitasnya sangat mempengaruhi kekuatan rata-rata dan kuat batas beton.

b. Jenis dan lekuk-lekuk bentuk bidang permukaan agregat

Penggunaan agregat dengan permukaan yang berpori dan kasar akan menghasilkan beton dengan kuat tekan yang lebih besar dari pada penggunaan agregat dengan permukaan yang halus.

c. Efisiensi dan perawatan (curing)

Pengeringan beton dan perawatan yang dihentikan sebelum waktunya akan menyebabkan beton kehilangan kekuatan sampai dengan 40%. Sehingga perawatan beton adalah hal yang sangat vital pada pekerjaan lapangan dan pada pembuatan benda uji.

d. Faktor Usia

Pada keadaan normal beton bertambah sesuai dengan umurnya, tetapi penambahan kekuatan yang sangat nampak perkembangannya adalah pada

usia beton dari 0-28 hari. Pengerasan berlangsung secara lambat sampai beberapa tahun.

Menurut NI-10 pengujian kuat tekan bata merah, prosedur pengujian melalui tahapan dengan meletakkan benda-benda uji pada mesin tekan hingga hancur. Kecepatan penekanan diatur hingga sama dengan $2 \text{ Kg/cm}^2/\text{detik}$.

Untuk lebih jelasnya mengenai proses pengujian yang dilakukan dapat di lihat pada lampiran.

2.21. Hipotesa Penelitian

Berdasarkan dasar-dasar teori diatas maka dapat diambil suatu hipotesa sebagai berikut:

- a. Pemanfaatan alumina dan TA-5 pada batako ringan akan mengimobilisasi logam berat yang ada dalam alumina dan TA-5, sehingga ikatan semen akan menyebabkan tertutupnya pori dalam limbah.
- b. Pengaruh batako terhadap larutan aquadest, asam dan basa.
- c. Batako ringan yang dihasilkan dapat memberikan kuat tekan yang baik.
- d. Persentase optimum penggunaan limbah yang tepat untuk pembuatan batako
- e. Batako ringan memiliki berat yang ringan.
- f. Pembuatan batako ringan memberikan nilai ekonomis.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di Laboratorium lingkungan – Jurusan Teknik Lingkungan, Laboratorium Konstruksi Teknik Sipil (Laboratorium BKT), Laboratorium Jalan Raya Teknik Sipil, Laboratorium Rancang Bangun dan Laboratorium Terpadu Fakultas MIPA.

3.2. Jenis Penelitian

Penelitian yang dilakukan termasuk dalam penelitian eksperimen yang berada pada skala laboratorium.

3.3. Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilakukan Mei – Februari 2007 yang dilanjutkan dengan pengolahan data dan penyusunan laporan.

3.4. Alat dan bahan Penelitian

3.4.1. Bahan

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

1. Limbah PERTAMINA UP IV Cilacap : alumina dan *Spent Catalyst* TA-5.
2. Bahan campuran batako untuk penelitian spesifikasi meliputi :
 - a. Semen portland
 - b. Air dari PDAM
 - c. Pasir kwarsa
 - d. RC
 - e. CaO/ Kapur

- f. Gypsum
- g. Pengembang (*Pottassium Carbonate*)
- h. Cetakkan ukuran 20 x 10 x 5 cm

3.4.2. Alat

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

- a. Alat uji kuat tekan (*Compression Test*)
- b. Alat Putar (Uji TCLP)
- c. Bahan kimia untuk analisa toksisitas (uji TCLP)

Adapun alat-alat yang lebih detail dapat dilihat pada lampiran 1.

3.5. Tahapan Penelitian

3.5.1. Analisa Karakteristik Bahan

Dalam menganalisa limbah alumina dan TA-5 dilakukan pemeriksaan fisik dan kimia meliputi:

1. Pengujian konsentrasi Cu, Cr, Zn, dan Pb didalam limbah alumina dan TA-5
2. Uji Fisik (kadar air, berat jenis, berat isi gembur, berat isi padat, dan modulus kehalusan)
3. Pengukuran pH.

3.5.2. Variabel yang di teliti

Setelah benda uji di dikeringkan selama 28 hari kemudian benda uji di teliti variabelnya. Adapun variabel yang diteliti yaitu:

1. Variabel terikat, yaitu analisis terhadap kuat tekan untuk batako dan modulus halus, volume berat jenis (untuk alumina dan TA-5) kemudian uji TCLP untuk perlindian.
2. Variabel bebas yaitu analisa logam berat berupa Cu, Cr, Zn, dan PB total.
3. Pengukuran pH

3.5.3. Penentuan Komposisi Sampel

Setelah dilakukan berbagai macam penelitian untuk menentukan komposisi yang tepat maka dia dapatkan komposisi yang akan digunakan yaitu komposisi limbah 0%, 36%, 38%, dan 40%. Pada penelitian ini, masing-masing formula percobaan dibuat sampel batako berbentuk persegi empat dengan komposisi limbah alumina, TA-5, dan bahan-bahan pembuat batako berbeda, yaitu variasi komposisi antara alumina dan TA-5 yang di formulasikan dari 0; 0,36; 0,38; 0.4. Secara lengkap komposisi bahan pembuat batako dengan penambahan limbah alumina dan TA-5 dapat dilihat pada tabel dan keterangan berikut:

Tabel 3.1. Komposisi bahan pembuat batako ringan

No	Kode Sampel	Komposisi Bahan Pembuat Batako Ringan (%)									Jumlah (buah)
		Pasir (%)	TA-5 (%)	Alumina (%)	Semen (%)	RC (%)	Kapur (%)	Gypsum (%)	Pengembang <i>Potassium Carbonate</i> (%)	Air (L)	
1	0%	85	-	-	30	-	-	-	-	3.5	5
2	36%	30	24	12	10	5	12	5	2	4.1	5
3	38%	32	19	19	12	5	6	5	2	4	5
4	40%	30	20	20	13	5	5	5	2	4.4	5

3.6 Pelaksanaan Penelitian

3.6.1 Kadar Air

Metode ini sebagai pegangan dalam pengujian untuk menentukan besarnya kadar air agregat, dantujuannya untuk memperoleh angka prosentase dari kadar air. Kadar air agregat adalah besarnya perbandingan antara berat air yang dikandung agregat denganagregat dalam keadaan kering, dinyatakan dalam persen. Prosedur rinci untuk pelaksanaan uji kadar air yang akan dilaksanakan secara detail dapat dilihat pada lampiran 2.

3.6.2. Berat Jenis

Berat jenis agregat adalah rasio antara massa padat agregat dengan massa air pada volume yang sama dan bersuhu sama. Berat jenis digunakan untuk menentukan volume yang diisi oleh agregat. Prosedur rinci untuk pelaksanaan uji berat jenis yang akan dilaksanakan secara detail dapat dilihat pada lampiran 3.

3.6.3. Berat Isi Gembur

Tujuan dari pengujian berat isi gembur adalah untuk mendapatkan angka untuk mengetahui berat isi padat agregat halus. Prosedur rinci untuk mencari berat isi gembur dapat dilihat pada lampiran 4.

3.6.4. Berat Isi Padat

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan hubungan antara kadar air dan kepadatan tanah dengan memadatkan di dalam cetakan silinder berukuran tertentu dengan menggunakan alat penumbuk 2,5 kg. Adapun cara pelaksanaan uji berat isi padat (volume agregat) secara rinci dapat dilihat pada lampiran 5.

3.6.5. Modulus Halus Butir/Agregat Halus

Modulus halus butir (finnes modulus) atau biasa disingkat MHB ialah suatu indeks yang dipakai untuk mengukur kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat (Abrams, 1981). MHB didefinisikan sebagai jumlah persen kumulatif dari butir agregat yang tertinggal di atas satu set ayakan.

3.6.6. Pembuatan Batako Ringan (Benda Uji)

Setelah melakukan berbagai macam percobaan *trial and error* maka didapatlah komposisi yang dapat digunakan sebagai pembuatan batako ringan.

Dengan ukuran setiap sampel sebagai berikut :

- Panjang = 20 cm
- Lebar = 10 cm
- Tinggi = 5 cm

Adapun langkah-langkah dalam pembuatan benda uji batako ringan dapat dilihat pada lampiran 6.



Gambar 3.1 : Batako Ringan

3.6.7. Perawatan Batako Ringan (Benda Uji)

Setelah dilakukan pembuatan batako kemudian dilakukan perawatan benda uji. Adapun hal-hal yang harus dilakukan untuk perawatan batako ringan yaitu:

- a. Setelah pencetakan batako ringan, dan adukannya sudah menyatu (keras) batako ringan dikeluarkan dari cetakan dan diletakkan ditempat yang terlindung dari matahari atau di tempat yang mempunyai atap. Hal ini dilakukan karena apabila batako terkena matahari akan menyebabkan batako tersebut menjadi rapuh.
- b. Batako di diamkan dengan suhu ruangan sampai mengeras.

3.6.8. Pelaksanaan Pengujian Batako Ringan

Nilai kuat desak batako ringan 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 batako ringan dipakai kuat desak batako ringan umur 28 hari.

3.6.8.1. Metode Uji Kuat Tekan

Pengujian batako dilakukan dengan memberikan beban desak pada luasan tertentu pada benda uji. Adapun tahapannya adalah sebagai berikut:

- a. Benda uji yang telah memenuhi umur pengujian, kemudian diambil dan diletakkan pada mesin tekan secara otomatis.

- b. Mesin dihidupkan dengan penambahan beban yang konstan sebesar 2-4 kg/cm², dan
- c. Pembebanan dilakukan sampai benda uji hancur dan dilakukan pencatatan beban maksimum yang terjadi.

3.7. Analisis Toksisitas

Dilakukan uji TCLP dan dilihat dari masing-masing perbandingan sampai seberapa besar penurunan kadar logam beratnya. Logam berat yang akan dianalisa adalah Cu, Cr, Zn dan Pb.

3.7.1. Prosedur Uji Lindi untuk Limbah Non-Volatil

Pengujian perlindian untuk limbah non volatil dilakukan dengan metode TCLP. Langkah pengujian untuk limbah non-volatil lebih jelasnya dapat di lihat pada lampiran 7.1.

3.7.2. Uji TCLP

Uji TCLP dilakukan pada masing-masing perbandingan formula untuk melihat seberapa besar penurunan kadar logam beratnya. Langkah-langkah dalam pengujian TCLP dapat dilihat pada lampiran 7.2.

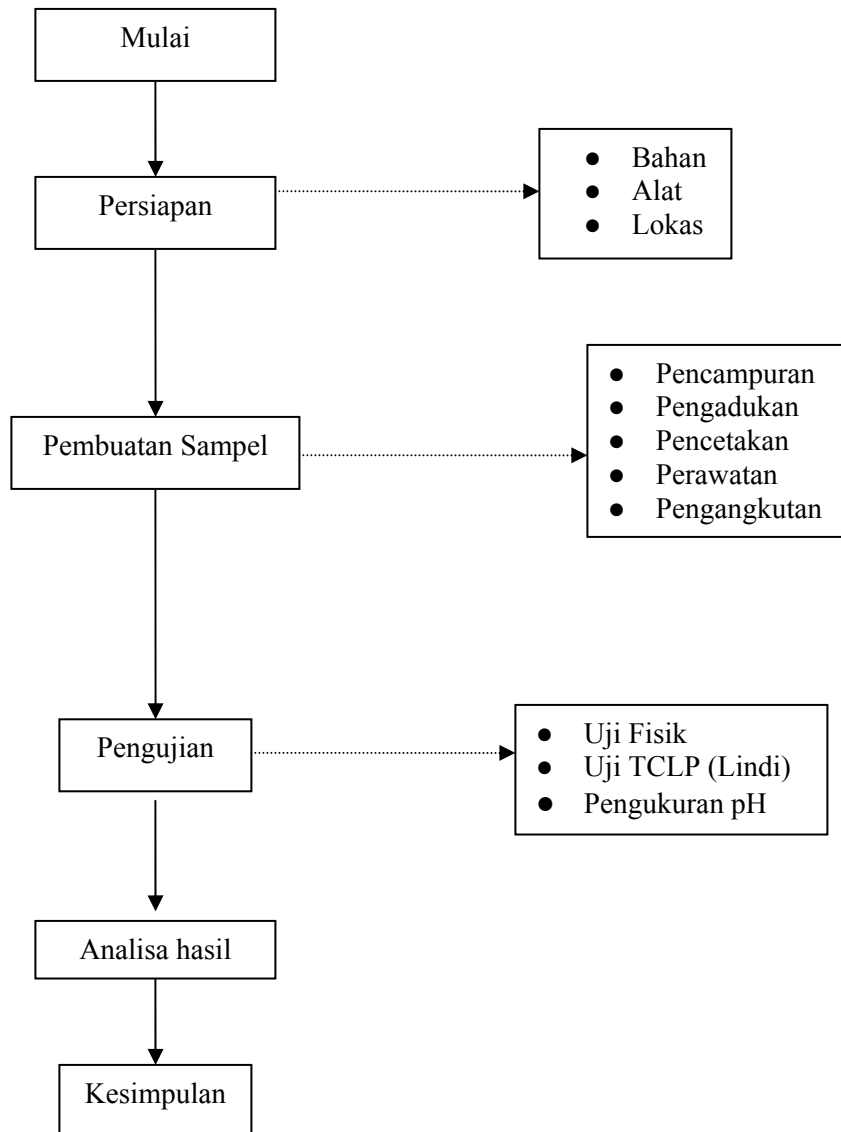
3.8. Pengukuran pH

Pengukuran pH dilakukan pada masing-masing perbandingan formula untuk melihat perbedaan pada larutan pH awal untuk pH netral, basa dan asam dibandingkan dengan pengukuran pH setelah beberapa minggu.

3.9. Tahapan Kerja

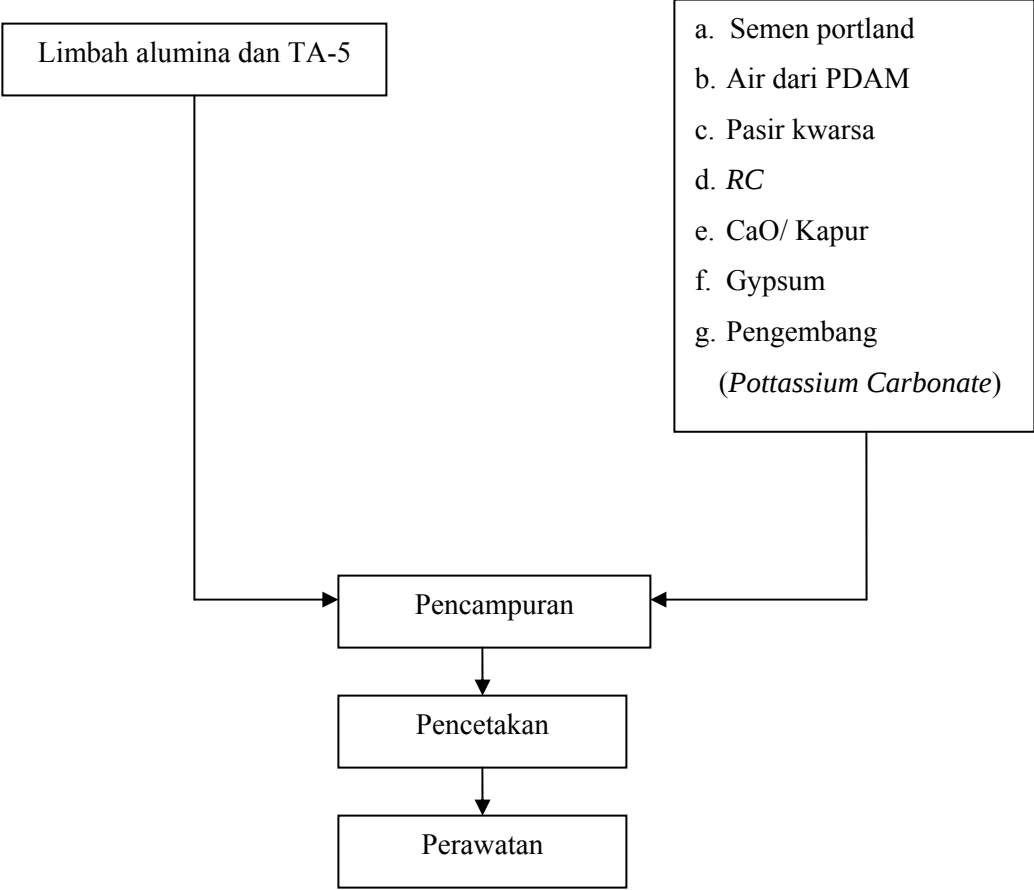
Untuk sistematika tahapan penelitian untuk pembuatan benda uji, pengujian sampel berupa batako ringan dengan uji desak/tekan dan perlindian dengan uji TCLP sampai analisa data, disajikan pada diagram alir berikut ini:

Diagram alir Tahapan penelitian dan analisa penelitian



Gambar 3.1. Tahapan penelitian dan analisa penelitian

Diagram Alir Pembuatan Benda Uji



Gambar 3.2. Diagram Alir Pembuatan Benda Uji

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik Limbah

a) Hasil Uji Limbah Alumina

Untuk mengetahui unsur fisik dan kimia dalam limbah alumina maka dilakukan pemeriksaan karakteristik limbah alumina meliputi sifat fisik dan kimia yang ditampilkan seperti tabel berikut :

Tabel 4.1. Karakteristik Fisik Limbah Alumina

No	Parameter	Hasil Uji
1.	Kadar Air (%)	4,370
2.	Berat Jenis (g/ml)	2,17
3.	Berat Isi Gembur (g/cm ³)	0,845
4.	Berat Isi Padat (g/cm ³)	0,991
5.	Modulus Kehalusan (mesh)	50

(Sumber : Hasil Uji Laboratorium, 2007)

Tabel 4.2. Karakteristik Kimia Limbah Alumina

No	Senyawa/unsur Alumina	Hasil Uji (mg/l)	PP No.85 tahun 1999 (mg/l)
1.	Cu	0,5055	10
2.	Cr	0,8273	5
3.	Pb	0,4878	5
4.	Zn	0,2175	50

(Sumber : Hasil Uji Laboratorium, 2008)

Pada penelitian awal dilakukan pemeriksaan karakteristik fisik dan kimia limbah alumina yang ditampilkan pada tabel 4.1 dan 4.2. Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui syarat potensi limbah alumina dalam pembuatan batako ringan kandungan logam berat dalam limbah alumina sebelum disolidifikasi.

Dari analisa yang dilakukan terhadap sifat fisik limbah alumina seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.1, kadar air 4,370 %, berat jenis 2,17 g/ml, berat isi gembur 0,845 g/cm³, Berat isi padat 0,991 g/cm³ dan modulus kehalusan 50 mesh, dari hasil uji fisik tersebut limbah alumina dapat digunakan untuk pembuatan batako ringan.

Jika dilihat dari unsur-unsur yang terkandung seperti pada tabel 4.2, maka limbah alumina bukan tergolong jenis limbah B3 menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 85 tahun 1999, tentang Pengelolaan Limbah B3

b) Hasil Uji Limbah TA-5

Untuk mengetahui unsur fisik dan kimia dalam limbah TA-5 maka dilakukan pemeriksaan karakteristik limbah TA-5 meliputi sifat fisik dan kimia yang ditampilkan seperti tabel berikut :

Tabel 4.3. Karakteristik Fisik Limbah TA-5

No	Parameter	Hasil Uji
1.	Kadar Air (%)	10,133
2.	Berat Jenis (g/ml)	1,83
3.	Berat Isi Gembur (g/cm ³)	0,939
4.	Berat Isi Padat (g/cm ³)	1,077
5.	Modulus Kehalusan (Mesh)	50

(Sumber : Hasil Uji Laboratorium, 2007)

Tabel 4.4. Karakteristik Kimia Limbah TA-5

No	Senyawa/unsur TA-5	Hasil Uji (mg/l)	PP No.85 tahun 1999 (mg/l)
1.	Cu	0,0597	10
2.	Cr	0,8473	5
3.	Pb	0,5933	5
4.	Zn	0,3025	50

(Sumber : Hasil Uji Laboratorium, 2008)

Pada penelitian awal dilakukan pemeriksaan karakteristik fisik dan kimia limbah TA-5 yang ditampilkan pada tabel 4.3 dan 4.4. Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui syarat potensi limbah TA-5 dalam pembuatan batako ringan kandungan logam berat dalam limbah TA-5 sebelum disolidifikasi.

Dari analisa yang dilakukan terhadap sifat fisik limbah TA-5 seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.3, kadar air 10,133 %, berat jenis 1,83 g/ml, berat isi gembur 0,939 g/cm³, Berat isi padat 1,077 g/cm³ dan modulus kehalusan 50 mesh, dari hasil uji fisik tersebut limbah TA-5 dapat digunakan untuk pembuatan batako ringan.

Jika dilihat dari unsur-unsur yang terkandung seperti pada tabel 4.4, maka limbah TA-5 tidak tergolong jenis B3 menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 85 tahun 1999, tentang Pengelolaan Limbah B3.

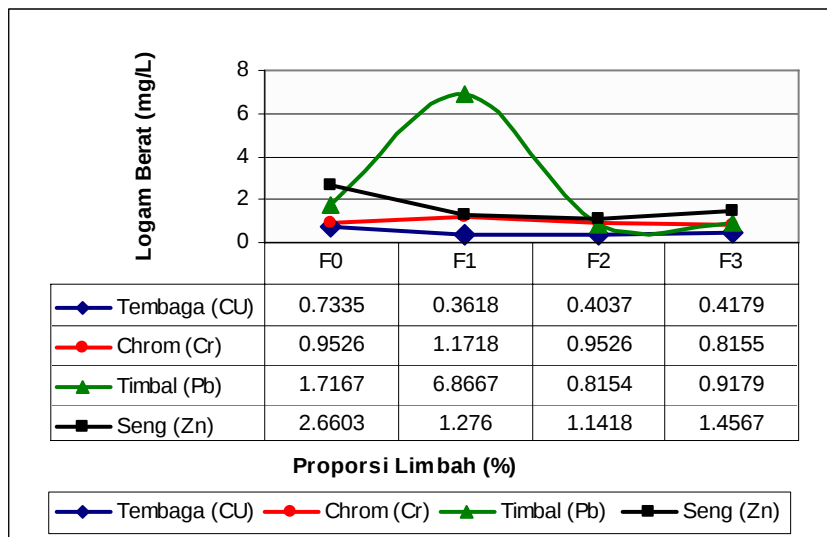
4.2. Uji *Leachate* Dengan Metode TCLP

Uji TCLP merupakan salah satu metode pengujian yang digunakan untuk limbah B3. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui tingkat pelepasan logam berat mengingat bahan tambahan yang digunakan adalah limbah B3. Pada penelitian ini, analisis logam berat yang dianalisa yaitu Cu, Cr, Pb, dan Zn. Hasil pengujian lindi/leachate pada masing-masing formula ditunjukkan pada tabel 4.5 dan gambar 4.1.

Tabel 4.5. Hasil Rata-rata *Leachate* Logam Berat pada batako ringan

No	Benda Uji	Logam Berat (mg/l)			
		Cu	Cr	Pb	Zn
1	Formula 0 (0%)	0,7335	0,9526	1,7167	2,6603
2	Formula 1 (36%)	0,3618	1,1718	6,8667	1,276
3	Formula 2 (38%)	0,4037	0,9526	0,8154	1,1418
4	Formula 3 (40%)	0,4179	0,8155	0,9179	1,4567
Standar TCLP (PP 85/1999)		10	5	5	50

(Sumber : Hasil penelitian, 2007)



Gambar 4.1. Konsentrasi Logam Hasil Uji TCLP

Tabel 4.6. Perbandingan hasil uji TCLP Logam Berat pada Limbah awal Alumina dan TA-5 dan batako

No	Parameter	Parameter Karakteristik Awal Limbah mg/l		TCLP Karakteristik Batako mg/l				PP No.85/1999 mg/l
		Alumina	TA-5	F0	F1	F2	F3	
1	Tembaga (Cu)	0,5055	0,597	0,7335	0,3618	0,4037	0,4179	10
2	Chrom (Cr)	0,8273	0,8473	0,9526	1,1718	0,9526	0,8155	5
3	Timbal (Pb)	0,4878	0,5933	1,7167	6,8667	0,8154	0,9179	5
4	Seng (Zn)	0,2175	0,3025	2,6603	1,276	1,1418	1,4567	50

(Sumber : Hasil Penelitian, 2008)

Dari data hasil penelitian ini (Tabel 4.5 dan Gambar 4.1) terlihat bahwa lindi (*leachate*) logam berat yaitu Cu, Cr, Pb, dan Zn yang terlepas dari batako ringan kecil, berada dibawah ketentuan yang ditetapkan tetapi untuk parameter Pb pada formula 36 % nilai parameter Pb 6,8667 mg/l melebihi standard yang ditetapkan yaitu 5 mg/l, berdasarkan PP No 85 tahun 1999. Hal ini dapat diartikan bahwa proses solidifikasi untuk komposisi formula 36% tidak kuat mengikat lindi (*leachate*) logam

berat Cu, Cr, Pb dan Zn. Sehingga lindi (*leachate*) logam berat yang ada didalam komposisi formula 36% bisa lepas dari solidifikasi batako ringan khususnya untuk parameter logam berat Pb.

Dari pengujian lindi terlihat bahwa logam-logam berat yaitu Cu, Cr, Pb, dan Zn dalam limbah alumina dan TA-5 setelah di solidifikasi sebagai batako ringan menjadi stabil, sedangkan pada komposisi 36% perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut agar hasil logam-logam berat yang terkandung didalam batako ringan tidak melebihi ambang batas yang telah ditetapkan berdasarkan PP No. 85 tahun 1999.

Hasil lindi dari uji TCLP pada setiap variasi penambahan limbah alumina dan TA-5 memberikan perbedaan yang signifikan antara satu dengan yang lainnya. Perbedaan nilai lindi ini dipengaruhi beberapa faktor diantaranya proses pencampuran bahan yang tidak homogen, penggunaan komposisi air yang berbeda-beda pada masing-masing komposisi. Pada proses solidifikasi, pencampuran bahan-bahan mentah batako ringan dan limbah dilakukan secara manual dengan tangan, kemudian di aduk menggunakan mixer dengan menambahkan air sedikit demi sedikit sampai dibutuhkan air yang cukup. Terjadinya perbedaan penambahan air pada masing-masing komposisi dikarenakan apabila air nya terlalu sedikit atau kurang menyebabkan adonan pada masing-masing komposisi kering, hal ini disebabkan oleh perbedaan komposisi yang berbeda-beda, sedangkan untuk waktu pengadukan disamakan yaitu 30 menit untuk masing-masing komposisi.

Variasi yang terjadi pada hasil uji TCLP dimungkinkan oleh karena beberapa hal, antara lain:

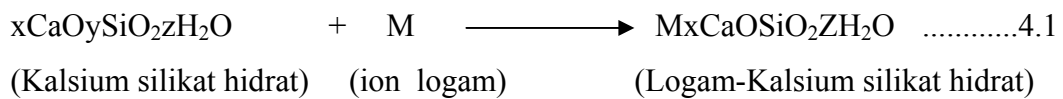
1. Percampuran yang tidak homogen antara berbagai unsur pembentuk batako dengan limbah alumina dan TA-5. Hal ini menghasilkan pula bentuk matriks kapsulasi yang tidak seragam dalam benda uji.
2. Daya ikat yang berbeda-beda antara logam berat pada limbah alumina dan TA-5 dengan semen, menghasilkan pula lepasan yang berbeda-beda antar tiap jenis logam pada uji TCLP.

Variasi lepasan logam oleh uji TCLP dari hasil solidifikasi alumina dan TA-5 kemungkinan dapat terjadi oleh karena mekanisme kimia dan mekanisme fisik (Lee & Lin, 1999). Mekanisme kimia antara lain termasuk pada absorpsi oleh semen hidrat, atau substitusi dan adanya solid dalam struktur hidrat.

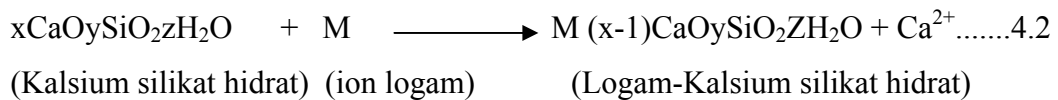
Sedangkan fiksasi ion logam dalam semen portland kemungkinan dapat terjadi melalui 4 mekanisme (Lee & lin, 1999), yaitu:

a. *Fixtation by addition*

Pada mekanisme ini, ion logam terbawa pada struktur dari kalsium silikat hidrat, dengan reaksi adisi, sebagai berikut:



b. *Fixtation by substitution*



Di dalam reaksi ini (reaksi 4.2), ion kalsium di dalam kalsium silikat hidrat disubstitusi dengan ion logam. Reaksi ini cenderung terjadi pada perbandingan kalsium/silikat yang tinggi.

c. *Fixtation by formation of new compounds*

Terjadinya unsur baru yang mengandung metalsilikat dapat terjadi akibat adanya hidrasi pada semen.

d. *Fixtation by multiple mechanism*

Komposisi dari reaksi di atas a-c

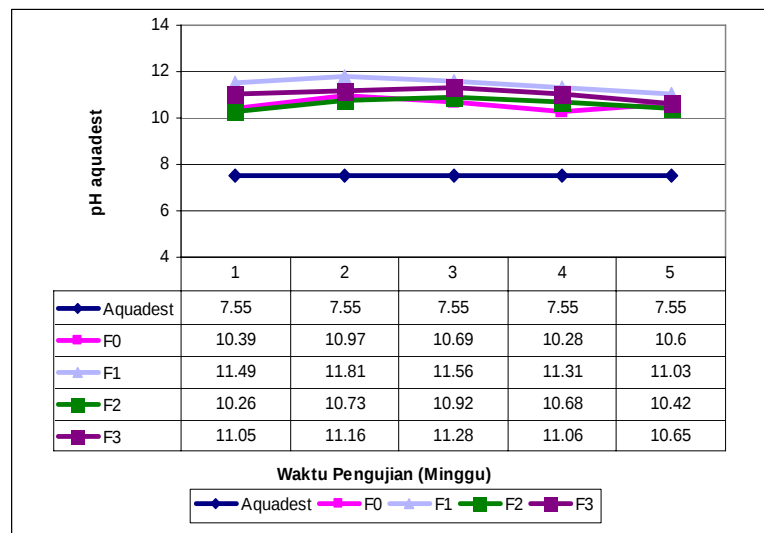
4.3. Pengukuran pH

Pengukuran pH dilakukan dengan merendam batako pada larutan awal aquades 7,55, Basa menggunakan larutan NaOH dengan pH 10,8, dan larutan Asam H₂SO₄ dengan pH 3,08, pengukuran dilakukan selama 5 minggu, pengecekan pH dilakukan tiap satu minggu sekali. Hasil dari pengukuran pH pada masing-masing

komposisi proporsi limbah dapat di lihat pada tabel 4.7, 4.8, 4.9 dan gambar 4.2, 4.3, 4.4.

Tabel 4.7. Pengukuran pH Aquadest

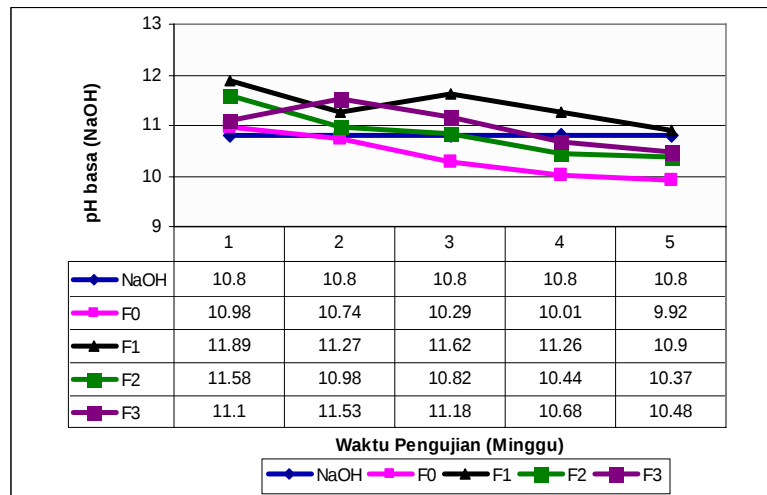
No.	Sampel	pH	9-Jan	16-Jan	23-Jan	30-Jan	6-Feb
1	F0	7.55	10.39	10.97	10.69	10.28	10.6
2	F1	7.55	11.49	11.81	11.56	11.31	11.03
3	F2	7.55	10.26	10.73	10.92	10.68	10.42
4	F3	7.55	11.05	11.16	11.28	11.06	10.65



Gambar 4.2. Pengukuran Aquadest

Tabel 4.8. Pengukuran pH Basa (NaOH)

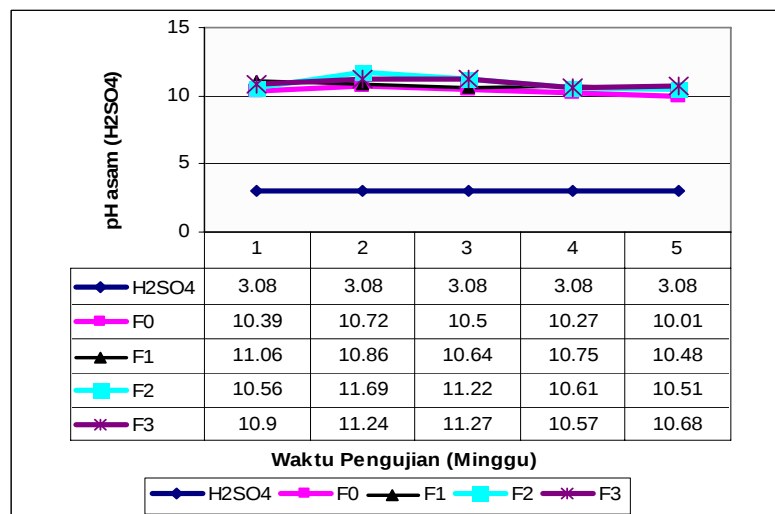
No.	Sampel	pH	9-Jan	16-Jan	23-Jan	30-Jan	6-Feb
1	F0	10.8	10.98	10.74	10.29	10.01	9.92
2	F1	10.8	11.89	11.27	11.62	11.26	10.9
3	F2	10.8	11.58	10.98	10.82	10.44	10.37
4	F3	10.8	11.1	11.53	11.18	10.68	10.48



Gambar 4.3. Pengukuran pH Basa (NaOH)

Tabel 4.9. Pengukuran pH Asam (H_2SO_4)

No.	Sampel	pH	9-Jan	16-Jan	23-Jan	30-Jan	6-Feb
1	F0	3.08	10.39	10.72	10.5	10.27	10.01
2	F1	3.08	11.06	10.86	10.64	10.75	10.48
3	F2	3.08	10.56	11.69	11.22	10.61	10.51
4	F3	3.08	10.9	11.24	11.27	10.57	10.68



Gambar 4.4. Pengukuran pH Asam (H_2SO_4)

Dari hasil pengukuran pH netral menggunakan larutan aquadest, asam menggunakan larutan H_2SO_4 dan basa menggunakan larutan NaOH, didapatkan nilai yang hampir sama yaitu kisaran 10 – 11 atau dalam kondisi basa hal ini dikarenakan pada masing-masing komposisi 0%, 36%, 38%, dan 40% bahan pembentuknya menggunakan semen, kapur, dan pasir kuarsa. Yang mana dari ketiga bahan tersebut mengandung kandungan kapur atau CaO yang dapat menyebabkan larutan menjadi basa. Hal ini diperkuat oleh pernyataan bahwa : alkalinitas dari semen dapat menetralkan asam dari limbah, dan kapur juga dapat meningkatkan pH dari limbah asam dengan penambahan reagen lain. (Buckingham. L;C.Evans; D. La Grega, 1994, *Hazardous waste*). Hal ini juga dikemukakan pada referensi yang terdapat pada tinjauan pustaka yaitu apabila ditambahkan CaO dapat meningkatkan nilai pH (Kasam, 1998).

Dilihat dari komposisi pembuatan batako ringan yang menggunakan semen Portland jika dibandingkan dengan artikel yang terdapat pada bab 2.20.1. bahwa pH mempengaruhi daya larut dan tingkat kelindian dari beberapa logam berat didalam terbentuknya limbah. Daya larut dari ion logam asam, seperti Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, dan Zn, bervariasi dengan pH, dan pH optimumnya sekitar 10. dengan begitu nampak bahwa pH Portland tidak ideal untuk mempercepat penyerapan logam berat, pH dari pemadatan limbah dengan menggunakan semen potland mengandung alkali yang rendah dan mungkin mengandung alkali yang tinggi tergantung pada bahan mentah yang digunakan dan proses produksi yang mana pada gilirannya mempunyai dampak yang signifikan bagi tingkat kelindian limbah B3. Biasanya, nilai pH dari pori kesadahan semen potland lebih dari 12,5, bisa naik sampai 13,5 sehubungan dengan kehadiran dari alkali.

4.4. Rancangan Campuran Batako

Rancangan penambahan limbah alumina dan TA-5 dalam bahan-bahan pembuatan batako ringan dibuat sesuai dengan berat dan banyaknya batako yang dibuat, dengan berat rata-rata 2 kg tiap batako dan ukuran 20 x 10 x 5 cm. Banyaknya

sampel yang di buat adalah 20 buah. Batako ringan didefinisikan sebagai bahan bangunan yang mempunyai berat volume rendah (kurang dari 800 kg/m^3).

Hasil dari pembuatan batako didapatkan berat masing-masing batako, dapat dilihat pada tabel 4.10 sebagai berikut:

Tabel 4.10. Berat masing-masing batako

No.	Kode sampel	Panjang	Lebar	Tinggi	Berat perkiraan Awal (kg)	Berat Akhir (kg/m^3)
		(m)	(m)	(m)		
1	F0	0,2	0,1	0,05	2	1,80
2	F1	0,2	0,1	0,05	2	1,77
3	F2	0,2	0,1	0,05	2	1,85
4	F3	0,2	0,1	0,05	2	1,75

(Sumber : data primer 2007)

Dalam pembuatan sampel untuk penelitian ini dipergunakan bahan-bahan dasar pembuat batako, yaitu : semen, pasir, kerikil, kapur, gipsum, alumina, TA-5, pengembang (*Potassium carbonate*), dan air. Variasi komposisi dibuat berdasarkan jenis batako yang dibuat, yaitu batako persegi empat dengan komposisi penambahan alumina dan TA-5 0%, 36%, 38%, dan 40%, seperti ditunjukkan pada tabel 4.10. Rancangan campuran batako ringan didasarkan pada berat dan banyaknya batako yang dibuat, dengan berat rata-rata 2 kg tiap batako dan ukuran 20 cm x 10 cm x 5 cm. Banyaknya sampel yang dibuat direncanakan masing-masing 5 buah dengan perkiraan berat awal tiap batako 2 kg tapi setelah dilakukan proses pengadukan dengan menggunakan mixer selama selang waktu yang sama sekitar 30 menit untuk pengadukan komposisi yang menggunakan limbah seperti pada komposisi 36%, 38% dan 40%, didapatkan sebanyak 7 buah batako untuk masing-masing komposisi tersebut.

Dari berat akhir yang ada jika dibandingkan dengan pengertian bahwa berat dari batako ringan adalah kurang dari 800 kg/m^3 maka berat dari batako yang dibuat masih dibawah standar 800 kg/m^3 atau dapat dikatakan batako yang dihasilkan dapat digolongkan termasuk kedalam batako ringan.

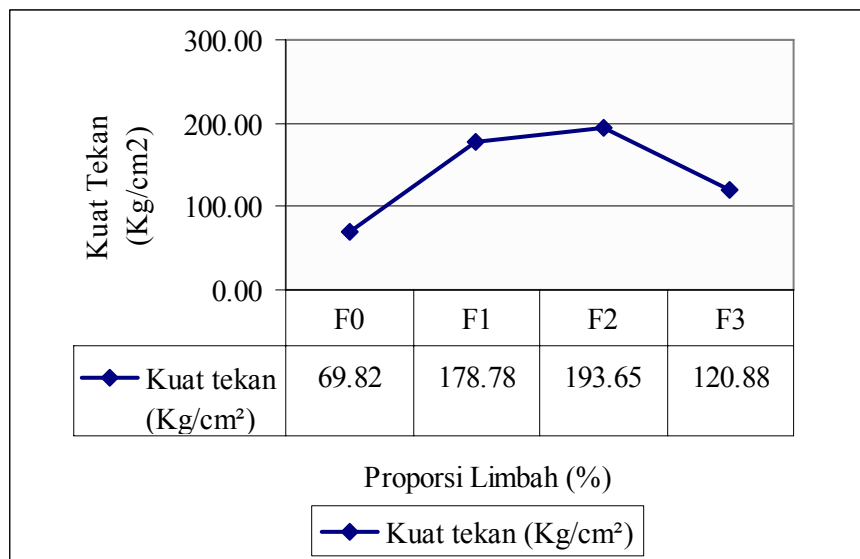
4.5. Uji Kuat Tekan

Setelah dilakukan masa pengeringan selama 28 hari kemudian masing-masing komposisi batako di uji kuat tekannya. Hal ini dilakukan untuk melihat seberapa kuat batako ringan dapat menahan beban. Adapun hasil uji kuat tekan pada masing-masing komposisi campuran pada tabel 4.11 dan Gambar 4.5.

Tabel 4.11. Hasil Uji Kuat Tekan Batako Ringan Rata-rata

No	Kode Sampel	Komposisi Bahan Pembuat Batako Ringan (%)									Kuat Tekan (kg/cm ²)
		Pasir (%)	TA-5 (%)	Alumina (%)	Semen (%)	RC (%)	Kapur (%)	Gypsum (%)	Pengembang Potassium Carbonate (%)	Air (L)	
1	0%	85	-	-	30	-	-	-	-	3.5	69,8
2	36%	30	24	12	10	5	12	5	2	4.1	178,78
3	38%	32	19	19	12	5	6	5	2	4	193,65
4	40%	30	20	20	13	5	5	5	2	4.4	120,88

(Sumber : Hasil Uji Laboratorium, 2007)



Gambar 4.5. Kuat Tekan

Dari data percobaan pada tabel 4.11, dimana terjadi titik maksimum pada proporsi 38% (Gambar 4.5). Hal ini menunjukkan perbedaan kuat tekan dengan

kondisi batako ringan tanpa limbah alumina dan TA-5, dimana proporsi limbah alumina dan TA-5 36%, 38%, dan 40% yang digunakan memiliki tingkat kuat tekan yang lebih besar dari kuat tekan batako kontrol (tanpa alumina dan TA-5). Dimana nilai kuat tekan menurun pada proporsi campuran 40%.

Dari hasil pengujian kuat tekan diperoleh, batako ringan hasil penambahan 36% yaitu sebesar $178.78 \text{ kg/cm}^2 = 17,88 \text{ Mpa}$, 38% sebesar $193.65 \text{ kg/cm}^2 = 19,365 \text{ Mpa}$, dan 40 % sebesar $120.88 \text{ kg/cm}^2 = 12,09 \text{ Mpa}$ limbah alumina dan TA-5 masih memberikan mutu kuat tekan yang baik karena kuat tekan pada penambahan limbah tersebut berada diatas nilai batako pembanding/ kontrol. Dimana kuat tekan pada batako kontrol yaitu sebesar 69.8 kg/cm^2 . Kuat tekan tertinggi adalah 193.65 kg/cm^2 dengan penambahan 38 % limbah alumina dan TA-5. Dan apabila kuat tekan dari batako yang dihasilkan dibandingkan dengan kuat tekan untuk batako biasa berdasarkan SK SNI-S-04-1989 F yaitu 2,5 Mpa maka kuat tekan dari batako yang dihasilkan masih mempunyai kuat tekan yang lebih baik dari batako biasa.

Dari tabel 4.11 dan gambar 4.5 diperoleh bahwa sifat dan kandungan bahan-bahan batako ringan juga berpengaruh terhadap kuat tekan batako ringan, terlihat bahwa makin meningkatnya penambahan limbah alumina dan TA-5 dalam bahan-bahan batako ringan mempunyai nilai kuat tekan semakin rendah.

Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya ” Pemanfaatan Spent Katalis sebagai bahan campuran beton” yang didapat pada tinjauan pustaka bab 2.16 untuk variasi II yang menggunakan spent katalis sebagai material pengganti dari semen, nilai kuat tekan batako tanpa limbah alumina dan TA-5 $178,78 \text{ kg/cm}^2$, dibandingkan dengan kuat tekan beton tanpa spent katalis $216,006 \text{ kg/cm}^2$ dari hal tersebut dapat dilihat bahwa kuat tekan beton lebih besar daripada kuat tekan batako. Untuk perbandingan dengan formula batako lainnya jika dibandingkan dengan kuat tekan beton yang terdapat dalam referensi, kuat tekan beton masih lebih besar dari kuat tekan batako.

4.6. Prospek Pengembangan Produk

4.6.1. Teknis dan Kualitas Produk

Secara teknis dalam proses produksi, pembuatan produk batako ini cukup sederhana, hanya dengan mencampurkan bahan – bahan dasar pembuat batako seperti semen, pasir, dan kerikil, kemudian ditambahkan bahan-bahan pendukung lainnya seperti; kapur, limbah alumina dan TA-5, gipsum, *pottasium carbonate* yang telah ditimbang sesuai dengan komposisi yang dibutuhkan untuk masing-masing formula.

Proses pencampuran hanya memerlukan alat pengaduk (pada penelitian ini digunakan mixer sebagai pengaduk) alat pengaduk ini dibutuhkan agar pencampuran bahan bisa homogen (semua produk tercampur dengan rata) dan membantu proses pengembangan dari adonan batako. Sehingga dapat dihasilkan batako yang kuat dan ringan dari segi kualitasnya. Pada penelitian ini untuk proses pencetakan masih menggunakan peralatan manual yaitu menggunakan cetakan kayu dengan ukuran 20cm x 10cm x 5cm.

Kualitas dari produk batako ringan ini jika dilihat dari hasil pengujian kuat tekan maka dapat diambil kesimpulan bahwa kuat tekan batako ringan yang terbaik terdapat pada batako ringan dengan komposisi limbah 38% dengan kuat tekan sebesar 193.65 kg/cm² atau 19,365 Mpa, jika dibandingkan dengan batako kontrol (tanpa limbah) 69.8 kg/cm² dan dibandingkan dengan batako biasa sebesar 2,5 Mpa, maka kuat tekan dari batako ringan yang mengandung komposisi limbah 38% mempunyai kuat tekan yang lebih baik dibandingkan dengan batako yang lainnya.

4.7.2. Ekonomis

Dalam pembuatan sampel batako, dibutuhkan biaya seperti tercantum pada tabel 4.12. Disini akan terlihat berapa biaya yang dibutuhkan mulai dari batako tanpa limbah hingga batako dengan pencampuran limbah.

Tabel 4.12. Rincian Biaya Pembuatan Batako Tiap Biji

No	Jenis Barang/Jasa	Harga (Rp)	Jumlah Sampel	Jumlah Bahan (gr)				Harga (Rp)			
				F0	F1	F2	F3	F0	F1	F2	F3
1	Pembuatan Cetakan	70000	20					3500	3500	3500	3500
2	Bahan										
	- Pasir	3000		1700	600	640	600	5100	1800	1920	1800
	- TA-5	250			480	380	400		120	95	100
	- Alumina	250			240	380	400		60	95	100
	- Semen	1000		600	200	240	260	600	200	240	260
	- Kerikil	5000			100	100	100		500	500	500
	- Kapur	8000			240	120	100		1920	960	800
	- Gypsum	6000			100	100	100		600	600	600
	- Pengembang (<i>Pottasium Carbonate</i>)	14000			40	40	40		560	560	560
3	Tenaga										
	- Pembuatan	50000	20					2500	2500	2500	2500
Harga Total								11700	11760	10970	10720
Harga Tiap 1 biji								1671	1680	1567	1531
Keuntungan=harga tiap biji + 20%								2005,2	2016	1880,4	1837,2

(Sumber : Penelitian, 2008)

Dari tabel 4.12 di atas, dapat ditarik kesimpulan bahwa pembuatan batako dengan campuran limbah alumina dan TA-5 memberikan nilai ekonomis dari batako yang tanpa limbah alumina dan TA-5 jika dilihat dari segi biaya pembuatan batako tiap bijinya.

Jika produk batako ringan ini akan dijual dan diharapkan mendapatkan keuntungan sebesar 20% maka harga dari tiap satu produk dapat dilihat pada tabel 4.12. Apabila dibandingkan dengan harga produk batako kontrol tanpa limbah harga dari batako dengan menggunakan limbah tidak jauh beda, atau masih bersifat ekonomis. Untuk produk dengan komposisi F2 dan F3 harga dari batako tersebut lebih murah dibandingkan dengan harga batako kontrol. Jika dibandingkan dengan batako yang ada dipasaran seharga Rp.1100 untuk ukuran 30 cm x 15 cm x 9 cm, dibandingkan dengan batako ringan yang dibuat dengan ukuran 20 cm x 10 cm x 5

cm untuk formula yang terbaik seharga Rp.1880 maka dapat diambil kesimpulan bahwa harga batako ringan yang menggunakan limbah, lebih mahal dikarenakan batako ringan yang dibuat menggunakan bahan tambahan yang berbeda dari batako yang dibuat dipasaran, selain itu juga batako ringan yang dibuat hanya skala kecil sehingga harganya pun menjadi lebih mahal.

4.7.3. Lingkungan

Sebelum limbah alumina dan TA-5 dibuat produk batako ringan dengan metode solidifikasi, limbah tersebut di uji TCLP agar dapat diketahui kadar logam berat yang terkandung didalamnya ternyata dari hasil penelitian karakteristik limbah awal kedua limbah tersebut bukan termasuk golongan limbah B3 karena masih dibawah baku yang telah ditetapkan oleh pemerintah pada PP No. 85 tahun 1999. Setelah diuji karakteristik kimia awal dari limbah alumina dan TA-5 tersebut disolidifikasi menjadi batako ringan dengan menggunakan komposisi limbah 0%, 36%, 38% dan 40%. Dari ke empat komposisi tersebut, untuk komposisi 38 % masih harus di olah lagi karena kadar pb yang terkandung didalam komposisi tersebut masih diatas baku mutu yang telah ditetapkan oleh pemerintah pada PP No. 85 tahun 1999. sedangkan untuk batako ringan dengan komposisi 0%, 36% dan 40%, dapat dipergunakan dengan aman karena kadar logam berat yang terkandung didalamnya masih jauh dibawah standar TCLP yang telah ditetapkan oleh pemerintahan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil percobaan pemanfaatan limbah alumina dan TA-5 yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu:

1. Pengujian perlindian (*leachate*) dengan metode *Toxicity Characteristic Leaching Prosedure* (TCLP) pada hasil solidifikasi dengan komposisi 0%, 38%, dan 40 % limbah alumina dan TA-5 masih dibawah baku mutu (PP 85 tahun 1999), sedangkan untuk komposisi 36% logam berat pb 6,8667 mg/L melebihi baku mutu yang telah ditetapkan oleh PP 85 tahun 1999 yaitu sebesar 5 mg/L.
2. Pengukuran pH asam, basa, dan netral untuk setiap variasi, dilakukan pengukuran selama 5 minggu didapatkan hasil yang sama yaitu kisaran 10-11 menunjukkan dalam kondisi basa.
3. Dari hasil pengujian kuat tekan diperoleh, kuat tekan tertinggi adalah 193.65 kg/cm² dengan penambahan 38 % limbah alumina dan TA-5.
4. Persentase penambahan limbah alumina dan TA-5 yang optimum dan pembentukan batako dari aspek teknis (kuat tekan) dan aspek toksisitas (kesehatan dan lingkungan) yaitu 38% hal ini dikarenakan memiliki nilai kuat tekan terbesar yaitu 193,65 kg/cm², dan nilai lindi Cu 0,4037 mg/l, Cr 0,9526 mg/l, Pb 0,8154 mg/l, dan Zn 1,1418 mg/l.
5. Berat dari batako ringan yang dihasilkan masih ringan dibandingkan dengan yang ada dipasaran/berat dari batako ringan 800 kg/m³.
6. Pembuatan batako ringan menggunakan limbah memberikan nilai ekonomis daripada batako tanpa limbah, namun jika dibandingkan dengan harga pasaran lebih mahal.

5.2. Saran

Beberapa hal yang harus disarankan untuk penelitian selanjutnya:

1. Immobilisasi limbah alumina dan TA-5 dengan bahan-bahan mineral yang berbeda agar kualitas batako lebih baik.
2. Pada proses pembuatan sampai pengujian hendaknya mengacu pada nilai standar yang telah ditetapkan dalam tata cara pembuatan batako ringan.
3. Perlu dicoba variasi penggunaan pengembang *Pottasium Carbonate* yang lebih banyak dan menggunakan bahan dengan modulus kehalusan yang lebih halus agar batako yang dihasilkan menjadi lebih ringan tetapi tetap memiliki kuat tekan yang baik.
4. Perlu dicoba pengukuran pH dengan larutan pengontrol.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, Peraturan Pemerintah No.18 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan berbahaya Beracun, Sekretariat Bapedal, Jakarta, 1999.
- Anonim, Peraturan Pemerintah No.85 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan berbahaya Beracun, Sekretariat Bapedal, Jakarta, 1999.
- Anonim, http://www.o-fish.com/parameter_air.htm, 2007.⁵
- Anonim, <http://www.petra.ac.id/~puslit/journals/articles.php?PublishedID=INF06070208>, 2007.⁶
- Anonim, <http://www.tekmira.esdm.go.id/data/PasirKwarsa/ulasan.asp?xdir=PasirKwarsa&commId=25&comm=Pasir%20Kwarsa>, 2007.⁷
- Anonim, Pusat informasi teknik bangunan, Bali, http://pib-banten.go.id/arsip/artikel/2004/10/artikel_2004_10_14_bataton.shtml, 2004.⁴
- Anonim, Wikipedia, the free encyclopedia, 2006.¹
- Anonim, Wikipedia, the free encyclopedia, 2007.²
- Anonim, www.chemicalelements.com, 2005.³
- Buckingham. L;C.. Evans; D. La Grega, *Hazardous Waste*, 1994.
- Departemen Pekerjaan Umum, Bata Merah Sebagai bahan Bangunan di Indonesia (PBUI 1982), Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung. 1982.
- Jatu, Anggoro, Solidifikasi Limbah *Fly Ash* Hasil Pembakaran Incenerator Industri Tekstil sebagai Campuran Batako, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, 2007.
- Kasam, Karakteristik dan Pelindian Solidifikasi Limbah Lumpur Industri Elektroplanting dengan Campuran Semen, Departemen Teknik Lingkungan, 1998.
- Mulyono, Tri, Teknologi Beton, Penerbit Andi, 2005.

Studi Pengelolaan Limbah Padat UP IV Spent Clay Kilang Paraxylene, Spent Catalyst TA-4 dan Spent Adsorbent MR-3, 2002.

Sulastri, Evariani, Pemanfaatan Spent Katalis Sebagai bahan Campuran Beton, Laporan Tugas Akhir, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, 2006.

Spence. Roger, Shi. Caijun, *Stabilization and Solidification of Hazardous, Radioactive, and Mixed Wastes*.

Tjokrodimulyo, K, Teknologi Beton, Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada. Jogjakarta, 1995.

LAMPIRAN I

ALAT

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

- d. Saringan
- e. Timbangan
- f. Cetakan
- g. Gelas ukur
- h. Alat uji kuat tekan
- i. Alat Putar (Uji TCLP)
- j. Bahan kimia untuk analisa toksisitas (uji TCLP)

LAMPIRAN 2

PROSEDUR PEMERIKSAAN KADAR AIR

Rujukan : AASHTO T – 84 – 74

ASTM C – 128 – 68

1. PERALATAN :

- b. Timbangan kapasitas 1 kg atau lebih dengan ketelitian 0,1 gram
- c. Piknometer dengan kapasitas 500 ml
- d. Kerucut terpancung (*cone*), diameter bagian atas (40 ± 3) mm, diameter bagian bawah (90 ± 3) mm, dan tinggi (75 ± 3) mm dibuat dari logam tebal minimum 0,8 mm
- e. Batang penumbuk yang mempunyai bidang penumbuk rata, berat (310 ± 15) gram diameter permukaan penumbuk (25 ± 3) mm
- f. Saringan no. 4
- g. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai (110 ± 5)⁰C
- h. Pengatur suhu dengan ketelitian pembakaran 1⁰C
- i. Talam
- j. Bejana tempat air
- k. Pompa hampa udara (*Vacum pomp*) atau tungku
- l. Air suling
- m. Desikator

2. BENDA UJI :

Benda uji adalah agregat yang lewat saringan No. 4 diperoleh dari alat pemisah contoh atau cara seperempat sebanyak 100 gram.

3. PEMERIKSAAN :

- a. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, sampai berat tetap. Yang dimaksud dengan berat tetap adalah keadaan berat benda uji selama 3 kali proses penimbangan dan pemanasan dalam oven dengan selang waktu 2 jam berturut-turut, tidak akan mengalami perubahan kadar air lebih besar dari pada 0,1 %.
- b. Buang air perendam hati-hati, jangan ada butiran yang hilang, tebarkan agregat diatas talam, keringkan diudara panas dengan cara membalik-balikkan benda uji. Lakukan pengeringan sampai terjadi kering permukaan jenuh.
- c. Periksa keadaan kering permukaan jenuh dengan dengan mengisikan kedalam kerucut terpancung, padatkan dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali, angkat kerucut terpancung. Keadaan kering permukaan jenuh tercapai bila benda uji runtuh akan tetapi masih dalam keadaan tercetak.
- d. Segera setelah, tercapai keadaan kering-permukaan jenuh masukkan 500 gram benda uji kedalam piknometer, masukkan air suling sampai 90% isi piknometer, putar sambil diguncang sampai tidak terlihat gelembung udara didalamnya. Untuk mempercepat proses ini dapat digunakan pompa hampa udara, tetapi harus diperhatikan jangan sampai ada air yang ikut terhisap, dapat pula dilakukan dengan cara merebus piknometer.
- e. Rendam piknometer dalam air dan ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar 25°C .
- f. Tambahkan air sampai tanda batas.
- g. Timbang piknometer berisi air dan benda uji sampai ketelitian 0,1 gram (Bt).
- h. Keluarkan benda uji dingin kemudian timbanglah (Bk).
- i. Tentukan berat piknometer berisi air penuh dan ukur suhu air guna penyesuaian dengan suhu standar 25°C (B).

LAMPIRAN 3

PROSEDUR PEMERIKSAAN BERAT JENIS

Rujukan : AASHTO T – 84 – 74

ASTM C – 128 – 68

1. PERALATAN :

- a. Timbangan kapasitas 1 kg atau lebih dengan ketelitian 0,1 gram
- b. Piknometer dengan kapasitas 500 ml
- c. Kerucut terpancung (*cone*), diameter bagian atas (40 ± 3) mm, diameter bagian bawah (90 ± 3) mm, dan tinggi (75 ± 3) mm dibuat dari logam tebal minimum 0,8 mm
- d. Batang penumbuk yang mempunyai bidang penumbuk rata, berat (310 ± 15) gram diameter permukaan penumbuk (25 ± 3) mm
- e. Saringan no. 4
- f. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai (110 ± 5)⁰C
- g. Pengatur suhu dengan ketelitian pembakaran 1⁰C
- h. Talam
- i. Bejana tempat air
- j. Pompa hampa udara (Vacum pomp) atau tungku
- k. Air suling
- l. Desikator

2. BENDA UJI :

Benda uji adalah agregat yang lewat saringan No. 4 diperoleh dari alat pemisah contoh atau cara seperempat sebanyak 100 gram.

3. PEMERIKSAAN :

- a. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, sampai berat tetap. Yang dimaksud dengan berat tetap adalah keadaan berat benda uji selama 3 kali proses penimbangan dan pemanasan dalam oven dengan selang waktu 2 jam berturut-turut, tidak akan mengalami perubahan kadar air lebih besar dari pada 0,1 %.
- b. Buang air perendam hati-hati, jangan ada butiran yang hilang, tebarkan agregat diatas talam, keringkan diudara panas dengan cara membalik-balikkan benda uji. Lakukan pengeringan sampai terjadi kering permukaan jenuh.
- c. Periksa keadaan kering permukaan jenuh dengan dengan mengisikan kedalam kerucut terpancung, padatkan dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali, angkat kerucut terpancung. Keadaan kering permukaan jenuh tercapai bila benda uji runtuh akan tetapi masih dalam keadaan tercetak.
- d. Segera setelah, tercapai keadaan kering-permukaan jenuh masukkan 500 gram benda uji kedalam piknometer, masukkan air suling sampai 90% isi piknometer, putar sambil diguncang sampai tidak terlihat gelembung udara didalamnya. Untuk mempercepat proses ini dapat digunakan pompa hampa udara, tetapi harus diperhatikan jangan sampai ada air yang ikut terhisap, dapat pula dilakukan dengan cara merebus piknometer.
- e. Rendam piknometer dalam air dan ukur suhu air untuk penyusaian perhiyungan kepada suhu standar 25°C .
- f. Tambahkan air sampai tanda batas.
- g. Timbang piknometer berisi air dan benda uji sampai ketelitian 0,1 gram (Bt).
- h. Keluarkan benda uji dingin kemudian timbanglah (Bk).
- i. Tentukan berat piknometer berisi air penuh dan ukur suhu air guna penyesuaian dengan suhu standar 25°C . (B)

LAMPIRAN 4

PROSEDUR PENGUJIAN BERAT ISI GEMBUR

1. PERALATAN

- a. Batang penumbuk dengan diameter 16 mm dan panjang 60 mm.
- b. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram atau 1% dari contoh.
- c. Dapur pengering
- d. Silinder ukur dengan kapasitas 1 liter.

2. BENDA UJI

- a. Penambahan contoh uji
Keringkan contoh uji di udara dan campurkan contoh memakai riffler sampler.
- b. Jumlah contoh uji
Ambil contoh sebanyak 1,25 – 200 K dari volume silinder. Keringkan contoh didalam dapur pengering pada suhu 110 ± 5 °C (230 ± 9) °F sampai berat tetap.

3. PEMERIKSAAN

- a. Ukur berat dan volume silinder ukur.
- b. Letakkan silinder ukur pada tempat yang rata.
- b. Masukkan contoh uji kedalam silinder hingga penuh kemudian ratakan.
- c. Timbang contoh dalam silinder ukur.

LAMPIRAN 5

PROSEDUR PENGUJIAN BERAT ISI PADAT

1. PERALATAN

- a. Batang penumbuk dengan diameter 16 mm dan panjang 60 mm.
- b. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram atau 1% dari contoh.
- c. Dapur pengering
- d. Silinder ukur dengan kapasitas 1 liter.

2. BENDA UJI

- d. Perencanaan contoh uji diudara dan campurkan contoh memakai riffler sampler.
- e. Ambil contoh sebanyak 1,25 – 200 K dari volume silinder, keringkan contoh di dapur pengering pada suhu 110 ± 5 °C (230 ± 9)°F sampai berat tetap.

3. PEMERIKSAAN

- a. Ukur berat dan volume silinder ukur.
- b. Letakkan silinder ukur pada tempat yang rata.
- c. Masukkan contoh uji kedalam silinder sampai 1/3 bagian, ratakan lalu tusuk-tusuk sebanyak 25 kali merata seluruh permukaan dengan batang penumbuk.
- d. Masukkan contoh uji sebanyak 2/3 bagian, ratakan dan tumbuk seperti diatas.
- e. Masukkan contoh uji hingga memenuhi silinder ukur sampai penuh, ratakan lalu tumbuk 25 kali kemudian ratakan.
- f. Timbang contoh dalam silinder ukur.

LAMPIRAN 6

PEMBUATAN BATAKO RINGAN (Benda Uji)

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

1. Bahan susun yang sudah disiapkan ditimbang beratnya sesuai dengan variasinya, kemudian diaduk dalam kondisi kering dengan cetok sampai adukan homogen.
2. Adukan ditambahkan air, kemudian diaduk lagi sampai rata menggunakan *mixer* sampai dirasakan adonan sudah tercampur secara homogen dan mengembang.
3. Adukan dimasukkan dalam cetakan demi sedikit sampai cetakan penuh. Setelah penuh adukan dipadatkan dengan cara ditekan-tekan hingga padat.
4. Cara melepaskan adukan dari cetakan batako ringan yaitu alas dari cetakan diberi papan yang rata, kemudian cetakan diangkat dan ditekan hingga adukan yang sudah berbentuk batako ringan keluar. Maksud digunakannya papan tersebut selain berfungsi sebagai alas batako ringan juga untuk menghindarkan agar tidak terjadi retak pada batako ringan.

LAMPIRAN 7

PROSEDUR PENGUJIAN TCLP

7.1. Prosedur Pengujian Pelindian Untuk Limbah Non Volatil

Pengujian pelindian untuk limbah non-volatil dilakukan dengan metode TCLP. Langkah pengujian adalah sebagai berikut :

1. Menimbang sampel 100 gram, kemudian sampel dihaluskan apabila diameternya lebih dari 9,5 mm (tidak lolos standar 9,5 mm).
2. Pengujian pH (*Preliminary Evaluation*)
 - a) - Menimbang sub sampel 5 gram
 - Masukkan ke dalam beaker glass
 - Menambahkan 96,5 ml air destilasi
 - Menutup dengan kaca arloji dan diaduk dengan magnetic stirrer (pengaduk mekanik) selama 5 menit
 - Mengukur pH (pH awal)
 - b) - Apabila Ph langkah (a) lebih dari 5,0 maka ditambahkan 3,5 ml HCl 1,0 N
 - Menutup dengan kaca arloji dan dipanaskan sampai 50⁰C selama 10 menit
 - Membiarkan sampai larutan dingin
 - Mengukur pH (pH akhir)

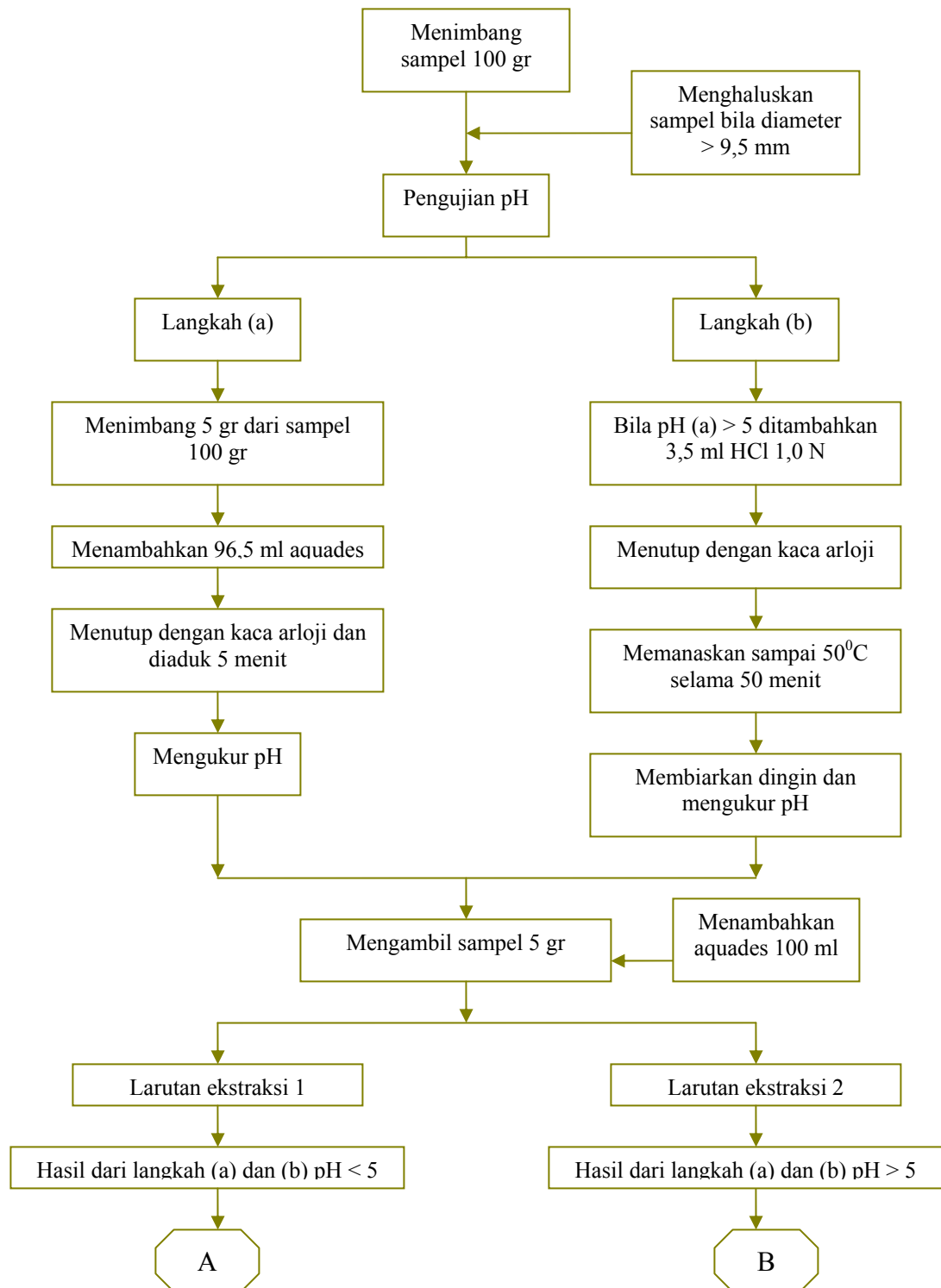
7.2. Pengujian TCLP

Uji TCLP dilakukan pada pecahan benda uji yang telah dan dilihat dari masing-masing perbandingan sampai seberapa besar penurunan kadar logam beratnya. Langkah-langkah sebagai berikut :

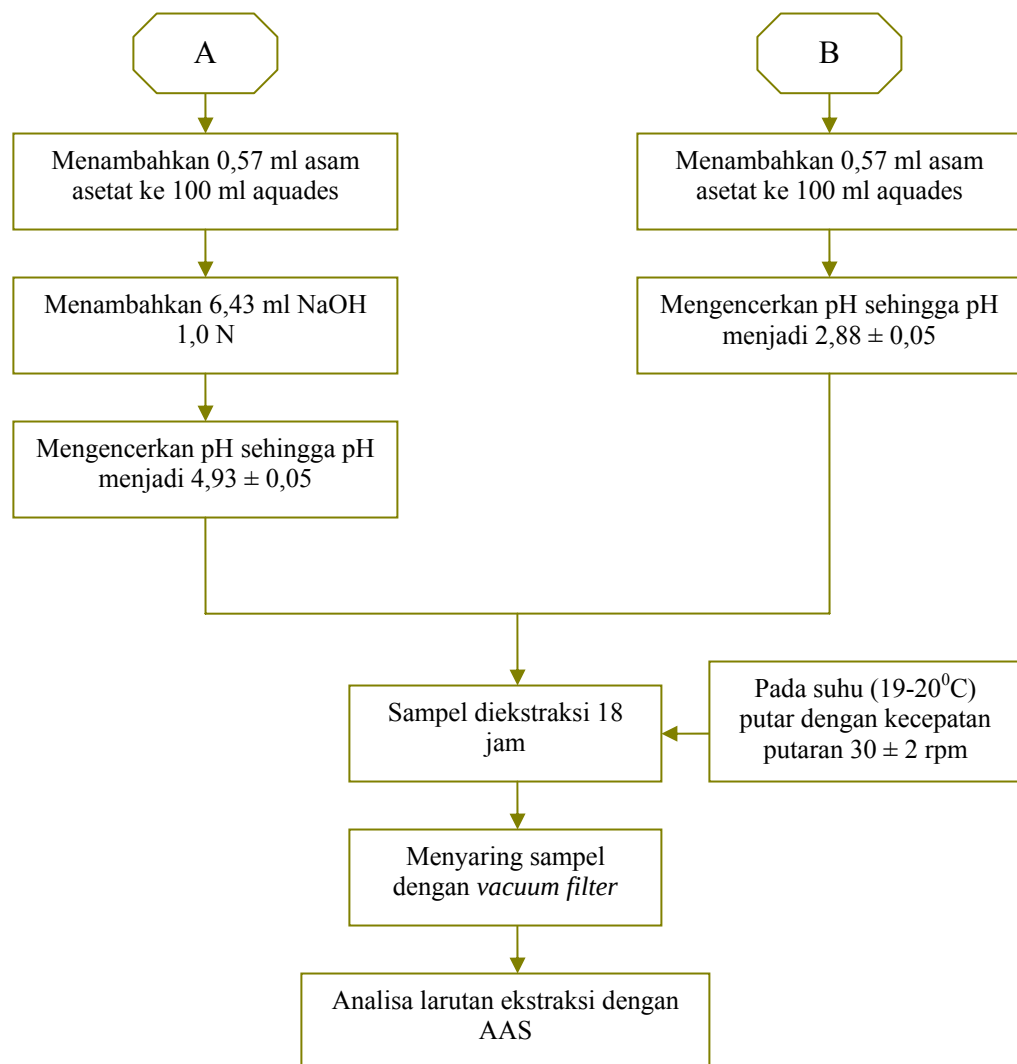
1. Timbang sampel 100 gram, haluskan sampel apabila mempunyai diameter lebih dari 9,5 mm (tidak lolos saringan standar 9,5 mm)
2. Lakukan pengujian pH
 - a) – Timbang sub sampel 5 gram (berasal dari sampel 100 gram)
 - Tambahkan 96,5 ml air destilasi
 - Tutup dengan kaca arloji dan aduk dengan *magnetic stirrer* (pengaduk mekanik) selama 5 menit
 - Ukur pH
 - b) – Bila angka Ph lebih dari 5,0 (pada langkah a) tambahkan 3,5 ml Hcl 1,0 N
 - Tutup dengan kaca arloji dan panaskan sampai 50⁰C selama 50 menit
 - Biarkan larutan dingin
 - Ukur pH
3. Bila hasil 2 (a) dan 2 (b) pH-nya <5 gunakan larutan ekstraksi 1, dan bila hasil 2 (b) memiliki pH>5 gunakan larutan ekstraksi 2.
 - a) Larutan Ekstraksi 1 :

Larutan HoAc (Asam Asetat) sebanyak 5,7 ml dimasukkan kedalam 500 ml H₂O tipe 1 (aquadest) ditambahkan 64,3 ml NaOH 1,0 N. Kemudian diencerkan sampai volume 1 liter sehingga pH 4,93 ± 0,05
 - b) Larutan Ekstraksi 2 :

Larutan sebanyak 5,7 ml HoAc dilarutkan ke dalam H₂O tipe 2 (*Bidest*) sampai volume 1 liter (pH 2,88 ± 0,05)
4. Ekstraksi sampel dalam larutan ekstraksi yang sesuai selama 18 jam pada suhu (19-25)⁰C dengan kecepatan putaran 30 ± 2 rpm
5. Lakukan pencucian filter/kertas dengan asam lalu kemudian saring hasil ekstraksi (di atas)
6. Analisa larutan ekstraksi.



Gambar 1. Tahapan pengujian TCLP



Gambar 2. Tahapan pengujian TCLP (Lanjutan)

DOKUMENTASI PEMBUATAN BATAKO RINGAN



Pencampuran



Proses Pengadukan



Pencetakan



Perawatan

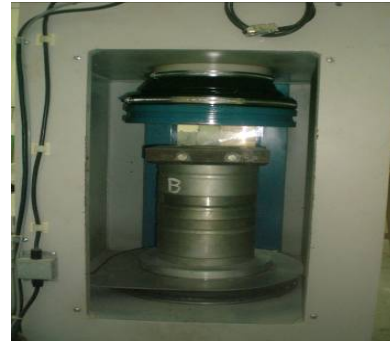


Batako Sampel Uji

DOKUMENTASI PENGUJIAN KUAT TEKAN



Alat Uji Tekan



Pengujian



Pembacaan



Batako yang sudah di Uji Tekan

DOKUMENTASI PENGUJIAN TCLP DAN PENGUKURAN pH



Alat Putar TCLP

DOKUMENTASI PENGUKURAN pH



Benda Uji



Pengukuran pH

