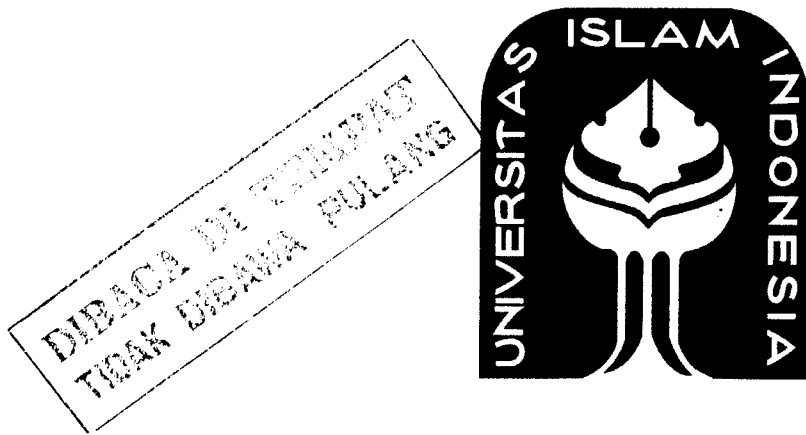


TA/TL/2005/0043

PERPUSTAKAAN SIPIL UIN	
HARIAN/REDA	
TGL TERIMA :	28 Juni 2006
NO. JUDUL :	0043
NO. INV. :	51200001988001
NO. BUKU :	

PEMANFAATAN LIMBAH KATALIS RCC-15 SEBAGAI BAHAN CAMPURAN PEMBUATAN GENTENG BETON

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh Derajat Sarjana Teknik Lingkungan



Disusun oleh :

Nama : Harum Wening Gayatri

No. Mahasiswa : 01513006

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JOGJAKARTA
2005

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir

PEMANFAATAN LIMBAH KATALIS RCC-15 SEBAGAI BAHAN CAMPURAN PEMBUATAN GENTENG BETON

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia
Untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh
Derajat Sarjana Teknik Lingkungan

Oleh :


Harum Wening Gayatri

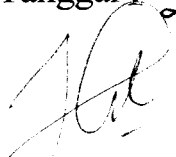
01513006

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. H. Kasam, MT.
Dosen Pembimbing I

Hudori, ST.
Dosen Pembimbing II


Tanggal : 26 - 10 - 05


Tanggal : 26 10-2005

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum Wr. Wb

Puji syukur saya panjatkan kepada *Allah SWT* yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, tidak lupa juga shalawat serta salam kepada Nabi Muhammad SAW sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “PEMANFAATAN LIMBAH KATALIS RCC-15 SEBAGAI BAHAN CAMPURAN PEMBUATAN GENTENG BETON”. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan program studi dan untuk meraih gelar sarjana S1 pada jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Pada kesempatan ini, penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah banyak membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini, antara lain :

1. Bapak Ir. H. Widodo, MSCE, Ph.D., selaku Dekan Fakultas Sipil dan Perencanaan.
2. Bapak Ir. H. Kasam, MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan dan Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan bimbingan serta pengarahan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Hudori, ST., selaku Dosen Pembimbing II.
4. Bapak Andreas dan Mas Setyobudi yang sudah banyak maembantu dalam proses pembuatan.
5. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Lingkungan, beserta alumni.

6. Kedua orang tua dan kakak-kakak yang telah memberikan semangat.
7. Teman-teman Teknik Lingkungan 2001 atas kebersamaannya.
8. Senior dan Junior Teknik Lingkungan (mbak peggy'00 cs, vita'02 cs).
9. Anak-anak Kost Wisma Sakinah atas dukungannya.
10. Teman-teman ex-SMUN 4 Medan yang sama-sama berjuang di Jogja.
11. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari, bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini tentu saja masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis menerima kritik serta saran agar dapat lebih baik lagi dalam penulisan yang akan datang.

Harapan penulis, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua....amin

Jogjakarta, Oktober 2005

Penulis

Lembar Persembahan

Alhamdulillahirobbilalamin..

Akhirnya Tugas Akhir ini dapat kupersembahkan untuk

kedua orang tuaku,

Papa Suhadi Kusumo dan Mama Sri Kustarti yang telah

memberikan kasih sayang dan do'anya yang tulus,

Kakak-kakakku,

Harum Arupi Shinta dan Pandhu Nuswantoro yang telah

menghidupkan kembali kebahagiaan.

Special Thank's To...

Keluarga besar Eyang Koewatdihardjo, Eyang Purwoleksono,
Eyang Soeranto...yang selama ini memberi semangat, juga
do'a...Oom-oom dan Tante-tanteku, Tante Wa makasi banyak ya
tan...udah mau ikut jadi nasabah...Sepupu-sepupuku, Damas &
Angga akhirnya kita wisuda bareng juga...Keluarga Rabbani,
Ayah Leo & Bunda Swasti...tempat ku sharing..makasi ya Bun
atas supportnya selama ini, mbak tambah sayang ama
Bunda...Sayangku, Arief Sudarsono makasi atas kasih sayang
dan pengertiannya...Tim TA ku, Aan..my best friend, thank's for
all bro! My BERATZ: Iko, Puput, Mdy, Nopex... aku gak akan
pernah lupa kebersamaan kita slama kuliah...Anak-anak
Sakinah, Nonee, Icha, Fitri, Fantí, Dini, Mbak Upix,
Mevie...makasi kalian udah mau nemenin begadang, walopun
kita malah menggosip!...Orang-orang yang nun jauh disana,
Mbak Ranny...makasi ya mbak, mbak datang disaat yang
tepat.., Kak Zae, Cece, Kak Wina, & Teh Yulia...makasi udah

banyak bantu cari referensi lewat e-mail...Temen-temen maenku,
Yade...makasi udah mau direpotin, Dina...yang udah ngebantuin
nge-Lab, thank's Din, Nana...makasi ya dek atas perhatiannya,

Mbak Otty...makasi atas pinjaman bukunya...

Dan semua yang tidak mungkin disebutkan satu persatu...

makasi buangeud deh...!!!

MOTTO

Kepintaran tidak menentukan
kesuksesan,
pilihan baiklah yang
menentukannya

Motivasi berasal dari sesuatu
yang paling kita hargai

Jim Cathcart

Aku tidak akan berhasil karena
kebetulan, tetapi aku berhasil
karena kemauan, niat, dan orang-
orang terdekat

Penulis

ABSTRAK

Limbah katalis RCC-15 industri minyak yang dihasilkan dari sisa hasil pembakaran minyak PT. Pertamina unit (UP) VI Balongan yang sudah melekat di masyarakat sebagai limbah berbahaya dan beracun (limbah B3) sehingga perlu pembuktian dengan pengelolaan secara khusus. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat logam berat yang terimmobilisasi dalam genteng beton yang telah ditambahkan limbah katalis dan bahan-bahan aditif. Di samping itu juga untuk mengetahui kualitas kuat lentur, kerapatan air genteng beton, dan persentase penambahan limbah katalis yang optimum dalam pembentukan genteng beton dari aspek teknis dan aspek kesehatan dan lingkungan.

Oleh karena itu diperlukan suatu pengolahan atau treatment terhadap limbah yang mengandung logam-logam berat. Dan salah satu alternatif yang dapat dilakukan antara lain adalah solidifikasi (pemadatan) dengan variasi konsentrasi 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% limbah katalis dalam bahan-bahan genteng beton. Setelah dilakukan uji fisik (kuat lentur dan kerapatan air) dan uji TCLP, diperoleh bahwa kekuatan lentur pada genteng beton yang paling optimum adalah penambahan katalis 10% yaitu 13,20 kg/cm² yang termasuk mutu genteng tingkat II, dan untuk uji TCLP yang paling optimum adalah penambahan katalis 20% dengan efisiensi immobilisasi tertinggi, dan konsentrasi logam berat masih di bawah standar baku mutu yang ditetapkan (P.P No 85 Tahun 1999), sedangkan untuk uji kerapatan air didapat hasil yang relatif baik pada penambahan katalis 10-40%.

Sehingga dapat ditarik kesimpulan, persentase penambahan limbah katalis yang optimum dalam pembentukan genteng beton dari aspek teknis (kuat lentur dan kerapatan air) dan aspek kesehatan dan lingkungan yaitu 10%.

Kata-kata Kunci : katalis RCC-15, kuat lentur, kerapatan air, TCLP

ABSTRACT

The RCC-15 catalyst wastes of oil industry resulted from oil residue burning at the Balongan Unit (UP) VI of PT. Pertamina has been publicly regarded as hazardous and toxic wastes (B3 wastes); hence, evidences are required with specific management. The present research was aimed to identify immobilized heavy metal level within concrete-based roofs added with catalyst waste and additives. In addition, it was also to identify the qualities of concrete-based roof in terms of its flexibility strength, water density, and the percentage of optimum catalyst waste addition to develop concrete-based roofs viewed from technical, health and environment aspects.

Waste treatment on heavy metals, therefore, was required. One of alternatives conducted, among others, was solidification with the concentration varieties of 10%, 20%, 30%, 40%, and 50% of catalyst wastes within concrete-based roof materials. After physical (flexibility strength and water density) test and TCLP test were conducted, it was found that the most optimum flexibility strength of concrete-based roof involved 10% catalyst addition, namely 13,20 kg/cm² regarded as the second grade quality of roof, and the most optimum TCLP test was 20% catalyst addition with the highest immobilized efficiency, and the concentration of the heavy metal was still bellow the determined standard quality (P.P No 85 of 1999), while for water density test, relative result was found, both on 10 – 40% of catalyst addition.

It was concluded that the percentage of optimum catalyst waste addition within concrete-based roofs development viewed from technical aspect (flexibility strength and water density) and health and environment aspects was 10%.

Key Words : catalyst RCC-15, flexibility strength, density water, TCLP

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
MOTTO	viii
ABSTRAK	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang Masalah	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. Limbah Padat Industri Minyak	5
2.1.1. Limbah Katalis RCC-15	7
2.1.2. Penelitian Tentang Limbah Katalis	11

2.2.	Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun	12
2.2.1.	Klasifikasi Limbah B3	15
2.3.	Prinsip Solidifikasi	18
2.3.1.	Proses Solidifikasi	22
2.4.	Teknologi Beton	25
2.4.1.	Genteng Beton	26
2.4.2.	Semen Portland	27
2.4.3.	Pasir	31
2.4.4.	Air	31
2.5.	Logam Berat	32
2.5.1.	Pencemaran Logam Berat	33
2.5.2.	Kromium (Cr)	35
2.5.3.	Tembaga (Cu)	38
2.5.4.	Seng (Zn)	40
2.5.5.	Nikel (Ni)	41
2.5.6.	Timbal (Pb)	42
2.6.	Lindi/ <i>Leachate</i>	44
2.7.	Kuat Lentur Genteng Beton	46
2.8.	Hipotesa	47
BAB III.	METODE PENELITIAN	48
3.1.	Lokasi Penelitian	48
3.2.	Waktu Penelitian	48
3.3.	Bahan dan Alat	48

3.3.1. Bahan	48
3.3.2. Alat	49
3.4. Variabel yang Diteliti	49
3.5. Prosedur Kerja	50
3.5.1. Diagram Alir Kerangka Penelitian	50
3.5.2. Tahapan Penelitian dan Analisa Data	51
3.5.3. Pelaksanaan Analisa TCLP	53
3.6. Pelaksanaan Penelitian	56
3.6.1. Pemeriksaan Bahan Susun Terhadap Karakteristik Fisika	56
3.6.2. Perencanaan Kebutuhan Bahan Susun	56
3.6.3. Pembuatan Benda Uji	57
3.6.4. Pelaksanaan Pengujian	57
3.7. Analisis Data	58
3.7.1. Analisis Teknis	58
3.7.2. Analisis Perlindian	58
BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	59
4.1. Hasil Pemeriksaan Bahan Susun	59
4.2. Kuat Lentur Genteng Beton	60
4.3. Kerapatan Air Genteng Beton	63
4.4. Perlindian Hasil Solidifikasi	64
4.5. Perbandingan Optimum	71
4.6. Biaya Produksi Pembuatan Genteng Beton	73

BAB V.	KESIMPULAN DAN SARAN	74
5.1.	Kesimpulan	74
5.2.	Saran	75
DAFTAR PUSTAKA	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Struktur Sel Khrom	37
Gambar 2.2.	Struktur Sel Tembaga	39
Gambar 2.3	Struktur Sel Seng	40
Gambar 2.4.	Struktur Sel Nikel	42
Gambar 2.5.	Struktur Sel Timbal	43
Gambar 3.1.	Diagram Alir Kerangka Pemikiran	50
Gambar 3.2.	Tahapan Penelitian dan Analisis Data	52
Gambar 3.3.	Pelaksanaan Analisa TCLP	54
Gambar 3.4.	Tipe Sampel Genteng Beton	55
Gambar 4.1.	Kuat Lentur Rata-rata Berbagai Porsi Limbah	61
Gambar 4.2.	Pelindian Logam Berat Rata-rata Dalam Genteng Beton	65
Gambar 4.3.	Efisiensi Immobilisasi Logam Berat	68

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Hasil Pengukuran Komposisi Kimia <i>Spent</i> dan <i>Fresh Catalyst</i> Pada Tahun 2000 di PT. Pertamina	10
Tabel 2.2.	Mutu dan Kuat Lentur Minimum Genteng Beton	27
Tabel 2.3.	Susunan Unsur Semen Biasa	28
Tabel 2.4.	Bentuk Penurunan Ion Logam Khrom	36
Tabel 3.1.	Komposisi Bahan Susun Genteng Beton	55
Tabel 3.2.	Perencanaan Kebutuhan Bahan Susun Genteng Beton	56
Tabel 4.1.	Hasil Analisa Fisik Limbah Katalis	59
Tabel 4.2.	Hasil Analisa Kimia Limbah Katalis	59
Tabel 4.3.	Standar Kuat Lentur Rata-rata	60
Tabel 4.4.	Kuat Lentur Rata-rata Genteng Beton umur 28 hari	61
Tabel 4.5.	Kerapatan Air Rata-rata Genteng Beton	64
Tabel 4.6.	Hasil Analisa TCLP	65
Tabel 4.7.	Nilai pH Dalam Genteng Beton	66
Tabel 4.8.	Nilai pH Dalam Larutan Ekstraksi	66
Tabel 4.9.	Massa Logam Berat	67

Tabel 4.10.	Efisiensi Immobilisasi Logam Berat	68
Tabel 4.11.	Kuat Lentur, Kerapatan Air dan Lindi	
	Logam Berat Rata-rata	71
Tabel 4.12.	Rincian Biaya Pembuatan Sampel	
	Genteng Beton	73

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A.	Gambar Proses Pembuatan	78
	Gambar Proses Laboratorium	79
Lampiran B.	Data Hasil Uji Kuat Lentur	80
	Data Hasil Uji Kerapatan Air	83
	Data Hasil Uji TCLP	84
Lampiran C.	Data Penelitian	89

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri di Indonesia berkembang baik jumlah maupun ragamnya sehingga limbah industri semakin menjadi masalah yang menimbulkan dampak dan resiko pencemaran lingkungan. Penggunaan berbagai bahan kimia dalam suatu proses produksi yang menyebabkan limbah industri mengandung bahan berbahaya dan beracun yang sulit diolah dengan sistem pengolahan limbah industri secara konvensional (*end off pipe treatment*).

Limbah dari proses penyulingan minyak mentah (*crude oil*) dalam industri perminyakan sangatlah kompleks. Limbah yang dihasilkan dapat diklasifikasikan sebagai limbah gas, cair dan padat. Kandungan limbah gas buangan seperti, *volatile hydrocarbon*, CO, NO_x, dan SO_x dapat mencemari lingkungan dan berbahaya bagi kesehatan masyarakat disekitarnya. Begitupula dengan limbah cair dari sisa proses penyulingan umumnya memiliki kandungan minyak, bahan-bahan kimia seperti, timbal, sulphide, phenol, dan chloride yang merupakan limbah beracun berbahaya.

PT. Pertamina unit (UP) VI Balongan mempunyai permasalahan dalam mengolah limbah B3, khususnya limbah katalis. Limbah katalis yang berupa *residue catalytic cracking* (RCC) 15 dan *sludge* ini dikirim untuk diolah di PT Persada Pamunah Limbah Industri (PPLI) di Cileungsi, Jawa Barat. Namun kerjasama yang merupakan program lanjutan ini sempat dihentikan karena

masalah administrasi, sehingga limbah tersebut menumpuk hingga mencapai 16.000 ton di areal Kilang Balongan sejak tahun 1998.

Katalis adalah suatu bahan yang dipergunakan untuk mempercepat reaksi pada saat proses perengkahan (*cracking*). Limbah tersebut berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai produk bahan bangunan. Namun pemanfaatan daur ulang tersebut harus hati-hati karena di dalamnya terkandung kadar logam berat yang cukup tinggi yang bila terhisap atau dikonsumsi oleh makhluk hidup dapat membahayakan. Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 19 Tahun 1994 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, limbah katalis ini termasuk ke dalam daftar limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) bila memiliki nilai LD50 (*Lethal Dose 50%*) lebih kecil dari 15 g/kg BB.

Untuk mengatasi permasalahan limbah katalis ini, maka limbah ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan campuran dalam pembuatan genteng beton. Hal ini dimungkinkan karena untuk pembuatan genteng beton hanya diperlukan campuran semen, agregat halus, air, dan bahan pembantu lain yang bersifat plastis. Sedangkan limbah katalis juga bersifat plastis dan mengandung unsur oksida, diantaranya : CaO , SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 yang dapat membentuk ikatan semen dan memberikan kontribusi kuat semen pada bahan genteng beton. Untuk itu perlu diteliti komposisi campuran limbah yang tepat dalam pembuatan genteng beton, agar diperoleh hasil yang baik. Dengan teknologi semen, yaitu pemadatan dengan menggunakan bahan pengikat diharapkan limbah katalis yang mengandung unsur-unsur logam berat yang tinggi, yaitu : Cr, Cu, Zn, Ni, dan Pb dapat terikat dan tidak tersebar sehingga mengurangi pencemaran lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah :

1. Apakah limbah katalis yang dimanfaatkan untuk pembuatan genteng beton dapat mengimmobilisasi logam-logam berat (Cr, Cu, Zn, Ni, dan Pb).
2. Berapa konsentrasi unsur-unsur logam berat (Cr, Cu, Zn, Ni, dan Pb) pada limbah katalis yang terlepas setelah dibuat genteng beton dengan melakukan pengujian kuat lentur, kerapatan air yang selanjutnya dilakukan uji TCLP.
3. Bagaimana pengaruh penambahan komposisi limbah katalis terhadap kualitas genteng beton yang dihasilkan.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari dilaksanakannya penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui apakah limbah katalis yang dimanfaatkan untuk pembuatan genteng beton dapat mengimmobilisasi logam-logam berat yaitu : Cr, Cu, Zn, Ni, dan Pb.
2. Untuk mengetahui sifat fisik dari genteng beton, terutama kuat lentur dan kerapatan air pada genteng beton.
3. Untuk mengetahui seberapa besar biaya produksi yang dikeluarkan untuk pembuatan genteng beton dengan menggunakan campuran limbah katalis dibanding dengan genteng beton biasa.

1.4 Manfaat Penelitian

Pemanfaatan limbah katalis dari industri minyak dalam pembuatan genteng beton diharapkan akan memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Limbah katalis dari PT. Pertamina UP VI, Balongan dapat dimanfaatkan sebagai bahan bangunan, yaitu genteng beton yang memberikan nilai ekonomis.
2. Memanfaatkan limbah katalis untuk pembuatan genteng beton dapat meminimalkan unsur-unsur logam berat, yaitu : Cr, Cu, Zn, Ni, dan Pb, sehingga mengurangi pencemaran lingkungan.

1.5 Batasan Masalah

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

1. Proses pengolahan limbah katalis dengan teknologi semen untuk unsur-unsur logam berat (Cr, Cu, Zn, Ni, dan Pb) dengan campuran semen Portland, pasir, dan mill sebagai bahan mentah genteng.
2. Campuran beton terdiri dari limbah katalis, semen, air, pasir, mill, dengan perbandingan antara semen : agregat halus 1 : 2,5.
3. Benda uji berbentuk genteng beton.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Padat Industri Minyak

Limbah padat yang dihasilkan industri minyak disebut *oil sludge*. Dimana minyak hasil penyulingan (*refines*) dari minyak mentah biasanya disimpan dalam tangki penyimpanan. Oksidasi proses yang terjadi akibat kontak antara minyak, udara dan air menimbulkan adanya sedimentasi pada dasar tangki penyimpanan, endapan ini adalah *oil sludge*. *Oil sludge* terdiri dari, minyak (*hydrocarbon*), air, abu, karat tangki, pasir, dan bahan kimia lainnya. Kandungan dari *hydrocarbon* antara lain benzene, toluene, ethylbenzene, xylenes, dan logam berat seperti timbal (Pb) pada *oil sludge* merupakan limbah B3 yang dalam pengelolaannya harus mengacu pada peraturan pemerintah no. 18 tahun 1999, dimana limbah B3 harus diproses untuk mengubah karakteristik dan komposisi limbah B3 menjadi tidak beracun dan berbahaya.

Sebenarnya banyak teknik pengolahan limbah *oil sludge* yang dapat diaplikasikan seperti, *incineration* (pembakaran), *centrifuges* (pemisahan), *steam extraction* (ekstraksi), dan *bioremediation* (mikrobiologi). Namun, kenyataan dilapangan menunjukkan bahwa teknologi tersebut masih jauh dari yang diharapkan, ditambah lagi dengan biaya operasional yang masih sangat mahal.

Dewasa ini pemanfaatan plasma dengan suhu tinggi (*thermal plasma*) dalam berbagai proses industri meningkat. *Thermal plasma* adalah gas yang terionisasi (*ionized gas*). *Thermal plasma* dapat dibuat dengan *electric arc*, yang

terbentuk diantara dua elektroda, dalam sebuah alat yang disebut *plasma torch*. Dengan memasukkan gas seperti, udara, argon, nitrogen, steam dan lain sebagainya kedalam *plasma torch*, atom atau molekul gas akan bertumbukan dengan elektron yang terbentuk dalam *electric arc*. Hasil dari proses ini adalah panas dan gas terionisasi yang akan memproduksi *thermal plasma jet* dengan temperatur yang sangat tinggi.

Plasma yang dihasilkan dapat dipergunakan untuk mengolah dan mendaur ulang limbah *oil sludge*. Plasma ini dapat dipergunakan untuk menguapkan senyawa organik (*hydrocarbon*) yang terkandung dalam *oil sludge*. Senyawa organik yang menguap dapat dibentuk kembali dalam bentuk minyak, dan dapat dimanfaatkan.

Energi yang diperlukan dalam proses dibentuk dalam *plasma torch*. Gas yang dipergunakan dalam *torch* adalah argon atau nitrogen (dalam hal ini tidak ada oksigen). Gas organik yang terbentuk dalam reaktor bersamaan dengan gas argon atau nitrogen kemudian dimasukkan ke dalam kondensor, untuk mengubah uap gas tadi menjadi cairan. Setelah melalui pendinginan dalam kondensor cairan yang terbentuk dari gas organik tadi adalah *light oil* yang 100% dapat dipergunakan kembali. Gas argon atau nitrogen sendiri dapat dipergunakan kembali dalam reaktor proses.

Normal operasi temperatur yang dipergunakan dalam proses ini adalah sekitar 800 hingga 1200 derajat celcius, suhu terbaik yang dibutuhkan untuk menguapkan kandungan *hydrocarbon* dalam *oil sludge*. Kondisi dalam reaktor proses dikondisikan sedemikian rupa agar tidak terjadi proses oksidasi pada

material *hydrocarbon* dan dapat mendukung proses pembentukan minyak pada kondensator. Residu yang dihasilkan dari proses ini akan bebas dari kandungan *hydrocarbon*, dan siap untuk dibuang ke TPA dengan aman. Apabila pada *oil sludge* terkandung logam berat seperti timbal proses lanjutan dengan plasma dapat dilakukan untuk mendaur ulang logam tersebut.

Beberapa kelebihan dari pemanfaatan proses ini adalah energi efisiensinya dapat mencapai 80%, hal ini jauh lebih tinggi dibandingkan pada proses yang menggunakan gas atau bahan bakar minyak lain yang hanya dapat mencapai 20%. Juga plasma proses akan lebih efektif jika diaplikasikan pada limbah *oil sludge* yang memiliki kandungan *hydrocarbon* di atas 10%. Selanjutnya, kandungan *hydrocarbon* pada residu yang dihasilkan berkisar dibawah 0.01% dari total *hydrocarbon*.

Dengan menerapkan plasma proses pada limbah *oil sludge* diharapkan pencemaran lingkungan dan dampaknya bagi kesehatan masyarakat dapat dihindari. Lebih dari pada itu *oil sludge* dapat didaur ulang sehingga dapat menjadikan nilai tambah bagi industri perminyakan nasional.

2.1.1 Limbah Katalis RCC - 15

Secara umum, katalis didefinisikan sebagai zat yang dapat mempercepat laju reaksi tanpa dikonsumsi selama reaksi. Katalis dapat memperbesar laju reaksi karena dapat menghasilkan mekanisme baru yang mempunyai energi aktivasi yang lebih rendah dibandingkan dengan reaksi tanpa katalis. Katalis tidak

dapat merubah kesetimbangan termodinamika reaksi, tetapi hanya mempercepat tercapainya kesetimbangan reaksi.

Umumnya katalis dapat digolongkan menjadi 2 kelas, yaitu katalis homogen dimana semua zat yang terlibat dalam reaksi termasuk katalis berada dalam satu fasa yang sama, dan katalis heterogen dimana reaksi terjadi pada batas 2 fasa. Kebanyakan katalis heterogen adalah padatan seperti halnya katalis pada proses RCC (*Residu Catalytic Cracking*). Katalis akan menurunkan energi pengaktifan, sehingga memudahkan terjadinya reaksi.

Limbah katalis ini digunakan pada suatu kilang minyak yang dilengkapi RCC sebagai suatu bahan untuk mengarahkan dan mempercepat laju reaksi produk utama yang diinginkan seperti : LPG (*Elpiji*), Propylene, Polygasoline, Naptha, LCD (bahan dasar diesel) dan *Decant Oil* (bahan dasar *fuel oil*). Sedangkan sifat-sifat limbah katalis jenis Zeolit kristalin adalah sebagai berikut:

1. Kapasitas adsorpsi tinggi.
2. Tidak bersifat korosif.

Adapun rumus yang menyusun limbah katalis jenis Zeolit kristalin adalah sebagai berikut : $\text{NaAlSiO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ dengan struktur reguler, yang merupakan hasil proses dari RCC. Limbah katalis yang digunakan pada RCC ini adalah jenis yang mengandung unsur-unsur Oksida silica dan Alumina. Selain itu didalamnya juga mengandung unsur-unsur kecil lainnya, seperti : Sodium, Calcium, Magnesium dan *Rare earth family* (*lanthanum, cerium*). Sebagian unsur-unsur penyusun dari Zeolit kristalin merupakan sebagai bahan dasar bangunan (semen) seperti : Alumina, Silika dan Kalsium.

Limbah katalis (kalis bekas) proses perengkahan minyak bumi dari UP.VI Balongan Indramayu Jawa Barat, termasuk kategori limbah B3, dengan kadar logam nikel antara 14720-14800 mg/kg. Pada akhir proses, katalis ini akan dikeluarkan berupa limbah, yang setiap harinya mencapai \pm 17 ton/hari. Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 19 Tahun 1994 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, limbah katalis ini termasuk ke dalam daftar limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) bila memiliki nilai LD50 (Lethal Dose 50%) lebih kecil dari 15 g/kg BB.

Dengan adanya kesamaan antara unsur-unsur penyusun limbah katalis hasil penyulingan minyak bumi dengan unsur-unsur penyusun semen, sehingga limbah katalis hasil penyulingan minyak bumi dapat digunakan sebagai bahan tambah adukan beton (semen). Dengan penambahan limbah katalis hasil penyulingan minyak bumi maka faktor air semen (fas) akan berkurang, sehingga dapat meningkatkan kuat desak beton. Faktor air semen akan mempengaruhi kualitas beton yang diinginkan, semakin kental pastinya maka akan semakin berkurang susut pengerasannya. Jadi dengan adanya penambahan limbah katalis terhadap adukan semen maka nilai faktor semen (fas) akan menurun, sehingga akan meningkatkan kuat desak beton.

PT.Pertamina telah melakukan uji terhadap kandungan limbah katalis yang mereka hasilkan. Adapun hasil pengukuran komposisi Kimia *Spent* dan *Fresh Catalyst* yang dilakukan di UNPAD :

Tabel. 2.1 Hasil Pengukuran Komposisi Kimia *Spent* dan *Fresh Catalyst* Pada Tahun 2000 di PT. Pertamina.(Pertamina, Lembaga Penelitian UNPAD)

Parameter	Satuan	Limit Deteksi	<i>Fresh Catalyst</i>	<i>Spent Catalyst (Duplicate)</i>	<i>Spent Catalyst</i>
SiO ₂	%	N/A	37,31	48,46	47,12
Al ₂ O ₃	%	N/A	40,49	44,20	45,34
Fe ₂ O ₃	%	0,03	0,70	0,90	0,60
TiO ₂	%	N/A	0,70	0,77	0,70
K ₂ O	%	0,01	0,08	0,17	0,14
Na ₂ O	%	0,002	0,05	0,09	0,45
CaO	%	0,01	0,16	tt	0,16
MgO	%	0,001	tt	tt	0,26
As *	mg/kg	0,002	tt	tt	0,005
Ba	mg/kg	0,1	tt	tt	tt
B	mg/kg	1	N/A	N/A	N/A
Cd	mg/kg	0,005	4,00	4,00	4,50
Cr	mg/kg	0,05	17,10	17,10	165,50
Cu	mg/kg	0,02	4,00	4,00	21,00
Pb	mg/kg	0,1	53,00	53,00	67,50
Hg **	mg/kg	0,0002	tt	tt	tt
Se *	mg/kg	0,002	tt	tt	tt
Zn	mg/kg	0,005	76,00	76,00	105,00
Ni	mg/kg	0,04	48,00	48,00	14.760
V	mg/kg	0,2	50,00	50,00	437,50
Ag	mg/kg	0,01	3,00	3,00	2,50
Co	mg/kg	0,01	36,00	36,00	358,50
Mn	mg/kg	0,01	16,00	16,00	27,50
P ₂ O ₅	%	N/A	0,23	0,14	0,23
SO ₃	%	N/A	0,20	0,04	0,04
H ₂ O	%	N/A	6,61	3,08	0,56
LOI	%	N/A	20,25	4,70	4,29

Keterangan : * Metoda Gas Hydrida (*Gas Hydride Method*)

** Teknik Uap Dingin (*Cold Vapour Technique*)

N/A Dulu tidak Tersedia

Dari pengukuran yang diperoleh, didapat beberapa logam berat dengan konsentrasi tinggi atau sama dengan ketentuan yang berlaku, sehingga perlu diuji toksisitasnya, seperti Cr, Cu, Pb, Zn, dan Ni. Sedangkan CaO, SiO₂, Al₂O₃, dan Fe₂O₃ mengandung unsur oksida yang tinggi sehingga dapat membentuk ikatan semen dan memberikan kontribusi kuat semen pada bahan genteng beton.

2.1.2 Penelitian Tentang Limbah Katalis

Hingga saat ini telah dilakukan penelitian tentang limbah katalis, diantaranya :

1. Menurut penelitian yang dilakukan di Amerika maupun di Australia, (*Majalah Konstruksi, No : 253 – Juni, 1997*) limbah katalis yang dihasilkan RCC, tidak dikategorikan sebagai limbah bahan berbahaya beracun (B3). Oleh karena limbah katalis tidak berbahaya dan cukup aman, maka dapat digunakan sebagai bahan campuran dalam pembuatan beton ataupun keramik.
2. Menurut penelitian yang dilakukan di Amerika maupun di Australia, (*Majalah Konstruksi, No : 253 – Juni, 1997*) limbah katalis yang dihasilkan RCC, tidak dikategorikan sebagai limbah bahan berbahaya beracun (B3). Dari hasil pengukuran pH menunjukkan bahwa katalis bekas dalam CaCl₂ hanya sebesar 3,96 - 4,80 hingga tidak bersifat korosif.
3. Menurut hasil analisa TCLP (*Toxicity Characteristic Leaching Procedure*), limbah katalis memiliki logam dibawah baku mutu yang ditetapkan, sehingga lebih aman untuk lingkungan. Berdasarkan hal tersebut

katalis bekas tidak dapat digolongkan dalam limbah B3. Karena tidak memenuhi uji karakteristik penggolongan secara kimia.

Oleh karena limbah katalis tidak berbahaya dan cukup aman, maka dapat digunakan sebagai campuran untuk memproduksi bahan bangunan. Proses pembuatan produk tersebut dilakukan dengan mencampurkan beberapa bahan dengan perbandingan pasir : 64%, limbah katalis : 16%, semen : 20%, dengan tambahan air untuk adukan.

2.2 Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun

Limbah bahan berbahaya dan beracun, disingkat B3 adalah setiap limbah yang mengandung bahan berbahaya dan/atau beracun karena sifat dan/atau konsentrasinya dan/atau jumlahnya, baik secara langsung atau tidak langsung dapat merusak dan/atau mencemarkan lingkungan hidup dan/atau dapat membahayakan kesehatan manusia. Oleh karena itu, limbah B3 harus dikelola terlebih dahulu. Pengelolaan limbah B3 merupakan suatu rangkaian kegiatan yang mencakup penyimpanan, pengumpulan, pemanfaatan, pengangkutan, pengolahan limbah, serta penimbunan hasil pengolahan tersebut.

Hierarki pengelolaan limbah B3 dimaksudkan agar limbah B3 yang dihasilkan sesedikit mungkin bahkan jika mungkin sampai nol dengan upaya reduksi pada sumber dengan pengolahan bahan, substitusi bahan, modifikasi proses, dan dengan dilakukannya teknologi bersih. Jika masih dihasilkan limbah B3, maka dapat diupayakan pemantauan limbah B3 untuk mengurangi jumlah limbah B3 dan meminimalkan beban pengolahan. Pemantauan limbah B3

mencakup perolehan kembali (*recovery*), penggunaan kembali (*reuse*) dan daur ulang (*recycle*). Timbulan limbah B3 yang sudah tidak dapat diolah atau dimanfaatkan yang harus ditimbun pada lokasi penimbunan (*landfill*) yang memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan.

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) :

1. Mudah Meledak

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

2. Mudah Terbakar

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

3. Limbah Reaktif

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

4. 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 .

5. Limbah Infeksi

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.

6. Limbah Korosif

Limbah yang bersifat korosif, yaitu limbah yang menyebabkan iritasi (terbakar) pada kulit atau mengkorosikan baja.

7. Uji Toksikologi

Uji TCLP yaitu untuk menentukan mobilitas kontaminan pencemar organik maupun anorganik yang terdapat dalam limbah cair, padat ataupun campuran (multifasa). Jika hasil analisa total limbah menunjukkan bahwa jenis kontaminan tidak terdeteksi atau konsentrasinya di bawah ambang batas (menurut peraturan yang berlaku), maka uji TCLP tidak perlu dilakukan. Jika hasil analisa larutan ekstraksi TCLP bahan tertentu mengandung kontaminan terdaftar dengan

konsentrasi tinggi atau sama dengan ketentuan yang berlaku, maka bahan tersebut termasuk kategori B3.

2.2.1 Klasifikasi Limbah B3

Dalam pengembangan peraturan untuk implementasi legislasi yang berhubungan dengan polutan padat dan polutan cair, Agen Perlindungan U.S (EPA US) telah mengeluarkan dan merevisi definisi untuk sampah berbahaya RCRA dan polutan terbesar. Definisi ditinjau secara singkat di bawah ini.

Sampah Berbahaya RCRA. EPA US telah mendefinisikan sampah berbahaya RCRA dalam tiga kategori umum, yaitu : sampah terdaftar, karakteristik sampah berbahaya dan sampah berbahaya lain. Berdasarkan pada kriteria yang ditentukan dalam Kode Regulasi Federal (40 CFR 261,11), EPA US telah mempersiapkan sampah berbahaya khusus. Jika suatu sampah memenuhi kriteria tersebut, diasumsikan adanya racun pada konsentrasi sampah itu. Karakteristik sampah berbahaya ditentukan pada dasar dari ignitabilitas, pengkaratan, reaktivitas dan toksisitas. Toksisitas ditentukan dengan sebuah analisis tentang konstituen yang dihasilkan dari sebuah uji ekstraksi.

Polutan Terbesar. Pada tahun 1979, menurut Hukum Federal Pengontrol Polusi Air sebagai pengganti Hukum Air Bersih (1977), EPA US, dibutuhkan untuk mempersiapkan daftar polutan toksin yang terbukti berbahaya pada kesehatan manusia. Empat kriteria yang digunakan untuk mengkasifikasikan polutan-polutan tersebut :

1. Potensi kerusakan yang membebaskan air dari material-material tersebut dapat diciptakan dengan sifat baik dari sifat toksikologi tertentu. Sifat-sifat ini memasukkan bioakumulasi, karsinogenitas, mutagenitas, teratogenitas atau toksisitas akut tinggi.
2. Keseriusan pembebasan atau potensi pembebas pada polutan tersebut dengan titik sumber. Faktornya memasukkan kealamiah dan peningkatan efek toksik yang bergabung dengan polutan tersebut.
3. Pengaturan standar anak sungai untuk titik sumber pembebas.
4. Keseluruhan efek lingkungan tentang pengukur kendali telah tersedia.

Daftar inisial dari polutan terbesar terdiri dari 65 kelompok polutan, terdiri dari sejumlah 129 substansi spesifik.

Klasifikasi Berbahaya Lain, telah dikemukakan oleh agen-agen seperti : Lembaga Internasional untuk Peneliti Kanker, Institusi Kanker Nasional dan Lembaga Penelitian Lingkungan Kelompok Peneliti Karsinogen. (Tchobanoglous, 2001).

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, kadmium (Cd), kromium dan lain-lain. Perbedaan logam berat dengan biasa dapat ditentukan berdasarkan karakteristiknya yaitu memiliki spesifik *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.

Pengolahan limbah B3 adalah proses untuk mengubah jenis, jumlah dan karakteristik limbah B3 menjadi tidak berbahaya dan/atau tidak beracun dan/atau immobilisasi limbah B3 sebelum ditimbun dan/atau memungkinkan agar limbah B3 dimanfaatkan kembali (daur ulang). Sebelum melakukan pengolahan limbah B3 dilakukan uji untuk mengetahui kandungan/parameter fisika dan/atau kimia dan/atau biologi guna menetapkan proses teknologi pengolahan limbah B3.

Pada umumnya, proses pengolahan B3 dilakukan dengan tujuan:

- mengurangi sifat toksik
- mengurangi konsentrasi senyawa berbahaya dalam limbah sehingga selanjutnya dapat diolah dan dimusnahkan ataupun digunakan kembali

- fiksasi limbah dalam suatu matriks yang akan menghalangi terjadinya pelindian
- menerangkap limbah untuk mencegah terjadinya lindi. Lindi adalah limbah cair yang timbul akibat masuknya air eksternal ke dalam timbunan sampah, melarutkan dan membilas materi terlarut, termasuk juga materi organik hasil proses dekomposisi biologis.

2.3 Prinsip Solidifikasi

Solidifikasi adalah teknologi pengolahan yang dapat diterapkan terhadap limbah padat dan cair. Sistem pengolahan limbah dengan stabilisasi dirancang untuk membatasi atau mengurangi lepasnya kontaminan yang berbahaya di limbah. Hal ini dicapai dengan cara mengurangi kelarutan unsur-unsur berbahaya, memperkecil area paparan yang dapat menyebabkan terjadi migrasinya unsur-unsur tertentu atau dengan cara menghilangkan daya racun unsur tersebut. Cara pengolahan ini sekaligus memperbaiki sifat-sifat mudah diangkut untuk transportasi lebih lanjut jika diinginkan.

Stabilisasi dari kontaminan anorganik yang masih dalam bentuk atomnya, seperti Cd, Pb, dan logam lain mirip dengan bentuk alamiahnya. Dengan mempelajari bentuk kejadian di alam, kita dapat belajar tentang metode stabilisasi yang optimum. Stabilisasi harus dipertimbangkan sebagai proses pengolahan limbah yang mengurangi pergerakan kontaminan ke lingkungan, ditinjau dari tingkat pergerakan geologinya.

Solidifikasi adalah suatu proses dengan kuantitas bahan pematat yang mencukupi, termasuk zat padat itu sendiri, ditambahkan ke bahan berbahaya untuk menghasilkan suatu bahan yang bermassa padat. Pematatan / pengerasan massa disempurnakan dengan penambahan reagen yang berfungsi untuk:

1. Meningkatkan kekuatan bahan
2. Menurunkan tingkat penekanan
3. Menurunkan permeabilitas limbah

Tujuan utama solidifikasi adalah meningkatkan integritas struktur dari bahan dan mengurangi tingkat penyebaran ke lingkungan. Tingkat keefektifan proses solidifikasi dapat sering dievaluasi dengan mengukur kekuatan bahan.

Dalam stabilisasi dan solidifikasi yang sukses melalui mekanisme-mekanisme seperti di bawah ini :

1. *Makroencapsulation*

Adalah suatu mekanisme dimana unsur pokok limbah B3 secara fisika terperangkap dalam matriks padatan yang jauh lebih besar, sehingga limbah B3 berada dalam pori-pori yang tidak terlewatkan pada bahan penstabil. Degradasi bahan yang telah terstabilkan meski dalam bentuk partikel yang besar. Bahan yang terperangkap tersebut bebas untuk bergerak. Limbah yang telah terstabilkan harus mengalami proses/siklus pembekuan dan peleburan atau pembasahan dan pengeringan supaya dapat bebas untuk dilepaskan ke lingkungan.

2. *Mikroencapsulation*

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

3. Absorpsi

Adalah suatu proses yang memasukkan kontaminan ke dalam bahan penyerap (*sorbent*) seperti layaknya *sponge*/busa menyerap air. Absorpsi membutuhkan tambahan bahan padat untuk menyerap cairan bebas yang terkandung dalam limbah. Proses digunakan terutama untuk mengeluarkan/menghilangkan cairan untuk meningkatkan pengolahan limbah, yaitu memadatkan limbah. Cairan diperas dari tanah. Absorpsi digunakan hanya untuk menyempurnakan perlakuan/pengolahan terhadap limbah. *Adsorbent* yang umum digunakan adalah :

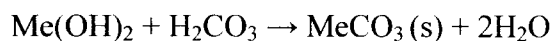
- Tanah
- Abu
- Semen
- Soda
- Mineral tanah liat seperti : *tentonite*, *haolinite*, dan lain lain.
- Serbuk gergaji
- Jerami

4. Adsorpsi

Suatu fenomena kontaminan diikat secara elektronika untuk menstabilkan limbah dalam suatu padatan. Adsorpsi merupakan fenomena permukaan dan ikatannya merupakan ikatan *van der waals/hydrogen bending*. Kontaminan diikat secara kimia dalam padatan yang stabil lebih aman untuk dikeluarkan ke lingkungan.

5. Presipitasi

Proses stabilisasi tertentu akan mengendapkan kontaminan dari limbah yang menghasilkan bentuk *konstituent* lebih stabil dalam limbah. Pengendap seperti hidroksida, sulfida, silika, karbonat dan phosphate masuk dalam massa yang terstabilisasi sebagai bagian dari struktur material. Fenomena ini bisa diaplikasikan untuk stabilisasi limbah anorganik seperti lumpur logam hidroksida. Contohnya logam karbonat memiliki kelarutan yang lebih kecil daripada hidroksida logam. Pada pH tinggi reaksi untuk membentuk karbonat metal dari karbonat hidroksida :



Me = Metal

Pembentukan logam karbonat antara lain dengan pH. Karbonat logam lebih stabil pada pH tinggi. Pada kondisi asam, logam akan kembali larut dan terbebas ke lingkungan sebagai suatu larutan.

6. Detoksifikasi

Reaksi kimia tertentu yang terjadi selama proses stabilisasi akan menghasilkan limbah dengan toksisitas yang rendah. Detoksifikasi adalah suatu mekanisme yang mengubah unsur kimia ke bentuk lain yang tidak *toxic*.

2.3.1 Proses Solidifikasi

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

- 1). Analisa dan penilaian
- 2). Pengolahan pendahuluan
- 3). Penambahan bahan pengikat dan pematat
- 4). Pengendalian kualitas hasil akhir
- 5). Pembuangan/penggunaan kembali produk akhir
- 6). Monitoring lahan.

Beberapa teknik pengerasan dalam proses S/S:

- 1). Proses dengan teknik penyemenan (*cement-based processes*)
- 2). Proses dengan materi pozzolan (*Pozzolan processes*)
- 3). Proses dengan teknik thermoplastic (*thermoplastic techniques*)
- 4). Proses dengan teknik polimer organik (*organic polymer techniques*)
- 5). Proses dengan teknik pengkapsulan permukaan (*surface encapsulation techniques*)
- 6). Proses swa-penyemenan (*self cementing techniques*)
- 7). Vitrifikasi

Penilaian terhadap keefektifan proses solidifikasi dapat dilakukan melalui uji kualitas bahan yang dihasilkan. Kriteria atau parameter yang dapat digunakan untuk menilai kualitas produk adalah kekuatan tekan (*compressive strength*), permeabilitas, kualitas lindi, serta stabilitas jangka panjang.

1). Kekuatan tekan

Produk hasil S/S harus memiliki kekuatan tekan yang memungkinkan produk menahan beban dari benda-benda yang diletakkan di atasnya.

2). Permeabilitas

Permeabilitas adalah kemampuan suatu bahan untuk meloloskan cairan. Materi hasil solidifikasi diharapkan mempunyai permukaan yang kecil, sehingga dapat menahan air meskipun kelarutan dari komponennya tidak mencapai nol. Apabila komponen beracun yang dapat terlarut jadi sedikit, maka semakin sedikit air yang melewati materi tersolidifikasi, sehingga akan semakin sedikit jumlah bahan beracun yang memasuki tanah.

3). Kualitas lindi

Kualitas lindi merupakan salah satu kriteria yang cukup penting dari pengujian control kualitas, meskipun karakteristik fisik juga penting bila solidifikasi buangan dipakai sebagai konstruksi. Uji yang dilakukan untuk menentukan kualitas lindi merupakan uji pelindian atau *Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP)*.

4). Stabilitas jangka panjang

Pengujian stabilitas jangka panjang terhadap sifat-sifat fisik pada matriks hasil solidifikasi hanya dapat dilakukan pada lahan pembuangan yang sesungguhnya.

Kendala-kendala dalam proses solidifikasi terutama disebabkan oleh sifat-sifat limbah yang akan diolah, antara lain:

- limbah mengandung senyawa yang mudah terbakar/meledak
- limbah mengandung volatile yang cukup tinggi
- limbah mengandung bahan-bahan dengan biodegradable yang tinggi
- limbah mengandung insektisida, fungisida, dan pestisida
- limbah mengandung borat (terlindikan), gula (melepaskan kapur)
- limbah mengandung kation atau anion yang mengganggu proses.

Stabilisasi dan solidifikasi banyak diaplikasikan untuk:

1. Remediasi (pemulihan) lahan tempat pembuangan limbah B3.
2. Pengolahan residu / sisa-sisa proses pengolahan sebelumnya. (contoh: abu dari sisa pengolahan thermal dengan *incinerator*).
3. Pengolahan bahan yang terkontaminasi bila ditemukan sebagian besar tanah yang mengandung kontaminan.

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

2.4 Teknologi Beton

Karakteristik dari beton harus dipertimbangkan dalam hubungannya dengan kualitas yang dituntut untuk suatu tujuan konstruksi tertentu. Pendekatan praktis yang paling baik untuk mengusahakan kesempurnaan semua sifat beton, akan berarti pemborosan bilamana dipandang dari segi ekonomi. Yang paling diharapkan dari suatu konstruksi adalah dapat memenuhi harapan maksimal, dengan tepat mengikuti variasi sifat-sifat beton, dan tidak hanya terpancang pada satu pandangan saja.

Beton dapat mencapai kuat-hancur sampai sekitar 80 N/mm^2 (12.000 lb/in^2), atau lebih, tergantung pada perbandingan air-semen serta tingkat pematatannya. Kuat-hancur antara 20 dan 50 N/mm^2 pada umur 28 hari biasa diperoleh di lapangan bila pengawasan pekerjaannya baik, dengan perbandingan berat semen : pasir : mill sebagai $1 : 2,5 : 1$ (L. J. Murdock, 1999).

Agregat yang kotor dan banyak pasirnya, akan membutuhkan perbandingan air/semen yang banyak untuk memperoleh daya pengerjaan (workabilitas) yang memenuhi syarat. Di sini dihasilkan beton yang cenderung retak-retak karena penyusutan awal. Kehilangan air dan penyusutan yang terjadi sebelum atau selama beton mulai mengikat merupakan sebab umum dari retak pada konstruksi beton, terutama pada tempat-tempat terjadinya perubahan penampang melintang. Kadang-kadang retak-retak yang mulai terjadi pada saat awal menjadi lebih nyata kemudian.

Bahan yang dipergunakan untuk membuat genteng beton adalah semen yang normal pengerasannya maupun yang cepat pengerasannya, bersama pasir

pada perbandingan 1 : 2,5. Campuran yang dipakai berkonsistensi menyerupai tanah lembab, tetapi harus sebasah mungkin agar gentengnya dapat segera diangkut dari mesin.

2.4.1 Genteng Beton

Genteng beton ialah unsur bangunan yang dibuat dari campuran bahan-bahan semen Portland, agregat halus, air, dan atau tanpa kapur, trass, pigmen, dan bahan pembantu lain, yang dibuat sedemikian rupa sehingga dapat dipergunakan untuk atap. Namun, bahan dasar yang digunakan adalah semen Portland, pasir, dan mill dengan perbandingan berat 1 : 2,5 : 1 (SNI 03 – 0096 – 1987).

Genteng beton harus mempunyai bentuk yang sama, panjang, lebar, dan tebal genteng beton untuk seluruh partai yang diserahkan kepada proyek harus sama dan seragam. Bentuknya harus sedemikian hingga dapat tersusun rapih pada rangka atap dan tidak memungkinkan masuknya air hujan secara langsung maupun karena tempias.

Ukuran panjang efektif genteng beton harus sesuai dengan jarak reng dari luar ke luar sehingga akan memberikan beban lentur yang masih dapat diizinkan. Tebal genteng tidak boleh kurang dari 8 mm, adapun pada bagian penumpangan tebalnya minimum 6 mm.

Genteng harus mempunyai kaitan untuk mengkait pada reng. Tebal / tinggi kait minimum 12 mm, lebar kait minimum 20 mm. jika perlu genteng dapat diberi lubang untuk paku, yang dilakukan pada kasau (usuk). Genteng harus mempunyai

penumpangan tepi yang lebarnya minimum 25 mm, dan dilengkapi dengan minimum satu alur air yang kedalamannya minimum 5 mm (Anonim,UGM).

Genteng harus mempunyai permukaan atas yang mulus, tidak terdapat retak, atau cacat lain yang mempengaruhi sifat pemakaian dan setiap jenis bentuknya harus seragam. Sesuai dengan tingkat mutunya, genteng harus memenuhi syarat kuat lentur sebagai berikut :

Tabel. 2.2 Mutu dan Kuat Lentur Minimum Genteng Beton

Tingkat Mutu	Kuat Lentur Rata-Rata dari 10 Genteng yang diuji (kg)	Kuat Lentur Masing-Masing Genteng (kg)
I	150	120
II	80	60

(Sumber: Anonim, 1992)

2.4.2 Semen Portland

Semen Portland ialah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan (PUBI – 1982).

Semen Portland merupakan bahan ikat yang penting dan banyak dipakai dalam pembangunan fisik. Di dunia sebenarnya terdapat berbagai macam semen, dan tiap macamnya digunakan untuk kondisi-kondisi tertentu sesuai dengan sifat-sifatnya yang khusus (Tjokrodimuljo, 1992).

Suatu semen jika diaduk dengan air akan terbentuk adukan pasta semen, sedangkan jika diaduk dengan air kemudian ditambah pasir menjadi mortar semen, dan jika ditambah lagi dengan kerikil / batupecah disebut beton.

Fungsi semen ialah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak / padat. Selain itu juga untuk mengisi rongga-rongga di antara butiran agregat. Walaupun semen hanya kira-kira mengisi 10 persen saja dari volume beton, namun karena merupakan bahan yang aktif maka perlu dipelajari maupun dikontrol secara ilmiah (Tjokrodimuljo, 1992).

Perbedaan sifat jenis semen satu terhadap semen yang lain dapat terjadi karena perbedaan susunan kimia maupun kehalusan butir-butirnya.

1. Susunan Kimia

Karena bahan dasarnya terdiri dari bahan-bahan yang terutama mengandung kapur, silika, alumina, dan oksida besi, maka bahan-bahan ini menjadi unsur-unsur pokok semennya. Sebagai hasil perubahan susunan kimia yang terjadi diperoleh susunan kimia yang kompleks, namun pada semen biasa dapat dilihat sebagaimana pada tabel. Oksida-oksida tersebut berinteraksi satu sama lain untuk membentuk serangkaian produk yang lebih kompleks selama proses peleburan.

Tabel. 2.3 Susunan Unsur Semen Biasa

Oksida	Persen
Kapur, CaO	60 – 65
Silika, SiO ₂	17 – 25
Alumina, Al ₂ O ₃	3 – 8
Besi, Fe ₂ O ₃	0,5 – 6
Magnesia, MgO	0,5 – 4
Sulfur, SO ₃	1 – 2
Soda / potash Na ₂ O + K ₂ O	0,5 – 1

(Sumber: Tjokrodimuljo, 1992)

2. Hidrasi Semen

Bilamana semen bersentuhan dengan air maka proses hidrasi berlangsung, dalam arah ke luar dan ke dalam, maksudnya hasil hidrasi mengendap di bagian luar dan inti semen yang belum terhidrasi di bagian dalam secara bertahap terhidrasi sehingga volumenya mengecil. Reaksi tersebut berlangsung lambat, antara 2 – 5 jam (yang disebut periode induksi atau tak aktif) sebelum mengalami percepatan setelah kulit permukaan pecah.

Proses hidrasi pada semen Portland sangat kompleks, tidak semua reaksi dapat diketahui secara rinci. Proses hidrasi butir-butir semen berlangsung sangat lambat. Bila masih dimungkinkan, penambahan air masih diperlukan oleh bagian dalam dari butir-butir semen (terutama yang berbutir besar), untuk menyempurnakan proses hidrasi.

3. Kekuatan Pasta Semen dan 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 persen dari berat semennya, penambahan jumlah air akan mengurangi kekuatan setelah mengeras. Air kelebihan dari yang diperlukan untuk proses hidrasi pada umumnya memang diperlukan pada pembuatan beton, agar adukan beton dapat bercampur dengan baik, diangkut dengan mudah, dan dapat dicetak tanpa rongga-rongga yang besar (tidak keropos). Akan tetapi, hendaknya selalu diusahakan jumlah air yang sesedikit mungkin, agar kekuatan beton tidak terlalu rendah. Kelebihan air akan mengakibatkan pasta semen berpori lebih banyak, sehingga hasilnya kurang kuat dan juga lebih berpori.

4. Sifat Fisik Semen

Semen Portland yang dipakai untuk struktur harus mempunyai kualitas tertentu yang telah ditetapkan agar dapat berfungsi secara efektif. Pemeriksaan secara berkala perlu dilakukan, baik yang masih berbentuk bubuk kering maupun yang pasta semennya yang sudah keras, juga betonnya yang dibuat dari semen tersebut. Sifat-sifat fisik semen yang penting yaitu :

a. Kehalusan Butir

Reaksi antara semen dan air dimulai dari permukaan butir-butir semen, sehingga makin luas permukaan butir-butir semen (dari berat semen yang sama) makin cepat proses hidrasinya. Hal ini berarti bahwa, butir-butir semen yang halus akan menjadi kuat dan menghasilkan panas hidrasi yang lebih cepat daripada semen dengan butir-butir yang lebih kasar. Namun jika terlalu halus, sifat semen akan menjadi kebalikannya, karena terjadi hidrasi awal oleh kelembaban udara.

b. Waktu Ikatan

Semen jika dicampur dengan air membentuk bubur yang secara bertahap menjadi kurang plastis, dan akhirnya menjadi keras. Waktu dari pencampuran semen dan air sampai saat kehilangan sifat keplastisannya disebut waktu ikatan awal, dan waktu sampai mencapai pastinya menjadi massa yang keras disebut waktu ikatan akhir.

c. Panas Hidrasi

Silikat dan aluminat pada semen bereaksi dengan air menjadi media perekat yang memadat lalu membentuk massa yang keras. Reaksi membentuk media perekat ini disebut hidrasi.

d. Berat Jenis

Berat jenis semen berkisar pada 3,15. Berat jenis bukan merupakan petunjuk kualitas semen, nilai ini hanya digunakan dalam hitungan perbandingan campuran.

2.4.3 Pasir

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

2.4.4 Air

Air merupakan bahan dasar pembuat beton yang penting namun harganya paling murah. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan (Tjokrodimuljo, 1992).

Air yang memenuhi persyaratan sebagai air minum memenuhi syarat pula untuk bahan campuran beton, namun tidak berarti air pencampur beton harus memenuhi standar persyaratan air minum. Adapun syarat minimal sebagai berikut:

1. Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram / liter.
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram / liter.
3. Tidak mengandung khlorida (Cl) lebih dari 0,5 gram / liter.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram / liter.

2.5 Logam Berat

Logam berat merupakan komponen alami tanah. Elemen ini tidak dapat didegradasi maupun dihancurkan. Logam berat masih termasuk golongan logam dengan kriteria-kriteria yang sama dengan logam-logam lain. Perbedaannya terletak dari pengaruh yang dihasilkan bila logam berat ini berikatan dan atau masuk ke dalam tubuh organisme hidup. Logam berasal dari kerak bumi yang berupa bahan-bahan murni, dan anorganik. Logam mula-mula diambil dari pertambangan dibawah (kerak bumi), yang kemudian dicairkan dan pemurnian logam tersebut yakni dari pencairan sampai menjadi logam dan sebagian terbuang kedalam lingkungan. Secara alami siklus perputaran logam dan kerak bumi kemudian kelapisan tanah, kemudian ke makhluk hidup (tanaman, hewan, manusia) ke dalam air, mengendap dan akhirnya ke kerak bumi.

Beberapa logam seperti Nikel (Ni), Mangan (Mn), Timah (Pb), Khrom (Cr), Seng (Zn), Tembaga (Cu), Besi (Fe), dan Mercury (Hg) adalah komponen penting dalam air meskipun terdapat dalam jumlah kecil. Beberapa jenis dari logam-logam ini ada yang justru diperlukan untuk pertumbuhan kehidupan biologis dan terkadang tidak adanya jenis logam kemungkinan dapat menghambat pertumbuhan algae, tetapi kelebihan sedikit saja dari jumlah logam-logam itu akan mengganggu biota aquatis karena terjadi keracunan. Maka perlu dilakukan langkah dan pengawasan guna mengurangi kadar konsentrasi logam-logam berat ini. Untuk itu dapat terdeteksi dengan cara Spektrofotometri Serapan Atom atau AAS.

Kandungan alamiah logam akan berubah-ubah tergantung berapa kadar pencemar akibat ulah manusia atau oleh perubahan alam seperti erosi. Walaupun demikian, ternyata kandungan logam dalam lingkungan oleh pengaruh pertambangan masih lebih besar dari pada akibat erosi alamiah (Darmono, 1995).

2.5.1 Pencemaran Logam Berat

Secara alamiah unsur atau senyawa logam berat terdapat di dalam air, sedimen, dan organisme laut, namun kadarnya rendah. Pada kondisi ini unsur atau senyawa logam berat tidak bersifat racun. Sifat racun logam berat akan timbul apabila kadarnya meningkat. Peningkatan kadar logam berat berkaitan erat dengan masuknya limbah yang mengandung logam berat.

Logam berat dalam jumlah berlebihan dapat bersifat racun. Hal ini disebabkan terbentuknya senyawa merkaptida antara logam berat dengan gugus –

SH yang terdapat dalam enzim, sehingga aktivitas enzim tidak berlangsung. Mekanisme toksisitas logam menurut Connel dan Miller (1995) dalam Ochiai (1997) adalah sebagai berikut :

1. Logam menahan gugus fungsi biologis yang esensial dalam biomolekul (misalnya protein dan enzim). Logam berikatan dengan gugus -SH (misalnya sistein) dan gugus yang mengandung nitrogen (misalnya lisin dan histidin imidazol).
2. Menggantikan ion logam esensial dalam biomolekul, misalnya menggantikan Zn^{2+} oleh Ni^{2+} yang mengakibatkan deaktivasi enzim.
3. Mengubah konfirmasi aktif biomolekul.

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

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

Menurut Sugeng Martopo (1989), logam berat berdasarkan sifat racunnya yang berdampak terhadap kesehatan manusia dapat dikelompokkan menjadi 4 golongan yaitu :

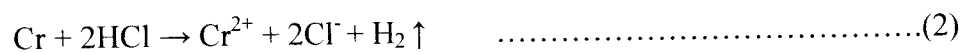
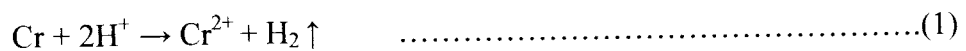
- a. Sangat racun, dapat menyebabkan kematian ataupun gangguan kesehatan yang tidak pulih dalam waktu singkat yaitu Pb, Hg, Cd, Cr, As, Sb, Ti, U, Be.

- b. Moderat, menyebabkan gangguan kesehatan baik yang dapat pulih maupun yang tidak dapat pulih dalam jangka waktu yang relative lama yaitu : Ba, Be, Cu, Au, Li, Mn, Va, Co, Rb.
- c. Kurang beracun, dalam jumlah besar mengakibatkan gangguan kesehatan yaitu : Bi, Co, Fe, Ca, Mg, Ni, K, Ag, Ti, Zn.
- d. Tidak beracun, tidak menimbulkan gangguan yaitu : Al, Na, Sr, Ca.

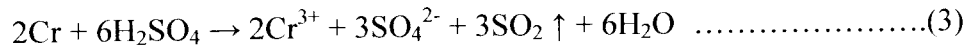
2.5.2 Khromium (Cr)

Khromium (Cr) merupakan logam kristalin berbahaya di permukaan bumi yang berwarna putih dan dijumpai dalam kondisi oksida antara Cr(II) sampai Cr(VI). (Soemirat, 1994) Khromium sebenarnya tidak toksik, tetapi senyawanya sangat iritan dan korosif, menimbulkan ulcus yang dalam pada kulit dan selaput lendir. Inhalasi Cr dapat menimbulkan kerusakan pada tulang hidung.

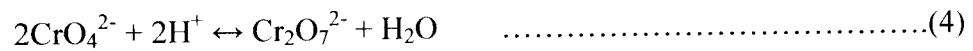
Sifat-sifat khrom yakni mempunyai tiga bilangan oksida, 2+, 3+ dan 6+ dimana logam ini tidak dapat teroksidasi oleh udara yang lembab, dan bahkan pada proses pemanasan cairan logam Cr teroksidasi dalam jumlah yang sangat sedikit sekali. Khrom juga mempunyai titik lebur pada 1765°C sehingga bersifat tahan karat. Logam ini larut dalam asam klorida encer atau pekat. Jika tak terkena udara, akan terbentuk ion-ion khromium (II) :



Dalam asam sulfat pekat panas, khromium melarut dengan mudah, pada mana ion-ion khromium (III) dan belerang dioksida terbentuk :



Khromat juga mudah diubah menjadi dikromat dengan penambahan asam :



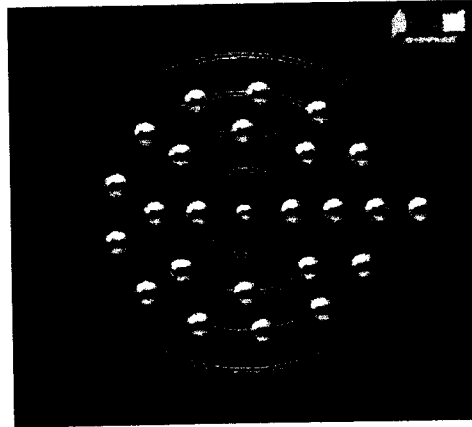
Reaksi ini reversibel. Dalam larutan netral (basa) ion kromat stabil, sedangkan jika diasamkan, akan terdapat terutama ion-ion dikromat (Setiono, 1990).

Sesuai dengan tingkat valensi yang dimilikinya, logam atau ion-ion khromium yang telah membentuk senyawa, mempunyai sifat-sifat yang berbeda-beda sesuai dengan tingkat ionitasnya. Senyawa yang terbentuk dari ion logam Cr^{2+} akan bersifat basa, dari ion logam Cr^{3+} akan bersifat ampoter, dan dari ion logam Cr^{6+} akan bersifat asam (Palar, 2004). Adapun bentuk-bentuk penurunan dari ion-ion logam :

Tabel. 2.4 Bentuk Penurunan Ion Logam Khrom

Oksida	Formula	Bentuk ion
Khrom (II) oksida	CrO	Cr^{2+}
Khrom (III) oksida	Cr_2O_3	Cr^{3+}
		$\text{Cr}(\text{OH})_4^-$ (khromit)
Khrom (VI) oksida	CrO_3	CrO_4^{2-} (khromat)
		$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ (dikromat)

(Sumber: Setiono, 1990)



Gambar. 2.1 Struktur Sel Khrom

Kontaminasi logam khrom (Cr) bisa terjadi melalui :

a. Penghisapan udara tercemar

Dengan menghisap udara tercemari khrom akan mengakibatkan peradangan dan kanker paru-paru. Di Amerika kasus-kasus menyebabkan kematian sebesar 4 kali angka kematian dari kasus yang serupa.

b. Kontak langsung

Bisul merupakan salah satu ciri luka yang diakibatkan oleh kontak dengan khrom pada kulit, dimana luka akan membengkak bernanah selama beberapa minggu. Selain itu karakter luka akibat kontak dengan khrom dapat pula berupa luka pada hidung, lalu merambat ke selaput lender dan pembengkakan pada saluran pernafasan.

c. Makanan dan minuman

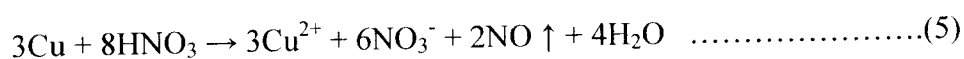
Khrom yang masuk ke dalam tubuh melalui air minum akan tertumpuk di liver, limfa dan ginjal secara bersama. Dan dalam waktu yang panjang akan

mengendap dan menimbulkan kanker. Selain itu khrom dapat dengan cepat tersebar ke dalam pembuluh darah.

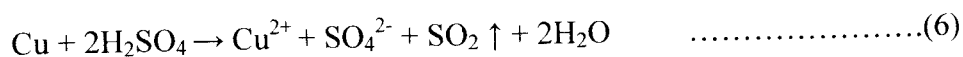
2.5.3 Tembaga (Cu)

Tembaga (Cu) adalah logam merah muda yang lunak, merupakan penghantar yang baik untuk listrik dan panas. Unsur tembaga di alam, dapat ditemukan dalam bentuk logam bebas, akan tetapi lebih banyak ditemukan dalam bentuk persenyawaan atau sebagai senyawa padat dalam bentuk mineral. Sebenarnya Cu diperlukan bagi perkembangan tubuh manusia. Tetapi, dalam dosis tinggi dapat menyebabkan gejala ginjal, hati, muntaber, pusing kepala, lemah, anemia, kramp, shock, coma, dan dapat meninggal. Dalam dosis rendah menimbulkan rasa kesat, warna, dan korosi pada pipa dan peralatan dapur.

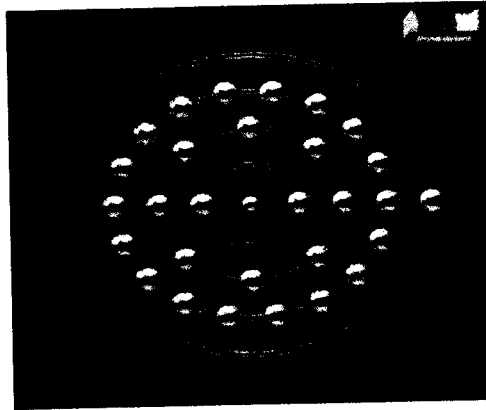
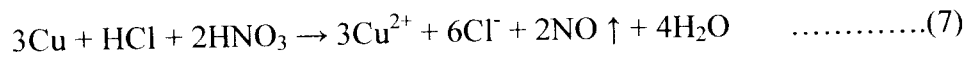
Sifat-sifat tembaga yakni lunak mudah dibentuk, melebur pada suhu 1038°C. Mempunyai dua jenis ion yang dapat membentuk kompleksion-kompleksion yang sangat stabil. (Palar, H, 2004) Logam Cu dan beberapa bentuk persenyawaannya, seperti CuO, CuCO₃, Cu(OH)₂, dan Cu(CN)₂ tidak dapat larut dalam air dingin atau panas, tetapi mereka dapat dilarutkan dalam asam. Logam Cu itu sendiri, dapat dilarutkan dalam senyawa asam sulfat (H₂SO₄) panas dan dalam larutan basa NH₄OH.



Asam sulfat pekat panas juga melarutkan tembaga :



Tembaga mudah juga larut dalam air raja :



Gambar. 2.2 Struktur Sel Tembaga

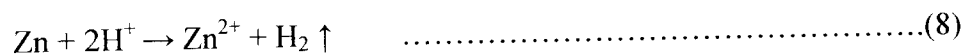
Logam berat Cu digolongkan ke dalam logam berat dipentingkan atau logam berat essential, artinya meskipun Cu merupakan logam berat beracun, unsur logam ini sangat dibutuhkan tubuh meski sedikit. Toksisitas yang dimiliki oleh Cu baru akan bekerja dan memperlihatkan pengaruhnya bila logam ini telah masuk ke dalam tubuh organisme dalam jumlah besar atau melebihi nilai toleransi organisme tersebut.

Tembaga berperan khususnya dalam beberapa kegiatan enzim pernafasan sebagai enzim tirosinase dan sitokrom oksidase. Tembaga juga diperlukan dalam proses pertumbuhan sel-sel darah merah yang masih muda, bila kekurangan tembaga, sel darah merah yang dihasilkan akan berkurang.

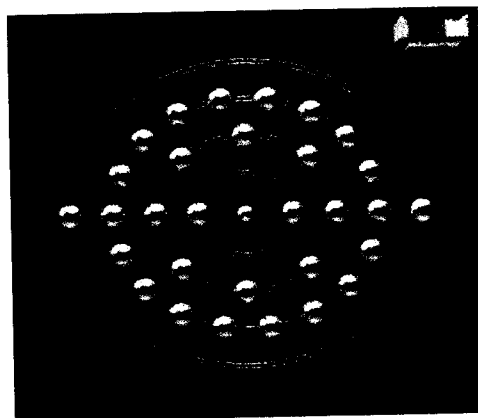
2.5.4 Seng (Zn)

Seng (Zn) adalah logam yang putih kebiruan, merupakan merupakan metal yang mudah didapat antara lain pada industri alloy, keramik, kosmetik, pigmen, dan karet. Seng juga dibutuhkan oleh tubuh antara lain darah, hati, pancreas, ginjal, untuk proses metabolisme.

Sifat-sifat seng (Zn) antara lain mudah ditempa dan liat pada 110-150°C, melebur pada 410°C, dan mendidih pada 906°C. Logamnya yang murni, melarut lambat dalam suasana asam dan alkali. Dengan adanya zat-zat pencemar atau kontak dengan platinum atau tembaga, akan mempercepat reaksi. Seng sangat mudah larut dalam asam klorida encer dan asam sulfat encer dengan mengeluarkan hidrogen :



Pelarutan akan terjadi dalam asam nitrat yang encer sekali.



Gambar. 2.3 Struktur Sel Seng

Zn termasuk jenis logam berat yang sangat toksik, mudah larut serta relatif sering ditemukan di lingkungan. Dapat masuk ke dalam tubuh melalui mulut,

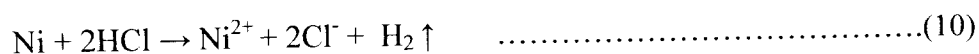
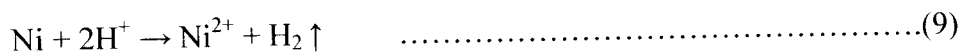
hidung, atau terserap lewat kulit. Setelah masuk tubuh, logam tersebut akan mengalir bersama aliran darah dan beredar ke seluruh tubuh. Hal ini kemungkinan akan mengganggu fungsi darah di dalam hati.

2.5.5 Nikel (Ni)

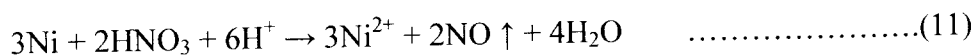
Nikel (Ni) adalah logam putih perak yang keras. Bersifat liat, dapat ditempa dan sangat kukuh. Logam ini melebur pada 1455°C, dan bersifat sedikit magnetis (Setiono, 1990). Biasanya nikel terdapat bersama besi dan kobalt.

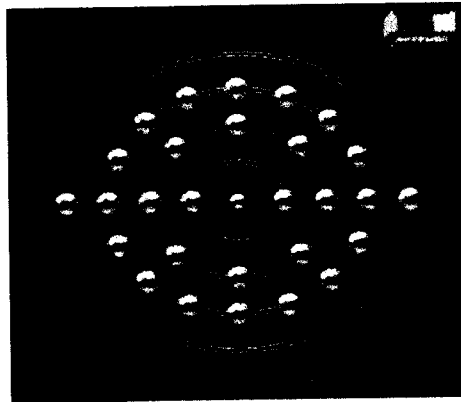
Nikel banyak digunakan untuk pembuatan uang logam, baterai, bahan elektronika, alat laboratorium, prosesi makanan, alloy baja, dan stainless steel. Nikel banyak ditemukan dalam sayur-sayuran, kacang-kacangan, dan biji-bijian. Jika unsur nikel terdapat dalam tubuh manusia jumlahnya melebihi 10 mg sudah cukup mengganggu tubuh. Bila terkena atau keracunan nikel akibat yang timbul kebanyakan adalah dermatitis, terutama bila langsung kontak dengan nikel misalnya memegang uang logam atau perhiasan dari nikel.

Asam klorida (encer maupun pekat) dan asam sulfat encer, mampu melarutkan nikel dengan membentuk hidrogen :



Reaksi-reaksi ini dipercepat jika larutan dipanaskan. Asam nitrat encer dan pekat melarutkan nikel dengan mudah dalam keadaan dingin :





Gambar. 2.4 Struktur Sel Nikel

Senyawa nikel yang paling toksik adalah Nikel Karbonil, ini merupakan hasil reaksi nikel atau senyawanya dengan karbon monoksida. Keracunan nikel dapat terjadi dalam tiga bentuk, yaitu :

1. Kontak langsung dengan larutan garam nikel, ini terjadi pada daerah pengolahan/peleburan biji besi atau galvanisasi, dapat menyebabkan dermatitis.
2. Menghirup persenyawaan Ni-karbonil yang merupakan gas beracun, menimbulkan Bronchopneumonia, Hemorrhagika hingga kematian.
3. Menghirup debu Nikel, ini akan menimbulkan tumor ganas (kanker) pada paru-paru.

2.5.6 Timbal (Pb)

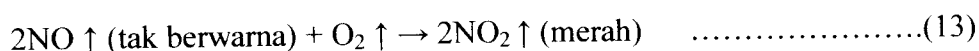
Timbal (Pb) adalah logam yang berwarna abu-abu kebiruan. Selain dalam bentuk logam murni, timbal dapat ditemukan dalam bentuk senyawa inorganik dan organik. Bentuk organik seperti tetra etil-Pb dan tetra metal-Pb (TEL &

TML), menyebabkan pengaruh toksisitas yang sama, tetapi agak berbeda dengan bentuk senyawa inorganik-Pb.

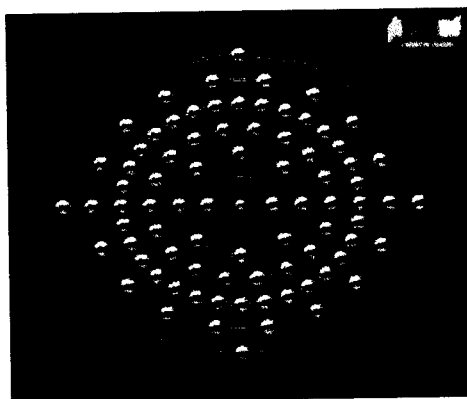
Timbal (Pb) mempunyai sifat mudah melarut dalam asam nitrat yang sedang pekatnya (8M), dan terbentuk juga nitrogen oksida :



Gas nitrogen (II) oksida yang tak berwarna, bila tercampur dengan udara, akan teroksidasi menjadi nitrogen dioksida yang merah :



Dengan asam nitrat pekat, terbentuk lapisan pelindung berupa timbal nitrat pada permukaan logam, yang mencegah pelarutan lebih lanjut (Setiono, 1990).



Gambar. 2.5 Struktur Sel Timbal

Pada zaman dahulu Pb banyak digunakan sebagai konstituen di dalam cat, baterai, dan saat ini banyak digunakan dalam bensin. Pb organik (TEL) sengaja ditambahkan ke dalam bensin untuk meningkatkan nilai oktan (Soemirat,1994). Kandungan toksisitas Pb masih cukup tinggi, baik dalam industri keramik, tanah liat, dan cat (Darmono, 2001).

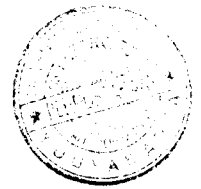
2.6 Lindi/Leachate

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

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

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

TCLP menjadi bagian dari aturan karakteristik toksisitas. Toksisitas adalah satu dari empat karakteristik yang digunakan untuk menentukan jika suatu limbah padat, tidak termasuk limbah berbahaya, atau digolongkan sebagai limbah berbahaya. Tiga karakteristik yang lain adalah ignitabilas, corrosivas, dan kereaktifan. Prosedur karakteristik toksisitas pelepasan/lindi ditempatkan; terletak



di : Uji metoda untuk mengevaluasi limbah padat, SW-846 metoda 1311, july 1992.

Metode TCLP untuk menilai resiko karakteristik toksisitas limbah berbahaya yang berada dengan sampah didalam *landfill* pada air tanah. TCLP terdiri atas empat prosedur pokok:

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

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

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

2.7 Kuat Lentur Genteng Beton

Pada penampang balok dilakukan pengujian regangan, tegangan, dan gaya-gaya yang timbul akibat menahan momen batas, yaitu momen akibat beban luar yang timbul tepat pada saat terjadi hancur. Momen ini mencerminkan kekuatan dan di masa lalu disebut sebagai kuat lentur ultimit balok. Kuat lentur suatu balok beton tersedia karena berlangsungnya mekanisme *tegangan-tegangan dalam* yang timbul di dalam balok yang pada keadaan tertentu dapat diwakili oleh *gaya-gaya dalam* (Dipohusodo, 1994).

Rumus :

$$\sigma = \frac{(M \times Y)}{I} \dots\dots\dots(14)$$

$$M = \frac{1}{4} P \times L \dots\dots\dots(15)$$

$$Y = \frac{1}{2} \times h \dots\dots\dots(16)$$

$$I = \frac{1}{12} \times b \times (h)^3 \dots\dots\dots(17)$$

Dimana :

- σ = Tegangan Ijin
- M = Momen
- I = Inersia
- Y = Tinggi momen
- P = Beban Patah (Hasil Uji)
- L = Panjang Benda Uji
- h = Tinggi Benda Uji

2.8 Hipotesa

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

1. Limbah katalis RCC-15 PT. Pertamina unit (UP) VI Balongan dapat dipergunakan untuk mensubstitusikan semen dalam pembuatan genteng beton.
2. Solidifikasi limbah katalis RCC-15 PT. Pertamina unit (UP) VI Balongan dengan pembuatan genteng beton tidak hanya terjadi pengikatan hidrolis tetapi juga mampu mengikat logam-logam berat yang kemungkinan terlepas di lingkungan.
3. Genteng beton yang terbentuk dapat memenuhi standar SNI bahan bangunan.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian yang dipakai adalah laboratorium BKT FTSP UII, laboratorium Teknik Lingkungan dan laboratorium terpadu Universitas Islam Indonesia. Adapun lokasi pencetakan genteng beton berlokasi di PT. Diamond Baru, jalan Magelang km 7,2 Yogyakarta.

3.2 Waktu Penelitian

Waktu penelitian dimulai dari bulan Juni 2005 sampai bulan Agustus 2005 selanjutnya penulis mengolah data dan kemudian menyusun tugas akhir sampai selesai.

3.3 Bahan dan Alat

3.3.1 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

1. Limbah katalis adalah berasal dari PT. Pertamina UP VI Balongan yang diambil dari hasil proses penyulingan minyak bumi.
2. Bahan pengikat berupa semen portland tipe 1 dengan merk Nusantara.
3. Bahan susun pasir yang bersumber dari lereng gunung berapi, mill yang berasal dari pecahan batu marmer dengan merk Jempol, dan air yang berasal dari PDAM.

4. Aquadest
5. Asam asetat
6. NaOH 1 N

3.3.2 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

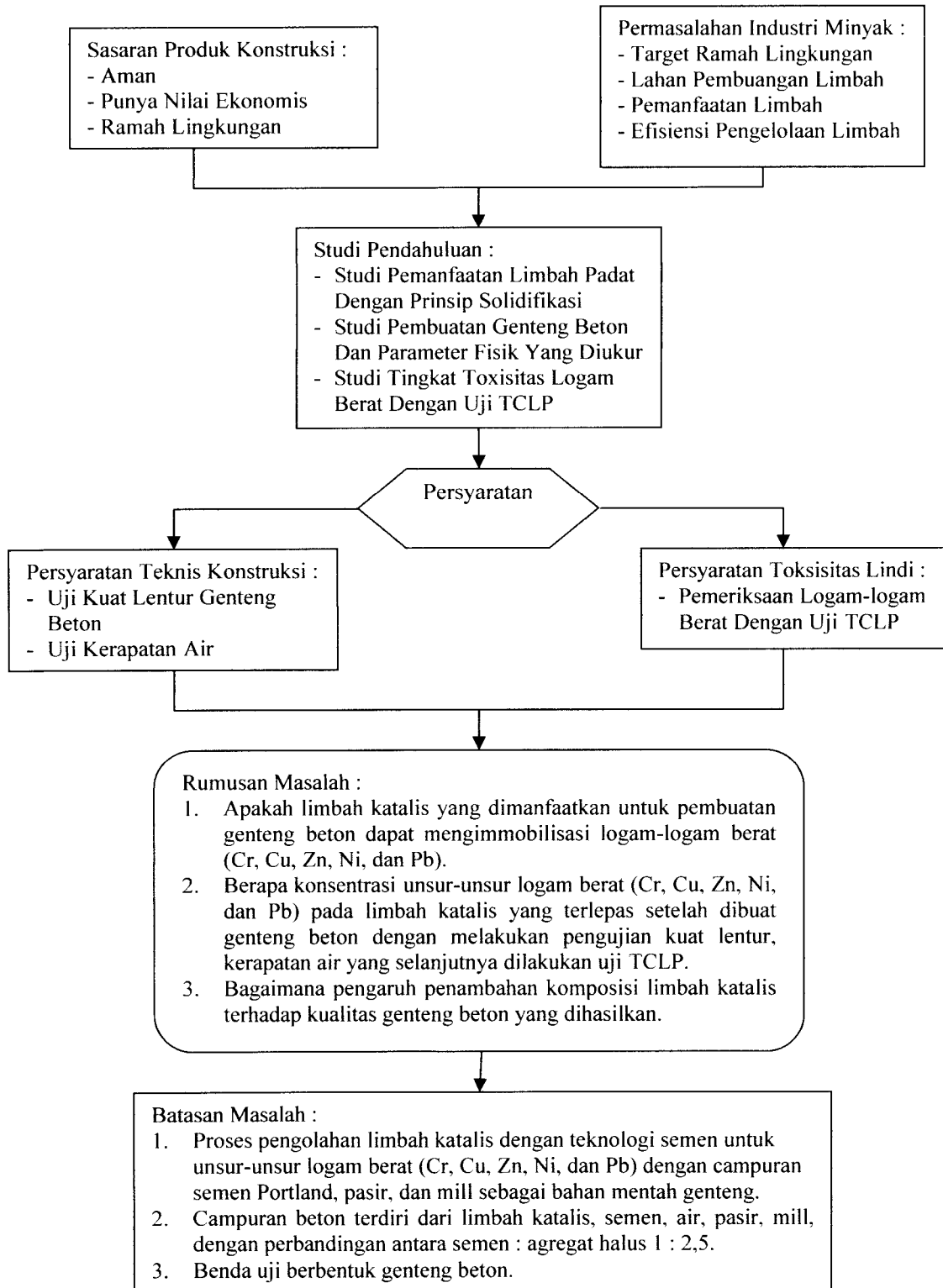
1. Alat pencampur (*mixer*)
2. Cetakan genteng beton ukuran 42 x 36 cm
3. Mesin *press*
4. Alat uji kuat lentur merk Shimadzu
5. Pengaduk mekanik
6. AAS (*Atomic Absorption Spectrofotometer*)

3.4 Variabel Yang Diteliti

1. Variabel terikat yaitu analisa kuat lentur, kerapatan air, dan logam berat dengan TCLP.
2. Variabel bebas yaitu :
 - a. Variabel unsur yang dianalisa berupa logam berat Cr, Cu, Zn, Ni, dan Pb.
 - b. Variabel perbandingan adalah campuran pembuatan benda uji genteng beton (dengan perbandingan semen : pasir : mill = 1 : 2,5 : 1 dibuat enam formula), proporsi limbahnya 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% dari semen Portland.

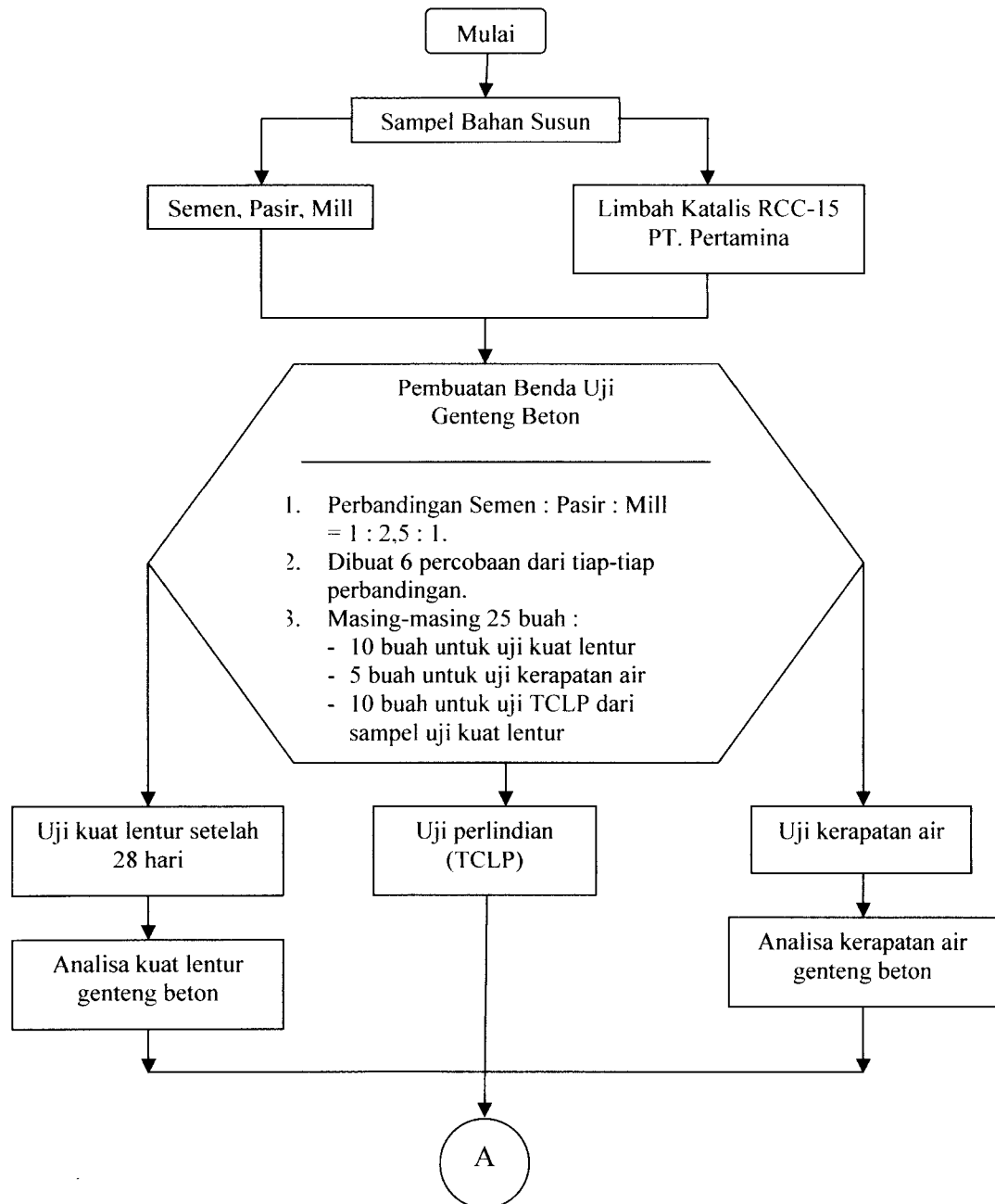
3.5 Prosedur Kerja

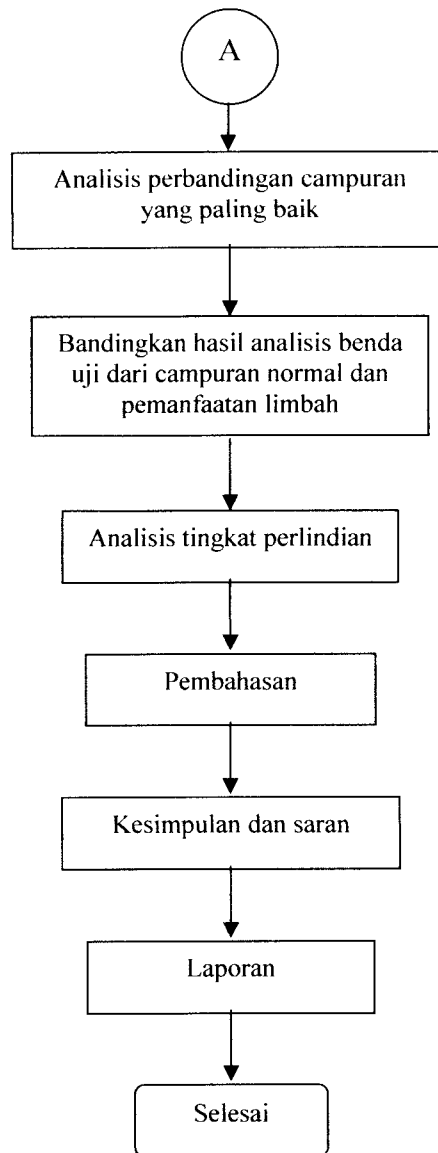
3.5.1 Diagram Alir Kerangka Pemikiran



Gambar 3.1 Diagram Alir Kerangka Pemikiran

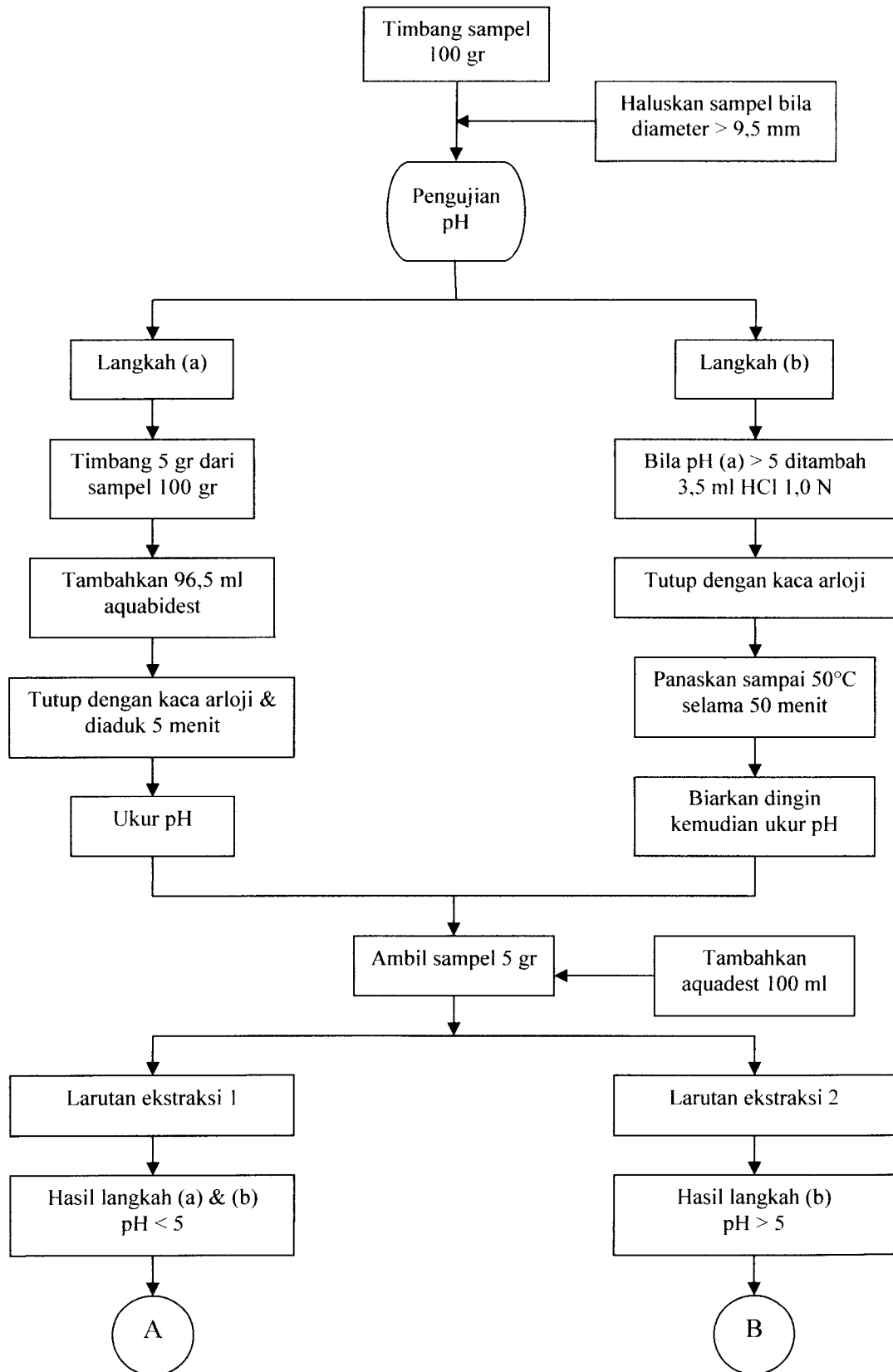
3.5.2 Tahapan Penelitian dan Analisa Data

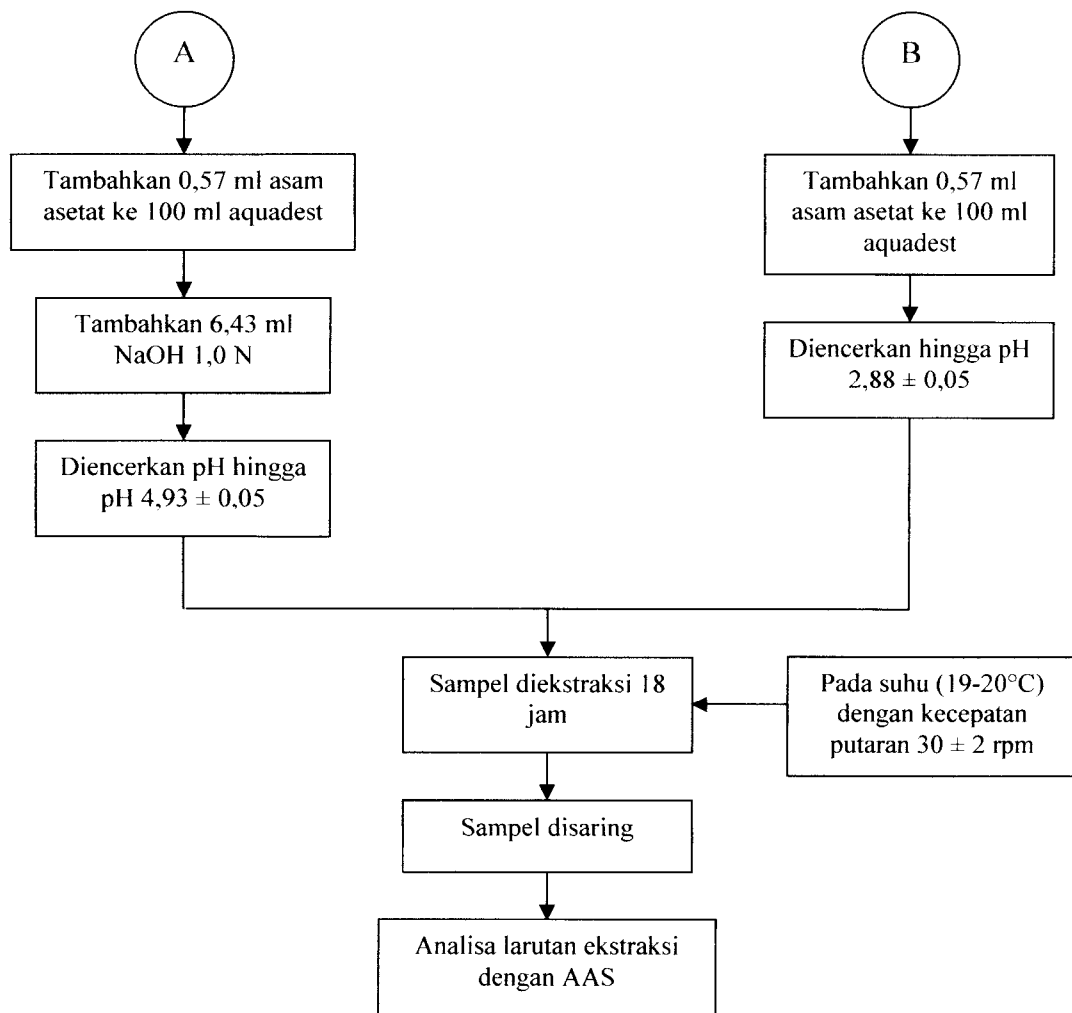




Gambar 3.2 Tahapan Penelitian dan Analisis Data

3.5.3 Pelaksanaan Analisa TCLP





Gambar 3.3 Pelaksanaan Analisa TCLP

Benda uji yang dibuat dan digunakan adalah genteng dengan jenis genteng beton. Dengan ukuran sampel sebagai berikut :

Panjang = 42 cm

Lebar = 36 cm

Tebal = 2,5 cm

Berat = ± 4,5 kg

Gambar. 3.4 Tipe Sampel Genteng Beton

Berikut penentuan komposisi sampel yang selanjutnya dilakukan uji fisik genteng dan uji TCLP, masing-masing 5 sampel untuk uji fisik.

Tabel 3.1 Komposisi Bahan Susun Genteng Beton

Formula	Kebutuhan Bahan 1 unit Genteng Beton (kg)				Kebutuhan Bahan 25 unit Genteng Beton (kg)			
	Semen	Pasir	Mill	Katalis	Semen	Pasir	Mill	Katalis
F 1	1	2,5	1	0	25	62,5	25	0
F 2	0,9	2,5	1	0,1	22,5	62,5	25	2,5
F 3	0,8	2,5	1	0,2	20	62,5	25	5
F 4	0,7	2,5	1	0,3	17,5	62,5	25	7,5
F 5	0,6	2,5	1	0,4	15	62,5	25	10
F 6	0,5	2,5	1	0,5	12,5	62,5	25	12,5

(Sumber: Data Primer, 2005)

3.6 Pelaksanaan Penelitian

3.6.1 Pemeriksaan Bahan Susun Terhadap Karakteristik Fisika

Pada limbah katalis dilakukan pemeriksaan terhadap karakteristik fisika :

1. Analisa berat jenis (SK SNI M-10-1989-F)
2. Analisa berat volume (SK SNI M-08-1989-F)
3. Analisa modulus kehalusan (SK SNI M-10-1989-F)
4. Analisa kadar air

3.6.2 Perencanaan Kebutuhan Bahan Susun

Adapun dalam penelitian ini dimensi genteng beton yang digunakan adalah (42 x 36 x 2,5) cm, sehingga volume genteng beton adalah 0,00378 m³. Dalam penelitian ini akan dibuat enam percobaan masing-masing percobaan dibuat sebanyak 25 unit genteng beton, adapun kebutuhan bahan susunnya adalah sebagai berikut :

Tabel 3.2 Perencanaan Kebutuhan Bahan Susun Genteng Beton

Benda Uji	Bahan Mentah Genteng Beton			
	Katalis (gr)	Semen (20%) (gr)	Pasir (60%) (gr)	Mill (20%) (gr)
0% (normal)	0	1000	2500	1000
10% limbah	100	900	2500	1000
20% limbah	200	800	2500	1000
30% limbah	300	700	2500	1000
40% limbah	400	600	2500	1000
50% limbah	500	500	2500	1000

(Sumber : Data Primer, 2005)

3.6.3 Pembuatan Benda Uji

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

1. Bahan susun yang sudah disiapkan ditimbang beratnya sesuai dengan variasinya, kemudian dimasukkan dalam mixer dan diaduk dalam kondisi kering sampai adukan homogen.
2. Adukan ditambahkan air, kemudian diaduk lagi sampai rata.
3. Adukan dimasukkan dalam cetakan demi sedikit sampai cetakan penuh. Setelah penuh adukan dipadatkan dengan menggunakan mesin press hingga padat.
4. Cara melepaskan adukan dari cetakan genteng yaitu alas dari cetakan diberi papan yang rata, kemudian cetakan dibalik dan ditekan hingga adukan yang sudah berbentuk genteng keluar. Maksud digunakannya papan tersebut selain berfungsi sebagai alas genteng juga untuk menghindarkan agar tidak terjadi retak pada genteng.

3.6.4 Pelaksanaan Pengujian

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

1. Kuat lentur pada genteng beton
2. Kerapatan air
3. Pengujian pelindian (*leachate*) dilakukan dengan metode *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* (TCLP).

3.7 Analisis Data

3.7.1 Analisis Teknis

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

1. Kuat lentur genteng beton yang paling maksimum atau minimal sama dengan pembanding yang telah melakukan pengujian.
2. Kerapatan air genteng beton yang paling maksimum.

3.7.2 Analisis Perlindian

Dilakukan uji TCLP dan dilihat dari masing-masing perbandingan sampai sejauh mana tingkat perlindian pada logam-logam berat hasil solidifikasi limbah katalis RCC-15 PT. Pertamina unit (UP) VI Balongan apakah masih dibawah baku mutu TCLP yang telah ditetapkan atau melebihi baku mutu. Adapun untuk menentukan efisiensinya dengan rumus sebagai berikut :

$$E = \frac{(C1 - C2)}{C1} \times 100\% \dots\dots\dots(18)$$

dimana : E = Efisiensi immobilisasi logam berat (%)

C1 = Konsentrasi awal (mg)

C2 = Konsentrasi akhir (mg)

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pemeriksaan Bahan Susun

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

Tabel. 4.1 Hasil Analisa Fisik Limbah Katalis

No	Parameter	Hasil Penelitian
1	Berat Jenis	2,445 gr/ml
2	Modulus Kehalusan	0,643
3	Berat Volume	0,32 gr/cm ³

(Sumber : Data Primer, 2005)

Tabel 4.2 Hasil Analisa Kimia Limbah Katalis

No	Parameter	Hasil Penelitian	P.P No. 85 Thn. 1999
1	Pb	35,250 mg/l	5,0 mg/l
2	Cr	18,627 mg/l	5,0 mg/l
3	Cu	16,734 mg/l	10,0 mg/l
4	Zn	19,379 mg/l	50,0 mg/l
5	Ni	12750 mg/l ± 250,00 mg/l	-

(Sumber : Data Primer, 2005)

Untuk semen portland I, berat jenisnya sebesar $3,15 \text{ ton/m}^3$ (sumber pabrik). Tujuan dari diselidiki nilai gradasi/modulus halus agregat pasir dan limbah adalah untuk diketahuinya nilai gradasi yang telah disyaratkan agar didapatkan genteng beton dengan kemampuan tinggi. Modulus halus butir adalah angka yang menunjukkan tingkat kehalusan dan kekasaran agregat, semakin besar nilai modulus halus butir menunjukkan bahwa pasir/limbah tersebut semakin kasar.

Berat jenis rendah umumnya menunjukkan, bahwa bahannya berpori, lemah dan bersifat menyerap air banyak. Sedang berat jenis tinggi umumnya menunjukkan bahwa kualitas bahannya umumnya baik (A. Antono, 1988).

4.2 Kuat Lentur Genteng Beton

Dari pengujian terhadap benda uji genteng beton dengan umur 28 hari didapat kuat lentur rata-rata seperti pada tabel 4.4 untuk data hasil perhitungannya terdapat pada lampiran.

Tabel 4.3 Standar Kuat Lentur Rata-rata

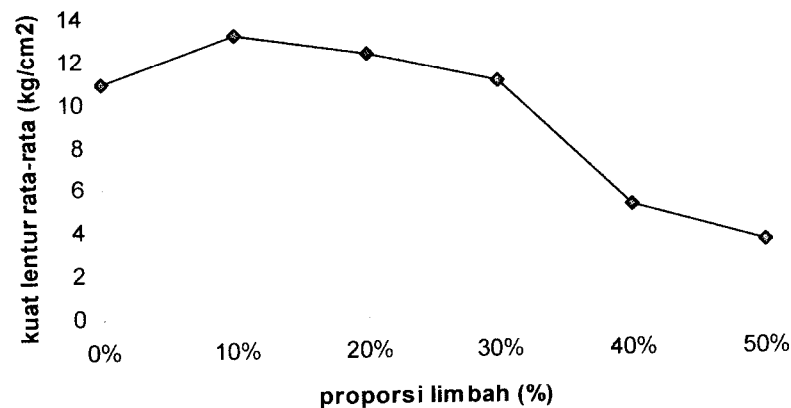
No.	Mutu Genteng	Kuat Lentur Rata-rata
1.	Tingkat I	$20,67 \text{ kg/cm}^2$
2.	Tingkat II	$10,33 \text{ kg/cm}^2$

(Sumber : SII. 0447-81)

Tabel 4.4 Kuat Lentur Rata-rata Genteng Beton umur 28 hari

No.	Benda Uji	Kuat Lentur Rata-rata (kg/cm ²)
1.	0% (normal)	10,97
2.	10% limbah	13,20
3.	20% limbah	12,33
4.	30% limbah	11
5.	40% limbah	5,12
6.	50% limbah	3,38

(Sumber : Data Primer, 2005)



Gambar 4.1 Kuat Lentur Rata-rata Berbagai Proporsi Limbah

Berdasarkan data yang didapat seperti tertera diatas menunjukkan bahwa pada percobaan pertama atau dengan porsi limbah 0% (sebagai pembanding) didapat kuat lentur rata-rata sebesar 10,97 kg/cm², data yang didapat ini apabila dibandingkan dengan genteng yang ada di pasaran (SII. 0447-81) dapat digolongkan genteng tingkat II. Untuk percobaan kedua dengan penambahan limbah sebesar 10% didapat nilai kuat lenturnya sebesar 13,20 kg/cm² yang juga tergolong genteng tingkat II. Begitu juga untuk penambahan limbah 20% dan 30%

didapat kuat lentur rata-rata $12,33 \text{ kg/cm}^2$ dan 11 kg/cm^2 yang masih dapat digolongkan genteng tingkat II.

Namun untuk percobaan kelima dan keenam dengan penambahan limbah sebesar 40% dan 50%, kuat lentur rata-rata yang didapat adalah di bawah genteng pembanding, sehingga tidak memenuhi persyaratan kuat lentur genteng tingkat II. Berdasarkan uraian diatas bahwa dengan penambahan limbah 10% kuat lentur yang didapatkan adalah yang paling besar dibandingkan dengan penambahan limbah lainnya sedangkan dengan penambahan limbah 50% kuat lentur yang didapatkan adalah yang paling kecil hal ini dapat dilihat bahwa dengan semakin banyak porsi limbah maka semakin menurun nilai kuat lenturnya, jadi campuran untuk mendapatkan kuat lentur yang paling baik adalah dengan penambahan limbah 10%.

Dalam penelitian ini pengujian dilakukan pada umur beton 28 hari karena pada umur 28 hari ini kuat lentur yang didapatkan 100%, pada umumnya kuat lentur beton/genteng bertambah tinggi dengan bertambahnya umur, yang dimaksudkan umur disini dihitung sejak genteng beton dibuat. Selain umur mutu genteng beton juga dipengaruhi agregat terutama bentuk, tekstur permukaan, dan ukuran butirannya, pengaruh kekuatan agregat sendiri terhadap kekuatan beton/genteng tidak begitu besar karena umumnya kekuatan agregat lebih tinggi dari pada kekuatan pasta semennya. Jika ukuran agregat lebih besar maka luas permukaan agregat lebih kecil, sehingga lekatan antara pasta dan permukaan agregat lebih lemah, akibatnya kekuatan beton lebih rendah, lagi pula butir agregat yang besar menyebabkan tertahannya proses susutan pada pastanya, yang

berarti menimbulkan adanya tegangan internal dalam pasta, sehingga mengurangi kekuatan betonnya (Tjokrodimuljo, 1992).

Dari pernyataan diatas diketahui butiran limbah katalis lebih besar daripada pasir hal ini memungkinkan terjadinya penurunan mutu kuat lentur dari genteng beton tersebut, seperti pada data mutu kuat lentur untuk masing-masing penambahan limbah dengan semakin banyak porsi limbah yang ditambahkan maka mutu kuat lenturnya menurun karena banyaknya kuantitas limbah akan mengurangi lekatan secara fisik dengan pasta semen.

4.3 Kerapatan Air Genteng Beton

Dari hasil analisa kerapatan air rata-rata yang dilakukan selama 4 jam, dengan menggunakan malam (lilin) sebagai dinding penampung air dengan ukuran 16 x 8 x 5 cm dapat dilihat pada tabel 4.5, dan tinggi permukaan air ini tetap dijaga dengan penambahan air bila tingginya kurang dari 5 cm.

Adapun standar kerapatan air adalah tidak tetes selama 24 jam. Dalam hal genteng menjadi basah, tetapi tidak terjadi tetesan air, maka dapat dinyatakan bahwa genteng tahan terhadap perembesan air (SII. 0447-81).

Tabel 4.5 Kerapatan Air Rata-rata Genteng Beton

No.	Benda Uji	Tetes	Tidak Tetes	Keterangan
1.	0% (normal)	-	√	air meresap, permukaan bawah genteng basah
2.	10% limbah	-	√	air meresap, permukaan bawah genteng tidak basah
3.	20% limbah	-	√	air meresap, permukaan bawah genteng tidak basah
4.	30% limbah	-	√	air meresap, permukaan bawah genteng tidak basah
5.	40% limbah	-	√	air meresap, permukaan bawah genteng tidak basah
6.	50% limbah	-	√	air meresap, permukaan bawah genteng basah

(Sumber : Data Primer, 2005)

Berdasarkan data yang didapat seperti tertera diatas menunjukkan bahwa permukaan bawah genteng pada benda uji normal (tanpa limbah) dan 50% limbah basah, namun dalam waktu 4 jam tidak ada air yang menetes. Sedangkan untuk genteng pada benda uji 10 – 40% limbah tidak basah dan tidak menetes selama 4 jam. Hal ini terjadi karena kemampuan daya ikat katalis pada penambahan limbah 10 – 40% lebih tinggi.

Pada penelitian ini hasil uji kerapatan air yang diperoleh tidak dapat dibandingkan dengan standar, karena waktu pengujian hanya selama 4 jam.

4.4 Pelindian Hasil Solidifikasi

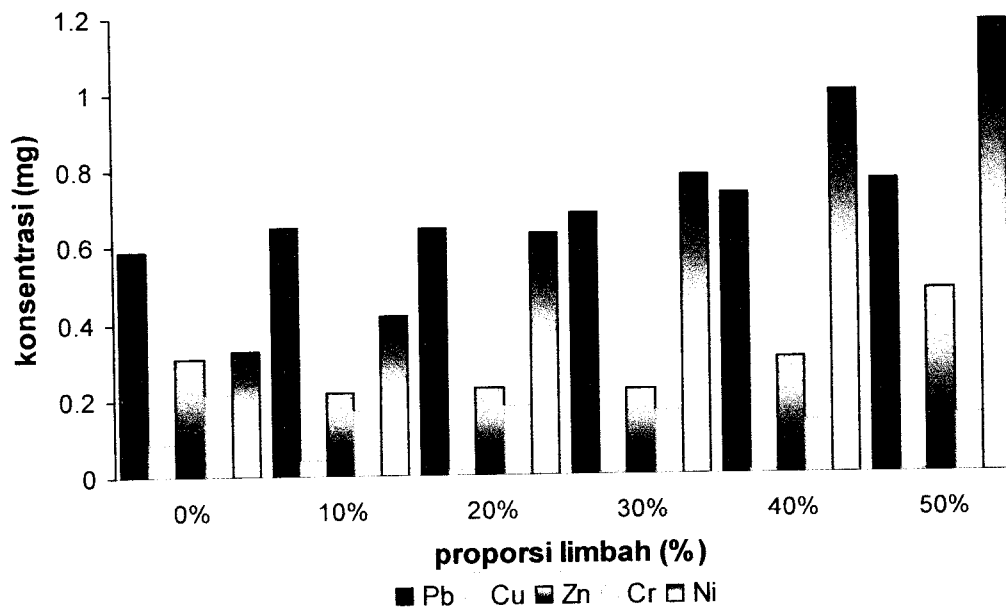
Analisa ini dilakukan untuk mengetahui tingkat keamanan bagi kesehatan dan lingkungan mengingat bahan tambahan yang digunakan adalah limbah dari proses penyulingan minyak mentah. Untuk maksud tersebut dilakukan uji lindi

(TCLP) terhadap produk genteng beton yang dihasilkan, dan hasil analisisnya dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

Tabel. 4.6 Hasil Analisa TCLP

Benda Uji	Hasil Analisa TCLP Rata-rata (mg/l)				
	Pb	Cu	Zn	Cr	Ni
0% (normal)	0,586	0,086	0,306	0,215	0,329
10% limbah	0,650	0,042	0,216	0,171	0,417
20% limbah	0,644	0,016	0,230	0,179	0,630
30% limbah	0,684	0,005	0,223	0,168	0,782
40% limbah	0,734	0,010	0,304	0,138	1,002
50% limbah	0,768	0,003	0,480	0,153	1,179

(Sumber : Data Primer, 2005)



Gambar 4.2 Pelindian Logam Berat Rata-rata Dalam Genteng Beton

Dalam proses uji TCLP sebelumnya dilakukan pengukuran pH terlebih dahulu yakni pengukuran pH genteng beton seperti tertera pada tabel 4.7 dan juga dilakukan pengukuran pH dalam larutan ekstraksi seperti tertera pada tabel 4.8 sebagai berikut :

Tabel. 4.7 Nilai pH Dalam Genteng Beton

No	Benda Uji	pH Dalam Genteng Beton			Rata-rata
		I	II	III	
1	0% (normal)	11,95	11,87	11,87	11,90
2	10% limbah	11,89	11,98	11,89	11,92
3	20% limbah	11,81	11,92	11,84	11,86
4	30% limbah	11,43	11,37	11,29	11,36
5	40% limbah	11,31	11,37	11,23	11,30
6	50% limbah	10,61	10,80	10,87	10,76

(Sumber : Data Primer, 2005)

Tabel. 4.8 Nilai pH Dalam Larutan Ekstraksi

No	Benda Uji	pH Dalam Larutan Ekstraksi			Rata-rata
		I	II	III	
1	0% (normal)	5,12	5,18	5,30	5,20
2	10% limbah	5,51	5,37	5,28	5,39
3	20% limbah	5,38	5,41	5,38	5,39
4	30% limbah	5,33	5,55	5,60	5,49
5	40% limbah	5,23	5,19	5,21	5,21
6	50% limbah	5,29	5,15	5,05	5,16

(Sumber : Data Primer, 2005)

Dari hasil Penelitian yang telah dilakukan, diperoleh perbedaan konsentrasi logam berat yang masuk (*input*) dengan konsentrasi logam berat yang keluar (*output*) dari genteng beton, seperti yang ditampilkan pada tabel 4.9. Pada perbandingan massa logam berat ini, sampel awal (tanpa katalis) tidak dianggap nol. Hal ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar keterikatan logam berat setelah proses solidifikasi. Untuk perhitungannya dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4.9 Massa Logam Berat

No	Benda Uji	Parameter	Massa Logam Berat (mg)	
			Masuk	Keluar
1.	0% (normal)	Pb	-	263,552
2.		Cu	-	38,506
3.		Zn	-	137,636
4.		Cr	-	96,934
5.		Ni	-	147,951
6.	10% limbah	Pb	352,50	292,466
7.		Cu	167,34	18,797
8.		Zn	193,80	97,061
9.		Cr	186,27	76,964
10.		Ni	127500	187,758
11.	20% limbah	Pb	705,01	289,763
12.		Cu	334,68	7,277
13.		Zn	387,59	103,459
14.		Cr	372,54	80,481
15.		Ni	225000	283,462
16.	30% limbah	Pb	1057,51	307,961
17.		Cu	502,02	2,238
18.		Zn	581,39	100,196
19.		Cr	558,81	75,399
20.		Ni	382500	351,725
21.	40% limbah	Pb	1410,01	330,455
22.		Cu	669,36	4,653
23.		Zn	775,19	136,748
24.		Cr	745,08	62,263
25.		Ni	510000	450,860
26.	50% limbah	Pb	1762,52	345,659
27.		Cu	836,70	1,320
28.		Zn	968,99	215,788
29.		Cr	931,35	68,887
30.		Ni	637500	530,547

(Sumber : Data Primer, 2005)

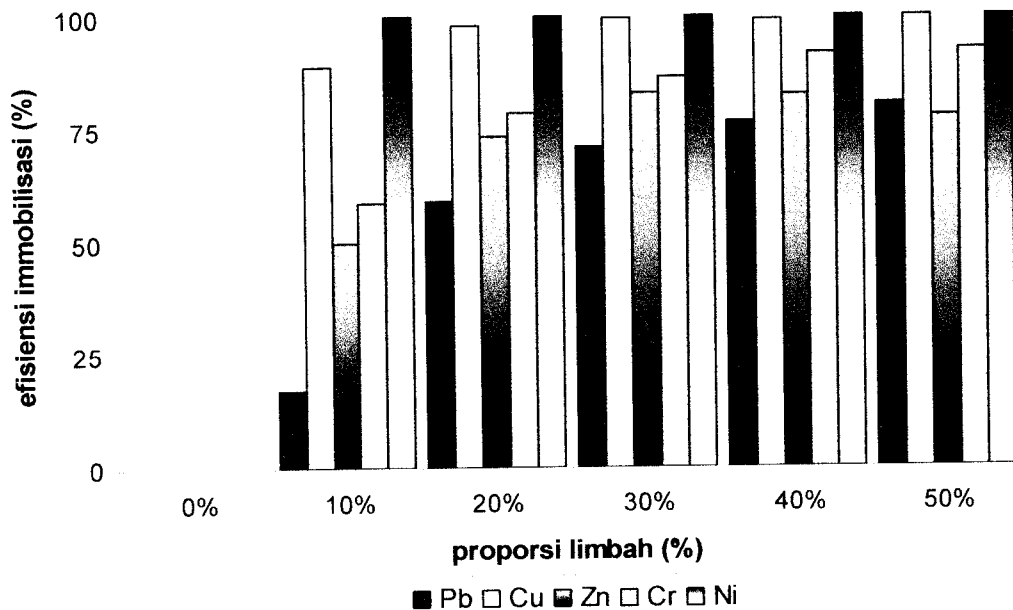
Pada perbandingan massa logam berat ini, sampel awal (tanpa katalis) juga mengandung logam berat. Hal ini dikarenakan adanya logam berat yang masuk dari bahan-bahan pembentuk genteng seperti pasir atau *mill*.

Setelah dilakukan uji TCLP kemudian dilihat dari masing-masing perbandingan sampai sejauh mana tingkat perlindungan pada logam-logam berat hasil solidifikasi limbah pada genteng beton seperti tertera pada tabel 4.10.

Tabel 4.10 Efisiensi Immobilisasi Logam Berat

Benda Uji	Hasil Logam Berat (%)				
	Pb	Cu	Zn	Cr	Ni
0% (normal)	-	-	-	-	-
10% limbah	17,032	88,767	49,916	58,682	99,853
20% limbah	58,899	97,826	73,307	78,397	99,889
30% limbah	70,879	99,554	82,766	86,507	99,908
40% limbah	76,564	99,305	82,359	91,643	99,912
50% limbah	80,388	99,842	77,730	92,604	99,917

(Sumber : Data Primer, 2005)



Gambar 4.3 Efisiensi Immobilisasi Logam Berat

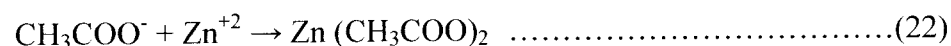
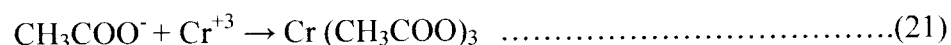
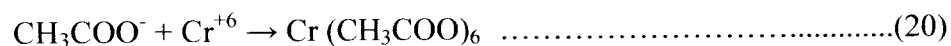
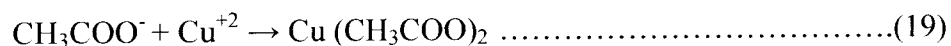
Berdasarkan data yang dihasilkan bahwa semakin banyak proporsi limbah cenderung menunjukkan semakin meningkat konsentrasi lindinya, akan tetapi ada proporsi limbah tertentu tidak menunjukkan hasil yang demikian seperti untuk analisa konsentrasi lindi Zn pada proporsi limbah 10-40% cenderung lebih kecil dibandingkan dengan proporsi limbah 50% yakni 0,480 mg. Begitu juga dengan konsentrasi lindi Cu dan Cr. Sehingga grafik yang ditampilkan tidak linier hal ini kemungkinan disebabkan oleh faktor kurang homogenya campuran genteng beton yang dibuat. Dari data yang dihasilkan konsentrasi lindi yang terlepas seperti pada tabel 4.6 baik itu logam berat Pb, Cu, Cr, Zn, dan Ni semuanya kecil dan masih berada dibawah baku mutu yang ditetapkan yakni berdasarkan baku mutu TCLP (PP85/1999). Untuk efisiensi immobilisasi logam berat yang didapat semakin banyak porsi limbah yang ditambahkan cenderung semakin meningkat nilai efisiensi immobilisasinya hanya saja untuk efisiensi immobilisasi logam Zn dengan penambahan limbah 50% nilai efisiensi immobilisasinya lebih kecil dari pada penambahan limbah 40% hal ini dikarenakan konsentrasi lindinya paling besar dan bedanya dengan konsentrasi lindi penambahan limbah lainnya cukup signifikan sehingga berat Zn yang keluarpun besar.

Dari data efisiensi immobilisasi yang didapat menunjukkan hasil yang bervariasi hal ini tergantung dari jumlah/konsentrasi logam berat yang terlepas/keluar, semakin kecil jumlah logam berat yang terlepas maka akan semakin besar efisiensi immobilisasi yang didapatkan.

Di dalam proses ekstraksi logam pada analisa ini tergolong dalam hidrometalurgi, yang mana merupakan teknik untuk mengekstrak logam dari

bijihnya dengan reaksi dalam larutan air, proses penting dalam hidrometalurgi adalah *leaching*. Setelah proses *leaching* logam atau senyawa terlarut dalam bentuk ion biasa atau ion kompleks (Hiskia Achmad, 1992). Umumnya dalam ikatan hidrolisis, di dalam larutan berpelarut air, garam terurai sempurna menjadi ion-ion. Ikatan hidrolisis itu adalah ikatan antara ion dengan air (Petrucci, 1992). Adapun larutan asam asetat mampu mengeluarkan anion (-) begitu pula pada asam-asam yang lain, asam asetat ini tergolong sebagai asam lemah pada larutan ekstraksi yang fungsinya untuk melepas logam-logam berat yang ada pada genteng beton.

Logam berat pada genteng beton yang berada dalam larutan ekstraksi dengan menggunakan asam asetat akan terbentuk garam/senyawa baru yang nantinya dianalisa pada AAS. Adapun reaksi yang terjadi, sebagai berikut :



Semen Portland dan air setelah bertemu akan bereaksi, butir-butir semen Portland bereaksi dengan air menjadi gel yang dalam beberapa hari menjadi keras dan saling melekat. Reaksi-reaksi ini menghasilkan bermacam-macam senyawa kimia yang menyebabkan ikatan dan pengerasan, ada empat macam yang paling penting yaitu Tricalcium Aluminate (tiga molekul kapur terikat pada satu alumina) atau C₃A, Tricalcium silikat (tiga molekul kapur pada satu silikat) atau C₃S, Dicalcium Silikat (dua molekul kapur pada satu silikat) atau C₂S, dan Tetra

calcium aluminoferrite (empat molekul kapur pada satu alumina dan satu Besi oksida) atau C_4AF . Reaksi-reaksi tersebut berlangsung pada formasi suatu campuran “gel” dan kristal dari larutan semen dengan air, dimana timbul adhesi dan daya tarik physis satu dengan lainnya dan terhadap agregat, berangsur-angsur saling ikat dan mengeras menghasilkan beton (Murdock, 1999).

Agregat (yaitu pasir atau kerikil) tidak mengalami proses kimia, melainkan hanya sebagai bahan pengisi saja yaitu bahan yang dilekatkan (Tjokrodimuljo, 1992). Dari pernyataan diatas dapat diketahui bahwa bahan penyusun berupa pasir pada genteng beton tidak terjadi proses pengikatan secara kimia melainkan terjadinya pengikatan secara fisik saja/sebagai bahan pengisi.

Maka dari itu proses solidifikasi yang terjadi antara bahan-bahan penyusun genteng beton tidak saja terjadi pengikatan secara fisik melainkan juga terjadi pengikatan secara kimia.

4.5 Perbandingan Optimum

Dari data diatas, dapat ditarik kesimpulan bahwa perbandingan optimum antara kuat lentur dan uji TCLP tidak sejalan. Karena seiring penambahan limbah katalis terjadi penurunan kuat lentur, sedangkan di sisi lain terjadi peningkatan konsentrasi logam berat pada hasil uji TCLP.

Dari aspek kesehatan, kandungan logam berat yang dihasilkan juga relatif aman, karena berada di bawah standar baku mutu yang ditetapkan pemerintah.

Tabel 4.11 Kuat Lentur, Kerapatan Air dan Lindi Logam Berat Rata-rata

Benda Uji	Kuat Lentur Rata-rata	Kerapatan Air		Lindi Logam Rata-rata				
				Pb	Cu	Zn	Cr	Ni
	(kg/cm ²)	Tetes	Tidak tetes	(mg)	(mg)	(mg)	(mg)	(mg)
0% (normal)	10,97	-	√	0,586	0,086	0,306	0,215	0,329
10% limbah	13,20	-	√	0,650	0,042	0,216	0,171	0,417
20% limbah	12,33	-	√	0,644	0,016	0,230	0,179	0,630
30% limbah	11	-	√	0,684	0,005	0,223	0,168	0,782
40% limbah	5,12	-	√	0,734	0,010	0,304	0,138	1,002
50% limbah	3,38	-	√	0,768	0,003	0,480	0,153	1,179

(Sumber : Data Primer, 2005)

Dari data hasil pengujian kuat lentur, kerapatan air dan lindi logam berat seperti tertera pada tabel 4.11 diatas maka perbandingan penambahan proporsi limbah yang paling baik berdasarkan aspek teknis dan tingkat toksisitas didapatkan dari hasil penelitian tentang tingkat perlindungan, uji kuat lentur dan analisa kerapatan air yakni dengan penambahan limbah sebanyak 10 % akan menghasilkan konsentrasi lindi yang paling kecil 0,216 mg dan 0,417 mg untuk logam Zn dan Ni, nilai kuat lentur yang paling besar yakni 13,20 kg/cm² dibandingkan dengan penambahan limbah lainnya. Sedangkan untuk nilai kerapatan air relatif baik dalam penambahan katalis sebanyak 10 - 40%. Walaupun dari aspek kesehatan/tingkat toksisitas logam berat, semua porsi limbah yang ditambahkan masih dibawah baku mutu TCLP berdasarkan PP85/1999 akan tetapi dari aspek teknis kuat lentur untuk porsi limbah 40% dan 50% tidak memenuhi standar kuat lentur mutu genteng tingkat 2 berdasarkan SII. 0447-81 yang tertera pada tabel 4.3.

4.6 Biaya Produksi Pembuatan Genteng Beton

Dalam pembuatan sampel genteng beton di PT. Diamond Baru sebanyak 150 buah dibutuhkan biaya seperti tercantum pada tabel 4.12, sehingga nantinya dapat diketahui berapa harga satuan tiap komposisi sampel genteng beton.

Tabel 4.12 Rincian Biaya Pembuatan Sampel Genteng Beton

Jenis Barang/Jasa	Harga (Rp)	Jumlah Sampel	Jumlah Bahan (gr)						Harga (Rp)									
			F1	F2	F3	F4	F5	F6	F1	F2	F3	F4	F5	F6				
Bahan																		
- Semen	725		1000	900	800	700	600	500										
- Pasir	32		2500	2500	2500	2500	2500	2500										
- Mill	167		1000	1000	1000	1000	1000	1000										
- Katalis	0		0	100	200	300	400	500										
Tenaga																		
Pembentukan																		
- Penimbangan	18000	150																
- Pengadukan	18000	150																
- Pembentukan	30000	150																
- Finishing	30000	150																
Harga Total																		

(Sumber : Data Primer, 2005)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan pembahasan dapat disimpulkan :

1. Berdasarkan pengujian kuat lentur, semakin banyak porsi limbah yang ditambahkan semakin turun nilai kuat lentur yang dihasilkan. Karena, semakin banyaknya kuantitas limbah akan mengurangi lekatan secara fisik dengan pasta semen. Pada penambahan katalis 10% didapat hasil kuat lentur paling besar yaitu $13,20 \text{ kg/cm}^2$, sedangkan penambahan katalis 50% didapat hasil $3,38 \text{ kg/cm}^2$.
2. Kerapatan air yang baik adalah dengan penambahan limbah 10 – 40%, sedangkan untuk penambahan limbah 50% sudah mengalami kejenuhan.
3. Semakin banyak proporsi limbah cenderung menunjukkan semakin meningkat konsentrasi lindinya.
4. Penambahan proporsi limbah yang paling baik dari hasil pengujian tentang tingkat perlindian, kuat lentur, dan kerapatan air genteng beton yakni dengan penambahan limbah sebanyak 10%.
5. Biaya produksi untuk tiap satuan genteng beton dengan tambahan bahan katalis menghasilkan hasil yang ekonomis. Ini dikarenakan limbah katalis diperoleh tanpa menggunakan biaya (gratis).

5.2 Saran

Saran untuk penelitian berikutnya adalah :

1. Perlu diperhatikan kualitas bahan baik kualitas fisik maupun kualitas kimia yang digunakan untuk membuat genteng beton baik itu semen, pasir, mill karena akan mempengaruhi kualitas produk yang dihasilkan.
2. Disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut dalam pembuatan genteng beton dengan menambahkan limbah yang berbeda sehingga kuat lentur yang didapatkan menjadi lebih besar.
3. Pada pengujian kerapatan air hendaknya mengacu pada metode standar yang telah ditetapkan.

DAFTAR PUSTAKA

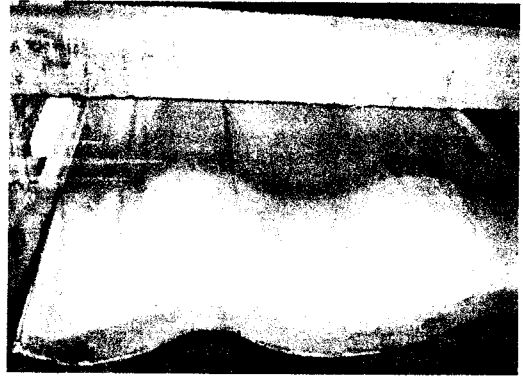
- Anonim, 1991, *Kumpulan SNI Kualitas Air*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Anonim, 1992, *Bahan Bangunan*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Anonim, 1994, *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 19 Tahun 1994 Tentang Pengolahan Limbah Bahan Beracun dan Berbahaya*, Badan Pengendali Dampak Lingkungan, Jakarta.
- Anonim, 1996, *Bahan-bahan Berbahaya dan Dampaknya terhadap Kesehatan Manusia*, Departemen Kesehatan RI, Jakarta.
- Anonim, *Struktur Beton*, Universitas Semarang, Semarang.
- Dipohusodo, Istimawan, 1994, *Struktur Beton Bertulang*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Maholtra, V. Mohan, 1994, *Concrete Technology Past, Present, and Future*, American Concrete Institute, Detroit.
- Murdock, L. J, Brook, K. M, 1999, *Bahan dan Praktek Beton Edisi Keempat*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Palar, Heryando, 2004, *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*, PT. Rineka Cipta, Jakarta.
- Sagel, R, Ing., Kole, P, Ing., Gideon, Ir, 1994, *Pedoman Pengerjaan Beton*, Penerbit Erlangga, Jakarta.

- Setiono, Ir, L, Hadyana Pudjaatmaka, Dr, A, 1985, *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro Dan Semimikro*, PT. Kalman Media Pusaka, Jakarta.
- Slamet, Soemirat, Juli, 2004, *Kesehatan Lingkungan*, Jurusan Teknik Lingkungan ITB, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Struktur Sel, Copper, Chromium, Zinc, Nickel, Lead, *Environmental Chemistry*.
- Suprpto, Djoko, Ir, *Proses Pengolahan Minyak Dan Gas Bumi*, Pusat Pengembangan Tenaga Perminyakan Dan Gas Bumi, Cepu.
- Suwardono, 2002, *Mengenal Pembuatan Bata dan Genteng*, Penerbit Yrama Widya, Bandung.
- Tchobanoglous, George, Hilary Theisen, Samuel Vigil, 2001, *Integrated Solid Waste Management*, McGraww-Hill International Inc., New York.
- Tchobanglous, et al, 1997, *Solid Wastes, Engineering Principles and Managements Issues*, Mc. Graw-Hill, New York.
- Tjokrodimuljo, Kardiono, Ir, 1992, *Teknologi Beton*, Jurusan Teknik Sipil Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Van Vlack, Lavrence H., Sriati Djaprie, 1994, *Ilmu dan Teknologi Bahan*, Penerbit Erlangga, Jakarta.

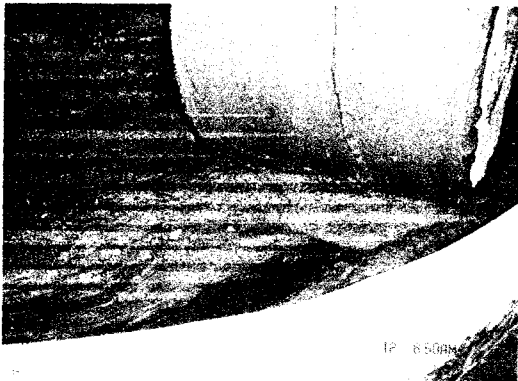
PROSES PEMBUATAN



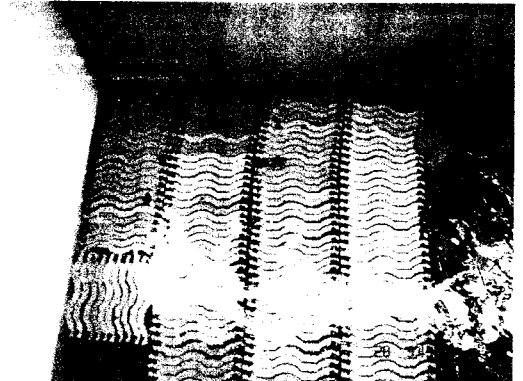
Pencampuran Bahan



Pengeringan I



Pencampuran dengan air



Perendaman

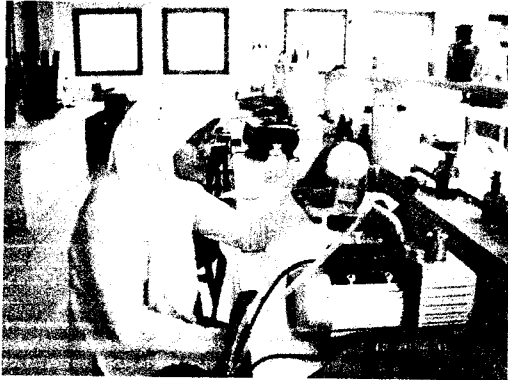


Pencetakan

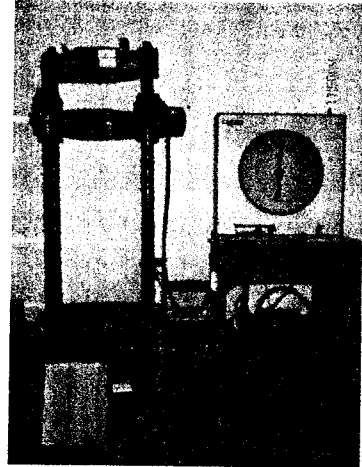


Pengeringan II

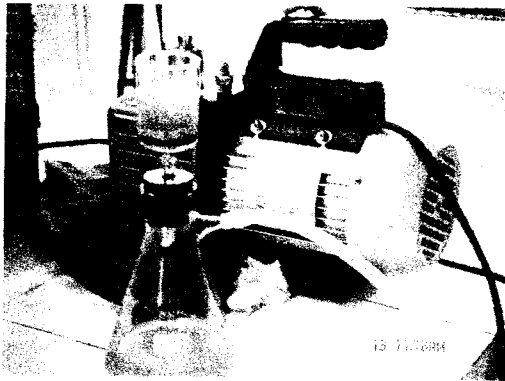
PROSES LABORATORIUM



Ekstraksi Larutan



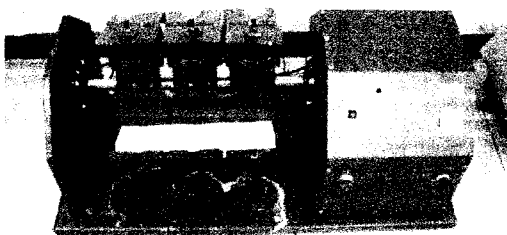
Uji Kuat Lentur



Ekstraksi



Uji Kerapatan Air



Alat Pengadukan Ekstraksi

Hasil Uji Kekuatan Lentur

Kode Sample (1)	Nomor Sample (2)	Jarak Tumpuan (cm) (3)	Lebar Genteng (cm) (4)	Tinggi Genteng (cm) (5)	Inersia (cm ⁴) (6)	Tinggi Momen (cm) (7)	Hasil Uji (kg) (8)	Momen (kg.cm) (9)	Kuat Lentur (kg/cm ²) (10)
F1	1	34	34	3	76.50	1.50	70	595	11.67
	2	34	34	3	76.50	1.50	65	552.50	10.83
	3	34	34	3	76.50	1.50	67.50	573.75	11.25
	4	34	34	3	76.50	1.50	62.50	531.25	10.42
	5	34	34	3	76.50	1.50	64	544	10.67
Rata-rata		34	34	3	76.50	1.50	65.80	559.30	10.97

Kode Sample (1)	Nomor Sample (2)	Jarak Tumpuan (cm) (3)	Lebar Genteng (cm) (4)	Tinggi Genteng (cm) (5)	Inersia (cm ⁴) (6)	Tinggi Momen (cm) (7)	Hasil Uji (kg) (8)	Momen (kg.cm) (9)	Kuat Lentur (kg/cm ²) (10)
F2	1	34	34	3	76.50	1.50	82.50	701.25	13.75
	2	34	34	3	76.50	1.50	80	680	13.33
	3	34	34	3	76.50	1.50	74.50	633.25	12.42
	4	34	34	3	76.50	1.50	75.50	641.75	12.58
	5	34	34	3	76.50	1.50	83.50	709.75	13.92
Rata-rata		34	34	3	76.50	1.50	79.20	673.2	13.20

Keterangan :

Kolom 6 = $1/12 \times \text{kolom } 4 \times (\text{kolom } 5^3)$

Kolom 7 = $1/2 \times \text{kolom } 5$

Kolom 9 = $1/4 \times \text{kolom } 8 \times \text{kolom } 3$

Kolom 10 = $(\text{kolom } 9 \times \text{kolom } 7) / \text{kolom } 6$

Kode Sample (1)	Nomor Sample (2)	Jarak Tumpuan (cm) (3)	Lebar Genteng (cm) (4)	Tinggi Genteng (cm) (5)	Inersia (cm ⁴) (6)	Tinggi Momen (cm) (7)	Hasil Uji (kg) (8)	Momen (kg.cm) (9)	Kuat Lentur (kg/cm ²) (10)
F3	1	34	34	3	76.50	1.50	76.50	650.25	12.75
	2	34	34	3	76.50	1.50	68.50	582.25	11.42
	3	34	34	3	76.50	1.50	74.00	629	12.33
	4	34	34	3	76.50	1.50	77.50	658.75	12.92
	5	34	34	3	76.50	1.50	73.50	624.75	12.25
Rata-rata		34	34	3	76.50	1.50	74.00	629	12.33

Kode Sample (1)	Nomor Sample (2)	Jarak Tumpuan (cm) (3)	Lebar Genteng (cm) (4)	Tinggi Genteng (cm) (5)	Inersia (cm ⁴) (6)	Tinggi Momen (cm) (7)	Hasil Uji (kg) (8)	Momen (kg.cm) (9)	Kuat Lentur (kg/cm ²) (10)
F4	1	34	34	3	76.50	1.50	57.50	488.75	9.58
	2	34	34	3	76.50	1.50	65	552.50	10.83
	3	34	34	3	76.50	1.50	67.50	573.75	11.25
	4	34	34	3	76.50	1.50	68	578.00	11.33
	5	34	34	3	76.50	1.50	58.50	497.25	9.75
Rata-rata		34	34	3	76.50	1.50	63.3	538	11

Keterangan :

Kolom 6 = 1/12 x kolom 4 x (kolom 5³)

Kolom 7 = 1/2 x kolom 5

Kolom 9 = 1/4 x kolom 8 x kolom 3

Kolom 10 = (kolom 9 x kolom 7) / kolom 6

Kode Sample (1)	Nomor Sample (2)	Jarak Tumpuan (cm) (3)	Lebar Genteng (cm) (4)	Tinggi Genteng (cm) (5)	Inersia (cm ⁴) (6)	Tinggi Momen (cm) (7)	Hasil Uji (kg) (8)	Momen (kg.cm) (9)	Kuat Lentur (kg/cm ²) (10)
F5	1	34	34	3	76.50	1.50	28.50	242.25	4.75
	2	34	34	3	76.50	1.50	35.00	297.5	5.83
	3	34	34	3	76.50	1.50	30	255.00	5.00
	4	34	34	3	76.50	1.50	27.50	233.75	4.58
	5	34	34	3	76.50	1.50	32.50	276.25	5.42
Rata-rata		34	34	3	76.50	1.50	31	260.95	5.12

Kode Sample (1)	Nomor Sample (2)	Jarak Tumpuan (cm) (3)	Lebar Genteng (cm) (4)	Tinggi Genteng (cm) (5)	Inersia (cm ⁴) (6)	Tinggi Momen (cm) (7)	Hasil Uji (kg) (8)	Momen (kg.cm) (9)	Kuat Lentur (kg/cm ²) (10)
F6	1	34	34	3	76.50	1.50	20	170	3.33
	2	34	34	3	76.50	1.50	25	212.50	4.17
	3	34	34	3	76.50	1.50	18.50	157.25	3.08
	4	34	34	3	76.50	1.50	16.50	140.25	2.75
	5	34	34	3	76.50	1.50	21.5	182.75	3.58
Rata-rata		34	34	3	76.50	1.50	20.3	172.55	3.38

Keterangan :

Kolom 6 = $1/12 \times \text{kolom } 4 \times (\text{kolom } 5^3)$

Kolom 7 = $1/2 \times \text{kolom } 5$

Kolom 9 = $1/4 \times \text{kolom } 8 \times \text{kolom } 3$

Kolom 10 = $(\text{kolom } 9 \times \text{kolom } 7) / \text{kolom } 6$

HASIL UJI TCLP

Konsentrasi Pb

Kode Sampel	Konsentrasi Awal (mg/l) 2	Sampel Awal Hasil Pengukuran (mg/kg) 3	Massa Katalis (mg) 4	Kadar Pb		Konsentrasi Pengukuran Akhir (mg/l) 7	Sampel akhir		Berat Cuplikan Guntung (mg) 10	Berat Sampel Guntung (mg) 11	Kadar Pb		Efisiensi (%) 14
				Input (mg) 5	Rata-rata (mg) 6		Hasil Pengukuran (mg/kg) 8	Rata-rata (mg/kg) 9			Output (mg) 12	Rata-rata (mg) 13	
F1-1	35.2503	3525.03	0	0		0.54609	54.609		10000	4500000	245.741		
F1-2	35.2503	3525.03	0	0	0	0.66258	66.258	58.5670	10000	4500000	298.161	263.552	
F1-3	35.2503	3525.03	0	0		0.54834	54.834		10000	4500000	246.753		
F2-1	35.2503	3525.03	100000	352.50		0.58889	58.889		10000	4500000	265.001		
F2-2	35.2503	3525.03	100000	352.50	352.50	0.62332	62.332	64.9923	10000	4500000	280.494	292.466	17.032
F2-3	35.2503	3525.03	100000	352.50		0.73756	73.756		10000	4500000	331.902		
F3-1	35.2503	3525.03	200000	705.01		0.66323	66.323		10000	4500000	298.454		
F3-2	35.2503	3525.03	200000	705.01	705.01	0.67738	67.738	64.3917	10000	4500000	304.821	289.763	58.899
F3-3	35.2503	3525.03	200000	705.01		0.59114	59.114		10000	4500000	266.013		
F4-1	35.2503	3525.03	300000	1057.51		0.77328	77.328		10000	4500000	347.976		
F4-2	35.2503	3525.03	300000	1057.51	1057.51	0.68446	68.446	68.4357	10000	4500000	308.007	307.961	70.879
F4-3	35.2503	3525.03	300000	1057.51		0.59533	59.533		10000	4500000	267.899		
F5-1	35.2503	3525.03	400000	1410.01		0.61721	61.721		10000	4500000	277.745		
F5-2	35.2503	3525.03	400000	1410.01	1410.01	0.79291	79.291	73.4343	10000	4500000	356.810	330.455	76.564
F5-3	35.2503	3525.03	400000	1410.01		0.79291	79.291		10000	4500000	356.810		
F6-1	35.2503	3525.03	500000	1762.52		0.76137	76.137		10000	4500000	342.617		
F6-2	35.2503	3525.03	500000	1762.52	1762.52	0.76910	76.910	76.8132	10000	4500000	346.095	345.659	80.388
F6-3	35.2503	3525.03	500000	1762.52		0.77393	77.393		10000	4500000	348.266		

Keterangan :

Kolom 4 = Kolom 3 x 100

Kolom 5 = (Kolom 3 x Kolom 4)/1000000

Kolom 9 = Kolom 8 x 100

Kolom 10 = ((Kolom 7 x Kolom 9)/1000000) x (Kolom 10 / Kolom 9)

Kolom 13 = ((Kolom 6 - Kolom 12)/(Kolom 6))x100%

Konsentrasi Zn

Kode Sampel	Konsentrasi Pengukuran Awal (mg/l) 2	Sampel Awal Hasil Pengukuran (mg/kg) 3	Massa Katalis (mg) 4	Kadar Zn		Konsentrasi Pengukuran Akhir (mg/l) 7	Sampel akhir		Berat Cuplikan Gengeng (mg) 10	Berat Sampel Gengeng (mg) 11	Kadar Zn		Efisiensi (%) 14
				Input (mg) 5	Rata-rata (mg) 6		Hasil Pengukuran (mg/kg) 8	Rata-rata (mg/kg) 9			Output (mg) 12	Rata-rata (mg) 13	
F1-1	19.3797	1937.97	0	0		0.31963	31.963	10000	4500000	12	143.834		14
F1-2	19.3797	1937.97	0	0	0	0.32438	32.438	10000	4500000		145.969	137.636	
F1-3	19.3797	1937.97	0	0		0.27357	27.357	10000	4500000		123.104		
F2-1	19.3797	1937.97	10000	193.80		0.19716	19.716	10000	4500000		88.720		
F2-2	19.3797	1937.97	10000	193.80	193.80	0.22086	22.086	10000	4500000		99.386	97.061	49.916
F2-3	19.3797	1937.97	10000	193.80		0.22906	22.906	10000	4500000		103.076		
F3-1	19.3797	1937.97	20000	387.59		0.22456	22.456	10000	4500000		101.050		
F3-2	19.3797	1937.97	20000	387.59	387.59	0.22470	22.470	10000	4500000		101.116	103.459	73.307
F3-3	19.3797	1937.97	20000	387.59		0.24047	24.047	10000	4500000		108.212		
F4-1	19.3797	1937.97	30000	581.39		0.23843	23.843	10000	4500000		107.292		
F4-2	19.3797	1937.97	30000	581.39	581.39	0.20774	20.774	10000	4500000		93.483	100.196	82.766
F4-3	19.3797	1937.97	30000	581.39		0.22181	22.181	10000	4500000		99.813		
F5-1	19.3797	1937.97	40000	775.19		0.28213	28.213	10000	4500000		126.959		
F5-2	19.3797	1937.97	40000	775.19	775.19	0.29768	29.768	10000	4500000		133.956	136.748	82.359
F5-3	19.3797	1937.97	40000	775.19		0.33185	33.185	10000	4500000		149.330		
F6-1	19.3797	1937.97	50000	968.99		0.53168	53.168	10000	4500000		239.255		
F6-2	19.3797	1937.97	50000	968.99	968.99	0.42023	42.023	10000	4500000		189.102	215.788	77.730
F6-3	19.3797	1937.97	50000	968.99		0.48668	48.668	10000	4500000		219.008		

Keterangan :

Kolom 4 = Kolom 3 x 100

Kolom 5 = (Kolom 3 x Kolom 4)/1000000

Kolom 9 = Kolom 8 x 100

Kolom 10 = ((Kolom 7 x Kolom 9)/(1000000)) x (Kolom 10 / Kolom 9)

Kolom 13 = ((Kolom 6 - Kolom 12)/(Kolom 6))x100%

Konsentrasi Cr

Kode Sampel	Konsentrasi Awal (mg/l) 2	Sampel Awal Hasil Pengukuran (mg/kg) 3	Massa Katalis (mg) 4	Kadar Cr		Konsentrasi Pengukuran Akhir (mg/l) 7	Sampel akhir		Berat Cuplikan Genteng (mg) 10	Berat Sampel Genteng (mg) 11	Kadar Cr		Efisiensi (%) 14
				Input (mg) 5	Rata-rata (mg) 6		Hasil Pengukuran (mg/kg) 8	Rata-rata (mg/kg) 9			Output (mg) 12	Rata-rata (mg) 13	
F1-1	18.6270	1862.70	0	0	0	0.20873	20.873	10000	4500000	12	93.928	13	14
F1-2	18.6270	1862.70	0	0	0	0.18735	18.735	10000	4500000	12	84.308	13	14
F1-3	18.6270	1862.70	0	0	0	0.25015	25.015	10000	4500000	12	112.567	13	14
F2-1	18.6270	1862.70	10000	186.27	186.27	0.16176	16.176	10000	4500000	12	72.792	13	14
F2-2	18.6270	1862.70	10000	186.27	186.27	0.16524	16.524	10000	4500000	12	74.357	13	14
F2-3	18.6270	1862.70	10000	186.27	186.27	0.18610	18.610	10000	4500000	12	83.743	13	14
F3-1	18.6270	1862.70	20000	372.54	372.54	0.24031	24.031	10000	4500000	12	108.140	13	14
F3-2	18.6270	1862.70	20000	372.54	372.54	0.14364	14.364	10000	4500000	12	64.638	13	14
F3-3	18.6270	1862.70	20000	372.54	372.54	0.15259	15.259	10000	4500000	12	68.665	13	14
F4-1	18.6270	1862.70	30000	558.81	558.81	0.13713	13.713	10000	4500000	12	61.709	13	14
F4-2	18.6270	1862.70	30000	558.81	558.81	0.18965	18.965	10000	4500000	12	85.340	13	14
F4-3	18.6270	1862.70	30000	558.81	558.81	0.17589	17.589	10000	4500000	12	79.150	13	14
F5-1	18.6270	1862.70	40000	745.08	745.08	0.12507	12.507	10000	4500000	12	56.283	13	14
F5-2	18.6270	1862.70	40000	745.08	745.08	0.13957	13.957	10000	4500000	12	62.807	13	14
F5-3	18.6270	1862.70	40000	745.08	745.08	0.15044	15.044	10000	4500000	12	67.700	13	14
F6-1	18.6270	1862.70	50000	931.35	931.35	0.18365	18.365	10000	4500000	12	82.644	13	14
F6-2	18.6270	1862.70	50000	931.35	931.35	0.14845	14.845	10000	4500000	12	66.801	13	14
F6-3	18.6270	1862.70	50000	931.35	931.35	0.12715	12.715	10000	4500000	12	57.215	13	14

Keterangan :

Kolom 4 = Kolom 3 x 100

Kolom 5 = (Kolom 3 x Kolom 4)/1000000

Kolom 9 = Kolom 8 x 100

Kolom 10 = ((Kolom 7 x Kolom 9)/1000000) x (Kolom 10 / Kolom 9)

Kolom 13 = ((Kolom 6 - Kolom 12)/(Kolom 6))x100%

Konsentrasi Ni

Kode Sampel	Konsentrasi Awal (mg/l) 2	Sampel Awal Hasil Pengukuran (mg/kg) 3	Massa Katalis (mg) 4	Kadar Ni		Konsentrasi Pengukuran Akhir (mg/l) 7	Sampel akhir		Berat Cuplikan Genteng (mg) 10	Berat Sampel Genteng (mg) 11	Kadar Ni		Efisiensi (%) 14
				Input (mg) 5	Rata-rata (mg) 6		Hasil Pengukuran (mg/kg) 8	Rata-rata (mg/kg) 9			Output (mg) 12	Rata-rata (mg) 13	
F1-1	12750	1275000	0	0	0	0.39395	39.395	9	10000	4500000	177.276	13	14
F1-2	12750	1275000	0	0	0	0.39355	39.355	32.8780	10000	4500000	177.099	147.951	
F1-3	12750	1275000	0	0	0	0.19884	19.884		10000	4500000	89.477		
F2-1	12750	1275000	100000	127500	127500	0.36774	36.774	41.7239	10000	4500000	165.484	187.758	99.853
F2-2	12750	1275000	100000	127500	127500	0.44420	44.420		10000	4500000	199.888		
F2-3	12750	1275000	100000	127500	127500	0.43978	43.978		10000	4500000	197.901		
F3-1	12750	1275000	200000	255000	255000	0.62586	62.586		10000	4500000	281.637		
F3-2	12750	1275000	200000	255000	255000	0.62733	62.733	62.9916	10000	4500000	282.299	283.462	99.889
F3-3	12750	1275000	200000	255000	255000	0.63656	63.656		10000	4500000	286.451		
F4-1	12750	1275000	300000	382500	382500	0.83.382	83.382		10000	4500000	375.221		
F4-2	12750	1275000	300000	382500	382500	0.75335	75.335	78.1612	10000	4500000	339.006	351.725	99.908
F4-3	12750	1275000	300000	382500	382500	0.75767	75.767		10000	4500000	340.949		
F5-1	12750	1275000	400000	510000	510000	1.02933	102.933		10000	4500000	463.196		
F5-2	12750	1275000	400000	510000	510000	1.00881	100.881	100.1911	10000	4500000	453.966	450.860	99.912
F5-3	12750	1275000	400000	510000	510000	0.96759	96.759		10000	4500000	435.417		
F6-1	12750	1275000	500000	637500	637500	1.00393	111.393		10000	4500000	501.266		
F6-2	12750	1275000	500000	637500	637500	1.25378	125.378	117.8994	10000	4500000	564.201	530.547	99.917
F6-3	12750	1275000	500000	637500	637500	1.16928	116.928		10000	4500000	526.175		

Keterangan :

Kolom 4 = Kolom 3 x 100

Kolom 5 = (Kolom 3 x Kolom 4)/1000000

Kolom 9 = Kolom 8 x 100

Kolom 10 = ((Kolom 7 x Kolom 9)/1000000) x (Kolom 10 / Kolom 9)

Kolom 13 = ((Kolom 6 - Kolom 12)/(Kolom 6))x100%

Date: 01/12/2009

Technique: Flame

Wavelength: 413.0 nm

Sample Current: 10

Sample Name: FVA.SIF

Calibration Equation: Zero Intercept: Linear

Slit Width: 0.70 nm

Energy: 71

Results Data Set: Cr-Evariyani

No	Sample ID	Seq No.	El	Mean Sig (Absorbance)	SD Calib	Mean Samp Conc	Std Dev	Samp Units
1	Calib Blank	1	Cr	-0.005908	0.000209			
2	std1	2	Cr	0.006227	0.000306			mg/L
3	std2	3	Cr	0.019041	0.000567			mg/L
4	std3	4	Cr	0.026728	0.000407			mg/L
5	std4	5	Cr	0.036978	0.000440			mg/L
6	std5	6	Cr	0.042574	0.000458			mg/L
8	Sampel 1	7	Cr	0.005388		0.608718	0.070894	mg/L

Date: 04/13/2008

Technique: Flame

Wavelength: 283.3 nm

amp Current: 5

Sample Info File: EVA.SIF

Calibration Equation: Zero Intercept: Linear

Slit Width: 0.70 nm

Energy: 69

Results Data Set: Pb-Evariyan

No	Sample ID	Seq No.	El	Mean Sig (Absorbance)	SD Calib	Mean Samp Conc	Std Dev	Samp Units
1	Calib Blank	1	Pb	0.001458	0.000140			
2	std1	2	Pb	0.058304	0.000985			mg/L
3	std2	3	Pb	0.095171	0.000700			mg/L
4	std3	4	Pb	0.154885	0.001057			mg/L
5	std4	5	Pb	0.198301	0.000633			mg/L
6	std5	6	Pb	0.237661	0.000668			mg/L
7	Sampel 1	7	Pb	0.003634		0.296178	0.029138	mg/L

Sample ID: Cu Flame

Rate: 12.0000

Technique: Flame

Wavelength: 324.8 nm

Amp Current: 8

Sample Name: EVA.SIF

Calibration Equation: Zero Intercept: Linear

Slit Width: 0.70 nm

Energy: 74

Results Data Set: Cu-Evariyan

No	Sample ID	Seq No.	El	Mean Sig (Absorbance)	SD Calib	Mean Samp Conc	Std Dev	Samp Units
1	Calib Blank	2	Cu	-0.000441	0.000161			
2	std 1	10	Cu	0.032676	0.000709			mg/L
3	std 2	4	Cu	0.088369	0.001812			mg/L
4	std 3	11	Cu	0.140882	0.000787			mg/L
5	std 4	6	Cu	0.185908	0.002046			mg/L
6	std 5	7	Cu	0.240779	0.000930			mg/L
7	Sampel 1	13	Cu	0.014758		0.313954	0.002951	mg/L

Date: 04/13/2005

Technique: Flame

Wavelength: 213.9 nm

Pressure: 10

Sample Info File: EVA.SIF

Calibration Equation: Zero Intercept: Linear

Slit Width: 0.70 nm

Energy: 72

Results Data Set: Zn-Evariyan

No	Sample ID	Seq No.	El	Mean Sig (Absorbance)	SD Calib	Mean Samp Conc	Std Dev	Samp Units
1	Calib Blank	5	Zn	-0.004695	0.000499			mg/L
2	std 1	6	Zn	0.017650	0.001048			mg/L
3	std 2	7	Zn	0.038936	0.000133			mg/L
4	std 3	8	Zn	0.059410	0.001405			mg/L
5	std 4	9	Zn	0.076922	0.000126			mg/L
6	std 5	10	Zn	0.096703	0.001375			mg/L
7	sampel 1 (2X)	12	Zn	0.059983		0.61942	0.006579	mg/L

Sample 1 gram + 100 ml \rightarrow 0.62 mg/L
 \rightarrow 0.062 mg/100 ml
 \rightarrow 0.062 mg/gram
 \rightarrow 62 mg/kg. ✓

$$\frac{\text{mg}}{\text{g}} \times 1000 \frac{\text{g}}{\text{kg}} = 62000$$



LABORATORIUM KIMIA ANALITIK

PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN TEKNOLOGI MAJU-BATAN

Terakreditasi sebagai Laboratorium Penguji (LP-119-IDN)

Jl. Babarsari Kotak Pos 1008, Yogyakarta, Indonesia Tel. (62) (0274) 488435 Fax (0274) 487824

Form-29/Sert/Uji

Nomor 074/KA/IX/05

Number

Halaman

Page

2 dari 2

Hasil Pengujian Test Result

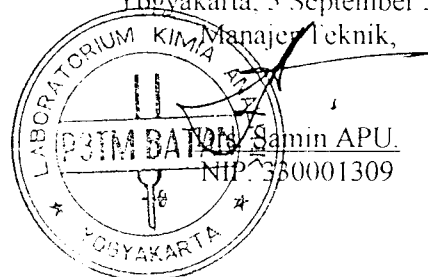
Nama Contoh	Kode	Label	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Metode Uji
Keramik	443/P/KA	F ₁	Ni	µg/g	< 0,040	F-AAS
		F ₂	Ni	µg/g	< 0,040	F-AAS
		F ₃	Ni	µg/g	< 0,040	F-AAS
		F ₄	Ni	µg/g	< 0,040	F-AAS
		F ₅	Ni	µg/g	0,120 ± 0,010	F-AAS
Gypsum	443/P/KA	I	Ni	µg/g	0,160 ± 0,010	F-AAS
		II	Ni	µg/g	0,290 ± 0,010	F-AAS
		III	Ni	µg/g	0,350 ± 0,010	F-AAS
		IV	Ni	µg/g	0,350 ± 0,010	F-AAS
		V	Ni	µg/g	0,490 ± 0,020	F-AAS
Katalis	443/P/KA	-	Ni	µg/g	12750,000 ± 250,000	F-AAS

Keterangan :

Satuan : µg/g = ppm

F-AAS : Flame Atomic Absorption Spectrophotometry

Yogyakarta, 5 September 2005



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

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



No. : 920/HA-KA/08/05
Pengirim : Mohd. Jazuli Iman Setia, Pogung Lor 4B Yogyakarta
Jumlah sampel : 1
Penentuan : Kadar Cr, Cu, Pb dan Zn dalam sampel katalis.
Tgl. Analisis : 11 Agustus 2005

NO	KODE SAMPEL	PARA METER	HASIL PENGUKURAN (ppm)			METODE
			I	II	III	
1.	Katalis	Cr	18,115	18,883	18,883	Atomic Absorption Spect.
2.		Cu	16,878	16,878	16,446	"
3.		Pb	40,551	35,250	29,950	"
4.		Zn	19,139	19,620	19,380	"

No. : 822/HA-KA/04/05
Pengirim : Mohd. Jazuli Iman Setja, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
Jumlah sampel : 1
Penentuan : Al_2O_3 , CaO , Fe_2O_3 dan SiO_2 dalam sampel zeolit.
Tgl. Analisis : 08 April 2005

NO	KODE SAMPEL	PARA METER	HASIL PENGUKURAN (ppm)			METODE
			I	II	III	
1.	Zeolit	Al_2O_3	275819,125	339699,629	307144,483	Atomic Absorption Spect.
2.		CaC	5245,492	5245,492	5109,024	"
3.		Fe_2O_3	7029,216	6757,292	7029,216	"
4.		SiO_2	631517,941	647945,992	642469,975	"

HASIL UJI BERAT VOLUME

Nama Benda Uji : Katalis
Asal : Pertamina
Keperluan : Tugas Akhir
Diperiksa Oleh : 1. Febrian Abdullah
 : 2. Dian Susanti
Tanggal : 3 Agustus 2005

Diameter Tabung (Cm)	Tinggi Tabung (cm)	Volume Tabung (m ³)	Br. Sampel Awal (gr)	Br. Sampel Akhir (gr)
8.5	16,3	924,475	890	1110
			812	1137
			813	1115
Rata-rata		924,475	838.33	1134

Berat Volume = (Br. Sampel Awal – Br. Sampel Akhir) / V
 = (1134 - 838.33) / (924,475)
 = 0.32 gr/cm³

Catatan :

Yogyakarta, 3 Agustus 2005

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII


 LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK UII



**DATA PEMERIKSAAN
 MODULUS HALUS BUTIR PASIR**

Nama benda uji : KATALIS
 Asal : PERTAMINA
 Keperluan : Tugas Akhir

Di periksa Oleh :
 1. Emzita Hudaya
 2. M.J Iman setia

Tanggal : 29 Juni 2005

Saringan		Berat tertinggal gram		Berat tertinggal %		Berat kumulatif	
No	Ø lubang mm	I	II	I	II	I	II
1	40	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2	20	-----	-----	-----	-----	-----	-----
3	10	-----	-----	-----	-----	-----	-----
4	4.75	0	0	0	0	0	0
5	2.36	0	0	0	0	0	0
6	1.18	0	0	0	0	0	0
7	0.600	0	0	0	0	0	0
8	0.300	5	0	1.25	0	1.25	0
9	0.150	140	370	35	91.13	36.25	91.13
10	Pan	255	36	63.75	8.87	-----	-----
		400	406	Jumlah		37.5	91.13

Jumlah rata-rata 64,5315

$$\text{MODULUS HALUS BUTIR} = \frac{64,315}{100} * 100\% = 0.643$$

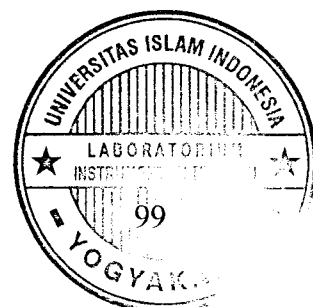
Yogyakarta, _____

Mengetahui
 Laboratorium BKT/TSP UII

LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK UII

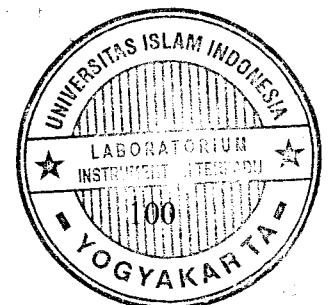
No.	Sample ID	Seq	El	Mean Signal (Absorbance)	Mean Sample	Standard Deviation	Samp Units
1	G. F 1-1	8	Pb	0.003783	0.546091	0.011106	mg/L
2	G. F 1-2	9	Pb	0.004590	0.662582	0.013107	mg/L
3	G. F 1-3	10	Pb	0.003799	0.548344	0.010619	mg/L
4	G. F 2-1	11	Pb	0.004080	0.588891	0.050340	mg/L
5	G. F 2-2	12	Pb	0.004318	0.623323	0.055929	mg/L
6	G. F 2-3	13	Pb	0.005110	0.737561	0.040420	mg/L
7	G. F 3-1	14	Pb	0.004595	0.663226	0.024820	mg/L
8	G. F 3-2	15	Pb	0.004693	0.677385	0.065975	mg/L
9	G. F 3-3	16	Pb	0.004095	0.591143	0.034678	mg/L
10	G. F 4-1	17	Pb	0.005357	0.773281	0.039510	mg/L
11	G. F 4-2	18	Pb	0.004742	0.684465	0.098418	mg/L
12	G. F 4-3	19	Pb	0.004124	0.595327	0.011678	mg/L
13	G. F 5-1	20	Pb	0.004276	0.617209	0.019049	mg/L
14	G. F 5-2	21	Pb	0.005493	0.792911	0.018477	mg/L
15	G. F 5-3	22	Pb	0.005493	0.792911	0.002010	mg/L
16	G. F 6-1	23	Pb	0.005275	0.761374	0.065336	mg/L
17	G. F 6-2	24	Pb	0.005328	0.769098	0.074206	mg/L
18	G. F 6-3	25	Pb	0.005362	0.773925	0.015636	mg/L

No.	Sample ID	Seq	El	Mean Signal (Absorbance)	Mean Sample	Standard Deviation	Samp Units
1	G. F 1-1	23	Cr	0.006291	0.208728	0.022808	mg/L
2	G. F 1-2	24	Cr	0.005647	0.187352	0.007048	mg/L
3	G. F 1-3	25	Cr	0.007540	0.250148	0.017818	mg/L
4	G. F 2-1	26	Cr	0.004876	0.161760	0.021146	mg/L
5	G. F 2-2	27	Cr	0.004980	0.165237	0.011851	mg/L
6	G. F 2-3	28	Cr	0.005609	0.186095	0.003029	mg/L
7	G. F 3-1	29	Cr	0.007243	0.240311	0.018105	mg/L
8	G. F 3-2	30	Cr	0.004329	0.143639	0.012432	mg/L
9	G. F 3-3	31	Cr	0.004599	0.152589	0.006005	mg/L
10	G. F 4-1	32	Cr	0.004133	0.137130	0.016276	mg/L
11	G. F 4-2	33	Cr	0.005716	0.189645	0.004406	mg/L
12	G. F 4-3	34	Cr	0.005301	0.175888	0.020357	mg/L
13	G. F 5-1	35	Cr	0.003770	0.125074	0.006467	mg/L
14	G. F 5-2	36	Cr	0.004207	0.139571	0.004963	mg/L
15	G. F 5-3	37	Cr	0.004535	0.150444	0.011700	mg/L
16	G. F 6-1	38	Cr	0.005535	0.183654	0.019862	mg/L
17	G. F 6-2	39	Cr	0.004474	0.148447	0.010446	mg/L
18	G. F 6-3	40	Cr	0.003832	0.127145	0.003608	mg/L



No.	Sample ID	Seq	El	Mean Signal (Absorbance)	Mean Sample	Standard Deviation	Samp Units
1	G. F 1-1	6	Cu	0.004842	0.102249	0.013560	mg/L
2	G. F 1-2	7	Cu	0.004436	0.093681	0.008680	mg/L
3	G. F 1-3	8	Cu	0.002878	0.060775	0.007628	mg/L
4	G. F 2-1	9	Cu	0.001400	0.029564	0.021236	mg/L
5	G. F 2-2	10	Cu	0.002441	0.051548	0.009689	mg/L
6	G. F 2-3	11	Cu	0.002093	0.044204	0.006888	mg/L
7	G. F 3-1	12	Cu	0.000847	0.017889	0.014272	mg/L
8	G. F 3-2	13	Cu	0.000560	0.011816	0.002019	mg/L
9	G. F 3-3	14	Cu	0.000921	0.019442	0.004522	mg/L
10	G. F 4-1	15	Cu	0.000707	0.014923	0.000828	mg/L
11	G. F 4-2	16	Cu	-0.000490	0.000000	0.000000	mg/L
12	G. F 4-3	17	Cu	-0.000885	0.000000	0.000000	mg/L
13	G. F 5-1	18	Cu	0.000854	0.018030	0.011299	mg/L
14	G. F 5-2	19	Cu	0.000239	0.005037	0.001575	mg/L
15	G. F 5-3	20	Cu	0.000377	0.007956	0.008126	mg/L
16	G. F 6-1	21	Cu	-0.000618	0.000000	0.000000	mg/L
17	G. F 6-2	22	Cu	0.000366	0.007720	0.004469	mg/L
18	G. F 6-3	23	Cu	0.000051	0.001083	0.005873	mg/L

No.	Sample ID	Seq	El	Mean Signal (Absorbance)	Mean Sample	Standard Deviation	Samp Units
1	G. F 1-1	4	Zn	0.029283	0.319630	0.012345	mg/L
2	G. F 1-2	5	Zn	0.029717	0.324375	0.003934	mg/L
3	G. F 1-3	6	Zn	0.025062	0.273565	0.004798	mg/L
4	G. F 2-1	7	Zn	0.018062	0.197156	0.001976	mg/L
5	G. F 2-2	8	Zn	0.020234	0.220857	0.006113	mg/L
6	G. F 2-3	9	Zn	0.020985	0.229058	0.004425	mg/L
7	G. F 3-1	10	Zn	0.020572	0.224556	0.003723	mg/L
8	G. F 3-2	11	Zn	0.020586	0.224702	0.003161	mg/L
9	G. F 3-3	12	Zn	0.022030	0.240470	0.002963	mg/L
10	G. F 4-1	13	Zn	0.021843	0.238426	0.005598	mg/L
11	G. F 4-2	14	Zn	0.019032	0.207741	0.004577	mg/L
12	G. F 4-3	15	Zn	0.020321	0.221806	0.003853	mg/L
13	G. F 5-1	16	Zn	0.025847	0.282131	0.005397	mg/L
14	G. F 5-2	17	Zn	0.027272	0.297680	0.000295	mg/L
15	G. F 5-3	18	Zn	0.030402	0.331845	0.008505	mg/L
16	G. F 6-1	19	Zn	0.048709	0.531678	0.011870	mg/L
17	G. F 6-2	20	Zn	0.038499	0.420227	0.005602	mg/L
18	G. F 6-3	21	Zn	0.044587	0.486684	0.012543	mg/L





HASIL UJI KUAT LENTUR

Nama Benda Uji : Genteng Beton
Keperluan : Tugas Akhir
Diperiksa Oleh : Harum Wening Gayatri
Tanggal : 27 Juli 2005

Kode Sampel	Nomor sampel	Jrk. Tumpuan (L) (cm)	Hasil Uji (P) (Kg)	Kode Sampel	Nomor sampel	Jrk. Tumpuan (L) (cm)	Hasil Uji (P) (Kg)
F1	1	34	70	F2	1	34	82.50
	2	34	65		2	34	80
	3	34	67.50		3	34	74.50
	4	34	62.50		4	34	75.50
	5	34	64		5	34	83.50

Kode Sampel	Nomor sampel	Jrk. Tumpuan (L) (cm)	Hasil Uji (P) (Kg)	Kode Sampel	Nomor sampel	Jrk. Tumpuan (L) (cm)	Hasil Uji (P) (Kg)
F3	1	34	76.50	F4	1	34	57.50
	2	34	68.50		2	34	65
	3	34	74.00		3	34	67.50
	4	34	77.50		4	34	68
	5	34	73.50		5	34	58.50

Yogyakarta, 27 Juli 2005

Mengetahui

Laboratorium BKT-FTSP UII

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII

Harum Wening Gayatri
Darius



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

Jl. Kaliurang Km 14,4 Telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta

Kode Sampel	Nomor sampel	Jrk. Tumpuan (L) (cm)	Hasil Uji (P) (Kg)	Kode Sampel	Nomor sampel	Jrk. Tumpuan (L) (cm)	Hasil Uji (P) (Kg)
F5	1	34	28.50	F6	1	34	20
	2	34	35.00		2	34	25
	3	34	30		3	34	18.50
	4	34	27.50		4	34	16.50
	5	34	32.50		5	34	21.5

Yogyakarta, 27 Juli 2005

Mengetahui

Laboratorium BKT-FTSP UII

an.
LABORATORIUM *Darus*
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII *Darus*



No. : 976/HA-KA/10/05
Pengirim : Mohd. Jazuli Iman Setia, Pogung Lor 4B Yogyakarta
Jumlah sampel : 23
Penentuan : Kadar Cr, Cu, Ni, Pb dan Zn.
Tgl. Analisis : 04 Oktober 2005

NO	KODE SAMPEL	PARA METER	HASIL PENGUKURAN (ppm)			METODE
			I	II	III	
1	Co	Cr	0,127	0,146	0,117	Atomic Absorption Spect.
2		Cu	0,155	0,155	0,143	"
3		Ni	0,621	0,800	0,441	"
4		Pb	0,102	0,020	0,102	"
5		Zn	0,744	0,710	0,729	"
6	C2	Cr	0,146	0,088	0,156	"
7		Cu	0,132	0,132	0,166	"
8		Ni	1,025	0,800	0,755	"
9		Pb	0,183	0,102	0,102	"
10		Zn	0,493	0,507	0,512	"
11	C3	Cr	0,098	0,040	0,040	"
12		Cu	0,086	0,086	0,086	"
13		Ni	1,250	1,160	1,025	"
14		Pb	0,020	0,102	ttd	"
15		Zn	0,152	0,147	0,150	"
16	C4	Cr	0,098	0,069	0,117	"
17		Cu	0,098	0,098	0,086	"
18		Ni	1,295	1,340	1,205	"
19		Pb	0,183	0,264	0,264	"
20		Zn	0,379	0,386	0,357	"
21	Keramik	Cr	ttd	0,002	ttd	"
22		Cu	0,109	0,075	0,041	"
23		Ni	ttd	ttd	0,036	"
24		Pb	0,110	0,102	0,020	"
25		Zn	0,058	0,049	0,046	"
26	Gypsum	Cr	0,021	0,040	0,050	"
27		Cu	0,064	0,075	0,109	"
28		Ni	0,531	0,665	0,890	"
29		Pb	0,264	0,264	0,346	"
30		Zn	0,075	0,063	0,075	"
31	Genteng	Cr	0,156	0,165	0,185	"
32		Cu	0,109	0,132	0,120	"
33		Ni	1,115	1,115	1,070	"
34		Pb	0,020	0,508	0,264	"
35		Zn	0,164	0,174	0,191	"
36	RCC 25%	Cr	0,021	0,012	0,012	"
37		Cu	0,064	0,064	0,064	"
38		Ni	0,531	0,396	0,486	"
39		Pb	0,102	0,102	0,183	"104
40		Zn	0,036	0,049	0,056	"

Parameter	Konsentrasi Maksimum	
	Nilai	Satuan
Fisika		
Suhu	38 °C	°C
Zat Padat terlarut	2000	mg/l
Zat padat tersuspensi	200	mg/l
Kimia		
pH	6 - 9	mg/l
Besi, terlarut (Fe)	5	mg/l
Mangan, terlarut (Mn)	2	mg/l
Barium, (Ba)	2	mg/l
Tembaga, (Cu)	2	mg/l
Seng, (Zn)	5	mg/l
Krom valensienam (Cr6+)	0,1	mg/l
Krom total, (Cr)	0,5	mg/l
Kadmium, (Cd)	0,05	mg/l
Merkuri, (Hg)	0,002	mg/l
Timbal, (Pb)	0,1	mg/l
Stannum, (Sn)	2	mg/l
Arsen, (As)	0,1	mg/l
Selenium, (Se)	0,05	mg/l
Nikel, (Ni)	0,2	mg/l
Kobal, (Co)	0,4	mg/l
Sianida, (CN)	0,05	mg/l
Sulfida, (S ²⁻)	0,05	mg/l
Fluorida, (F)	2	mg/l
Klorin bebas, (Cl ₂)	1	mg/l
Amoniak bebas, (NH ₃ -N)	1	mg/l
Nitrat, (NO ₃ -N)	20	mg/l
Nitrit, (NO ₂ -N)	1	mg/l
BOD ₆	50	mg/l
COD	100	mg/l
Senyawa aktif biru metilen, (MBAS)	5	mg/l
Fenol	0,5	mg/l
Minyak dan lemak	10	mg/l
AOX	0,5	mg/l
PCBs	0,005	mg/l
PCDFs	10	ng/l
PCDDs	10	ng/l

Catatan:

- Parameter Debit limbah maksimum bagi kegiatan ini disesuaikan dengan kapasitas pengolahan dan karakteristik dari kegiatan.
- Selain Parameter tersebut diatas Bapedal dapat menetapkan parameter kunci lainnya bila dianggap perlu.

Penjelasan lebih rinci mengenai proses pengolahan secara insinerasi sebagaimana yang dimaksud akan diterbitkan dalam panduan pengolahan limbah B3, yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari lampiran keputusan ini. (and)

LAMPIRAN II
 PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK
 INDONESIA
 NOMOR : 85 TAHUN 1999
 TANGGAL : 7 oktober 1999

BAKU MUTU TCLP ZAT PENCEMAR DALAM LIMBAH UNTUK PENENTUAN
 KARAKTERISTIK SIFAT RACUN

PARAMETER	KONSENTRASI DALAM EKSTRAKSI LIMBAH (mg/L) (TCLP)
Aldrin + Dieldrin	0,07
Arsen	5,0
Barium	100
Benzene	0,5
Boron	500
Cadmium	1,0
Carbon tetrachloride	0,5
Chlordane	0,03
Chlorobenzene	100
Chloroform	6,0
Chromium	5,0
Copper	10,0
o-Cresol	200
m-Cresol	200
Total Cresol	200
Cyanida (bebas)	20,0
2,4-D	10.0

1,4-Dichlorobenzene	7,5
1,2- Dichloroethane	0,5
1,1-Dichloroethylene	0,7
2,4- Dinitrotoluene	0,13
Endrin	0,02
Fluorides	150
Heptachlor + Heptachlor Epoxide	0,008
Hexachlorobenzene	0,13
Hexachloroethane	0,5
Lead	5,0
Lindane	0,4
Mercury	0,2
Methoxychlor	10,0
Methyl Parathion	0,3
Methyl Ethyl Ketone	0,7
Nitrate + Nitrite	1000
Nitrite	100
Nitrobenzene	2,0
Pentachlorophenol	100
Pyridine	5,0
PCBs	0,3
Selenium	1,0
Silver	5
Tetrachloroethylene (TCE)	0,7
Phenol	2

DDT	1
Chlorophenol (total)	1
Chloronaphtalene	1
Trihalomethanes	35
2,4,5-Trichlorophenol	400
2,4,6-Trichlorophenol	2
Vynil Chloride	0,2
Zinc	50

**PRESIDEN REPUBLIK
INDONESIA**

ttd.

**BACHARUDDIN JUSUF
HABIBIE**



UNIVERSITAS GADJAH MADA
FAKULTAS TEKNIK, JURUSAN TEKNIK SIPIL
LABORATORIUM BAHAN BANGUNAN
 Bulaksumur, Yogyakarta. Telepon : 88688 psw : 438

LAPORAN PEMERIKSAAN GENTENG BETON

Nomor : 20/143/X/98 Diterima tanggal : 07 - 10 - 1998.
 Pengirim : PT. "DIAMOND BARU" JL. MAGELANG Km 115, YOGYAKARTA.
 Keperluan : KONTROL KUALITAS,

Uraian	Menurut PUBI - 1982 (SII. 0447 - 81)	Hasil pemeriksaan	Kesimpulan
I. Ukuran			
Panjang		427,60 mm	
Lebar		320,00 mm	
Berat		4295,5 gr	
II. Tebal			
Pada genteng	minimum 8 mm	11,50 mm	baik/memenuhi
Pada bagian penumpangan	minimum 6 mm	8,91 mm	baik/memenuhi
III. Kaitan pd. permukaan bawah dari genteng			
Lebar	minimum 20 mm	51,75 mm	baik/memenuhi
Tinggi	minimum 12 mm	14,835 mm	baik/memenuhi
IV. Penumpangan			
Lebar	minimum 25 mm	30,01 mm	baik
V. Alur air			
Jumlah	minimum sebuah	2 (dua) bh	baik
Kedalaman	minimum 5 mm	22,89 mm	baik
VI. Pandangan luar			
	Permukaan atas mulus, tidak retak, atau cacat lain	cukup baik tidak retak	cukup baik
VII. Beban lentur			
	Tkt. I Tkt. II	1) 103,84 kg. 2) 127,86 kg. 3) 149,31 kg. 4) 160,60 kg. 5) 165,70 kg. 6) 169,80 kg. 7) 191,12 kg. 8) 191,19 kg. 9) 199,15 kg. 10) 145,39 kg.	Rata - rata = 167,50 kg Terendah = 137,80 kg
Rata - rata dari 10 genteng	min. 150	min. 80 kg	
Beban terendah	min. 120	min. 60 kg	
VIII. Daya serap air			
Rata - rata dari 10 genteng	Maksimum 10 persen	5,14 %	Tingkat I/4 = (cukup) baik
IX. Kecepatan air			
	tidak boleh ada tetesan air	tidak retak selama 5 hari.	baik sekali

Peterangan : Dari hasil pemeriksaan dinyatakan lulus uji bila memenuhi semua syarat di atas. Bila sebagian syarat tidak terpenuhi, dapat dilakukan uji ulang dengan contoh uji sebanyak dua kali jumlah contoh uji semula. Apabila hasil uji ulang memenuhi semua persyaratan maka dinyatakan lulus uji. Bila salah satu syarat ada yang tidak terpenuhi dinyatakan tidak lulus uji.

Yogyakarta, 24 OKT 1998

Dikerjakan oleh :

Kepala,

[Signature]

PEMERIKSAAN
MAHASISWA BANGUNAN

Sukardi
 NIP : 130531214

Ir. Kardiyono, M.E.
 NIP : 130 530 686

PRELIMINARY EVALUATIONS

Perform preliminary evaluations on a minimum 100 gram aliquot of sample. This aliquot may not ultimately be used for TCLP extraction. These preliminary evaluations include:

1. Determination of percent solids
2. Determination of whether the sample contains insignificant solids and is therefore its own extract after filtration
3. Determination of whether the solid portion of the sample requires Particle size reduction
4. Extraction fluid determination for the nonvolatile TCLP extraction of the waste

1. Percent solids is defined as that fraction of a waste sample from which no liquid may be forced out by an applied pressure, as described below.
2. If the waste will obviously yield no liquid when subject to pressure filtration (i.e. is 100% solids). Proceed to Particle size reduction
3. If the sample contains one or more liquid phase(s),
 - a. Determine and record the volume of each phase of the sample.
 - b. Determine the percent solids by using the filtration device.
4. **Note:** Some wastes, such as oily wastes, obviously contain some material that appears to be a liquid. Even after applying vacuum or pressure filtration, this material may not filter. If this is the case, the material inside the filtration device is defined as a solid. Do not replace the filter during the percent solids determination.

If sample contains one or more liquid phase(s),

1. Preweigh the filter, sample container, and the filtrate container.
2. Assemble the filtration device with the filter in place.
3. Weigh out an aliquot of the sample (100 gram minimum) and record the weight.
4. Quantitatively transfer the sample to the filtration device and attach the gas hose to the filtration device. Place the filtration container underneath the filtration device.
5. If sample residue has adhered to the sample container, reweigh the sample container and recalculate the amount of sample transferred to the filtration device.

Follow Instructions for Filtering samples

1. Apply between 1 and 10 psi of pressure to the filtration device until the pressurized gas moves through the filter (ripples from the gas will form on the surface of the filtrate or hissing from the gas moving through the filter will be heard).
2. If there is no evidence of the pressurized gas moving through the filter under 10 psi, and if no additional liquid has passed through the filter in any two minute increment, increase the pressure in 10 psi increments to a maximum of 50 psi.
3. Proceed to the next 10 psi incremental increase if no additional liquid or gas passes through the filter.
4. When the pressurizing gas begins to move through the filter, or when liquid flow has ceased at 50 psi, stop the filtration.

Calculate the weight of the liquid phase (filtrate): $Wt. \text{ of filtrate} = (wt. \text{ of filtrate container} + \text{filtrate}) - (wt. \text{ of filtrate container})$

Calculate Percent solids: $\% \text{ solids} = \frac{((\text{Sample wt.}) - (wt. \text{ of filtrate}))}{(\text{sample wt.})} \times 100$

If the percent solids is $\geq 0.5\%$ and a small amount of liquid is entrapped in the filter, determine Percent dry solids.

1. Remove the solid phase and the filter from the filtration device.
2. Dry the filter and solid phase at $100 \text{ }^\circ\text{C} \pm 20 \text{ }^\circ\text{C}$ until two successive weighings of the filter are within $\pm 1\%$. Record the final weight.
 $100 - \frac{((2^{\text{nd}} \text{ wt. of dried filter}) / (1^{\text{st}} \text{ wt. of dried filter})) \times 100}{1} \leq 1\%$
3. **Note:** Caution should be used to ensure that the solid phase will not flash (ignite) upon heating and it is recommended that the drying oven is vented to a chemical fume hood.
4. Calculate Percent dry solids: $\frac{((wt. \text{ of dry waste} + \text{filter}) - (\text{tare wt. of filter}))}{(\text{sample wt.})} \times 100$.
5. If Percent dry solids is $\geq 0.5\%$, separate the liquid phase from the solid phase on a fresh aliquot of the sample and perform particle size reduction if necessary and determine the appropriate extraction fluid.

If the Percent solids or Percent Dry solids is $< 0.5\%$, go to Nonvolatile TCLP extraction or

Particle size reduction

If the Percent solids or Percent Dry solids is $\geq 0.5\%$, then determine if the solid phase requires particle size reduction.

1. Particle size reduction is required if the solid phase is incapable of passing through a 9.5 mm sieve or if the surface area per gram is less than $3.1 \text{ cm}^2/\text{g}$.
2. **Note:** Surface area per gram criteria are meant for filamentous (paper, cloth, and similar) waste materials. Measure the surface area of a portion of the sample with a ruler. Weigh the measured portion of the sample. Divide the area by the weight to calculate surface area per gram and to determine if the reduction of the particle size for the sample is required.
3. If particle size reduction is required, prepare the solid phase of the sample for extraction by grinding, crushing or cutting the solids to meet the particle size requirements.
4. **Note:** If solids require the Volatile TCLP extraction, minimize the exposure of the solid phase to the atmosphere and do not generate heat during the particle size reduction step.

If the Percent solids or Percent Dry solids is $\geq 0.5\%$, determine the appropriate extraction fluid for Nonvolatile TCLP extraction.

Note: Only extraction fluid #1 is used for the Volatile TCLP extraction.

1. Reduce the solid phase (if necessary) to a particle size of approximately 1 mm in diameter and transfer 5 grams to a beaker.
2. Add 96.5 ml of water, cover with a watchglass and stir for 5 minutes. Measure and record the pH.
3. If the pH of the slurry is ≤ 5.0 , use extraction fluid #1 for the nonvolatile TCLP extraction.
4. If the pH of the slurry is > 5.0 :
 - a. Add 3.5 ml of HCl and stir briefly.
 - b. Cover the beaker with a watchglass and place on a hotplate.
 - c. Heat to $50 \text{ }^\circ\text{C}$ and hold at $50 \text{ }^\circ\text{C}$ for 10 minutes.
 - d. Let the slurry cool to room temperature and record the pH.
 - e. If the pH is ≤ 5.0 , use extraction fluid #1, otherwise use extraction fluid #2 for the nonvolatile TCLP extraction.

Go to either the Nonvolatile TCLP extraction or the Volatile TCLP extraction.

1. Perform **Preliminary evaluations** on the sample.
2. A minimum of 100 grams of sample (solid and liquid phases) is required for this procedure.
3. Enough solids should be generated for extraction such that the volume of the TCLP extract will be sufficient to support all of the analyses required.
4. The required TCLP extract volume = sample volume for each test + volume for matrix spikes.

1. Generate the required volume for analysis by filtering the sample through the filtration device using the procedure as described in **Instructions for Filtering samples**. The filtrate is the TCLP extract. If two phases are present after filtration, process each phase separately and combine the results mathematically.
2. Record the pH of the extract. Aliquot and preserve the extract for sample extraction and analysis. Store extract at 4 °C.

1. Calculate the amount of sample to generate the required TCLP extract volume.
 - a. Amount of sample required for extraction = [(Required TCLP extract volume)/(1+19 x Percent solids)]
2. Weigh out the appropriate amount of sample.

1. Proceed to **Particle size reduction** if necessary to reduce the particle size of the sample.

If the **Percent solids**, as determined in the **Preliminary Evaluations**, is $\geq 0.5\%$ and $< 100\%$, then

1. Transfer the sample to the filtration device and separate the liquid phase from the solid phase as described in **Instructions for Filtering samples**. Save the filtrate for recombination with the sample extract or for independent analysis.

Proceed to **Particle size reduction** if necessary to reduce the particle size of the solid phase of the sample.

1. After the particle size of the sample or solid phase has been reduced to meet method requirements, transfer the material (including the filter used to separate the phases) to the extraction vessel.
2. **Note:** A plastic extraction vessel can be used for extracting inorganic analytes. A glass extraction vessel must be used for extracting the organic compounds.

1. Refer to **Extraction fluid determination** for the appropriate extraction fluid.
2. Two methods can be used to calculate the weight of extraction fluid: Wt. of extraction fluid =
 - a. $[20 \times (\text{Percent solids}) \times (\text{sample wt.})]$ if **Percent solids** is = 100%.
 - b. $[20 \times (\text{sample wt.} - \text{wt. of filtrate})]$ if **Percent solids** is $\geq 0.5\%$ and $< 100\%$.

Note: Because subsampling errors can occur between the original determination of the **Percent solids** and the selection of the weight of the multiphase sample for filtration and extraction, calculate the actual weight of filtered solids at the time the material is separated for extraction.

3. Prepare the appropriate extraction fluid as follows:
 - a. Extraction fluid #1: Add 5.7 ml of acetic acid for every liter of extraction fluid required to 500 ml of laboratory grade water, add 64.3 ml of 1 N NaOH for every liter of extraction fluid required and dilute to the final volume. Use a pH meter to adjust if necessary, the pH of the solution to 4.93 ± 0.05 with acetic acid or 1 N NaOH.
 - b. Extraction fluid #2: Add 5.7 ml of acetic acid for every liter of extraction fluid required to 500 ml of laboratory grade water and dilute to the final volume. Use a pH meter to adjust if necessary, the pH of the solution to 2.88 ± 0.05 with acetic acid or 1 N NaOH.
4. Add the extraction fluid to the extraction vessel.
5. Wrap Teflon tape around the threads of the extraction vessel.
6. Close the extraction vessel.
7. Place the extraction vessel in the TCLP rotation device, secure the vessel, and rotate the vessel at 30 rpm for 18 ± 2 hrs.
8. Ambient temperature in the extraction room shall be maintained at 23 ± 2 °C during agitation.
9. **Note:** As agitation continues, pressure may build up within the vessel for some types of solids. To relieve excess pressure, the extractor vessel may be periodically opened inside a fume hood.
10. Filter the sample as described in **Instructions for Filtering samples**. The filter may be changed, if necessary to facilitate filtration.
11. Save filtrate and discard solids.

If the **Percent solids** = 100%.

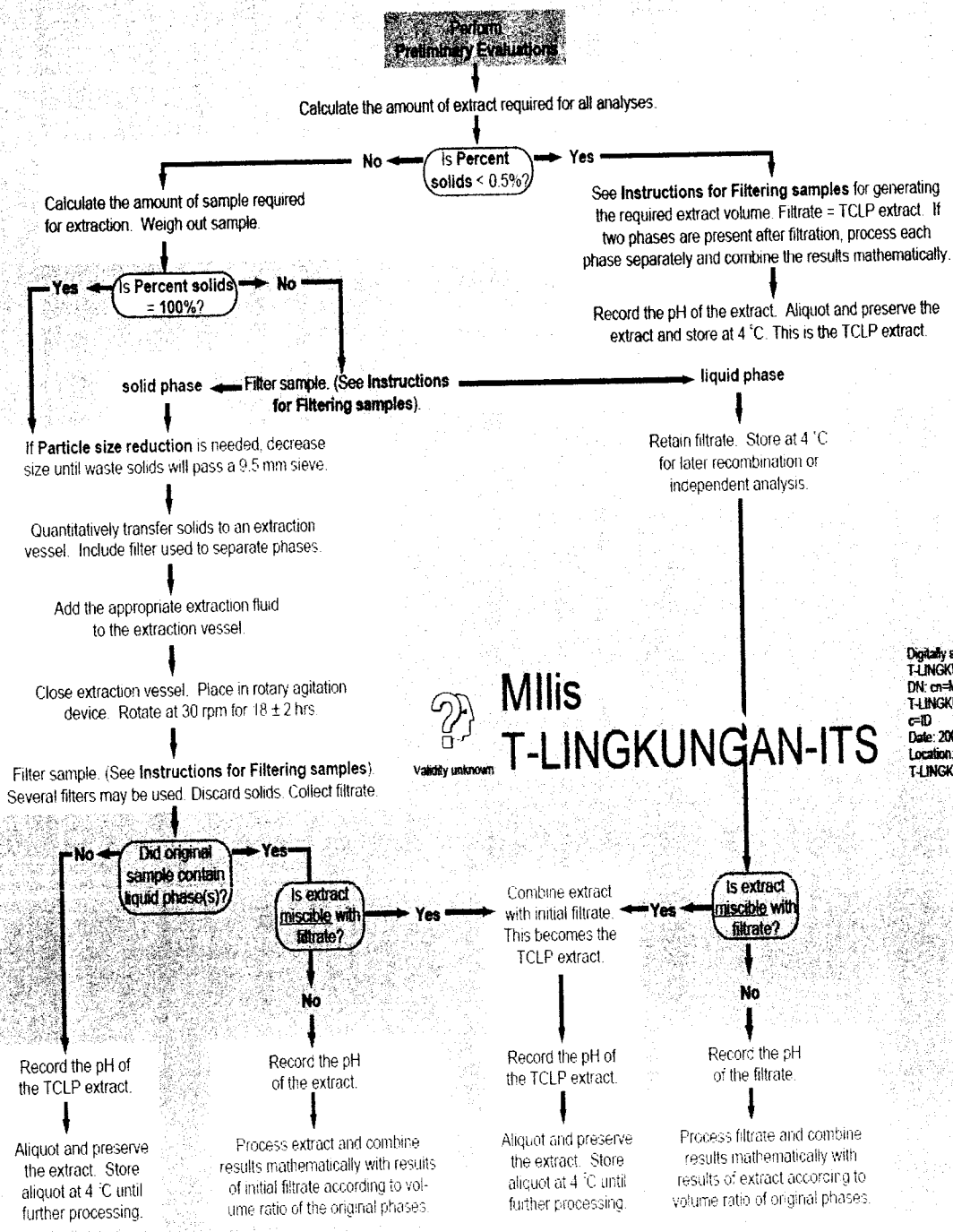
1. Record the pH of the TCLP extract and aliquot and preserve the extract for sample extraction and analysis. Store extract at 4 °C.

If original sample contained one or more liquid phase(s) and the extract is *miscible* with the filtrate.

1. Combine the extract with filtrate, this becomes the TCLP extract.
2. Record the pH of the TCLP extract and aliquot and preserve the extract for sample extraction and analysis. Store extract at 4 °C.

If original sample contained one or more liquid phase(s) and the extract is *not miscible* with the filtrate.

1. Record the pH of the extract.
2. Record the pH of the filtrate.
3. Aliquot and preserve the extract and filtrate separately for sample extraction and analysis. Store extract and filtrate at 4 °C.
4. Combine results from the analyses for the extract and filtrate mathematically according to the volume ratio of the original phases.
 - a. Final analyte concentration = $[(V_1) \times (C_1) + (V_2) \times (C_2)] / [V_1 + V_2]$
 - i. V_1 = the volume of the first phase (L).
 - ii. C_1 = the concentration of the analyte of concern in the first phase (mg/L).
 - iii. V_2 = the volume of the second phase (L).
 - iv. C_2 = the concentration of the analyte of concern in the second phase (mg/L).



? **Milis T-LINGKUNGAN-ITS**

Validity unknown

Digitally signed:
 T-LINGKUNG
 DN: cn=Milis
 T-LINGKUNG
 c=ID
 Date: 2004.09
 Location: milis
 T-LINGKUNG