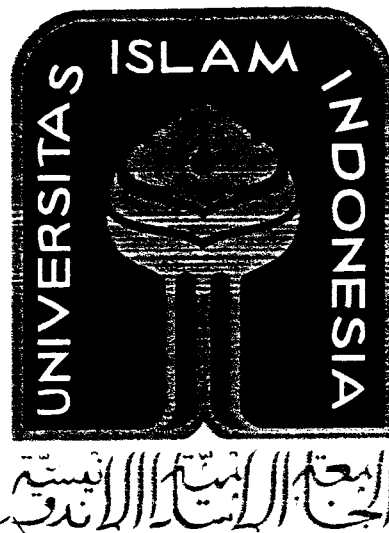


TA/TL/2005/0042

PERPUSTAKAAN FTSP UIN	
HABISAN/DESI	
TGL. TERIMA :	28 Juni 2006
NO. JUDUL :	001993
NO. INV. :	51200001993001
NO. INDUK :	

SOLIDIFIKASI LIMBAH KATALIS RCC-15 SEBAGAI CAMPURAN BAHAN PEMBUAT KERAMIK

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



DIBACA DI TEMPAT
TIDAK BOLEH PULANG

Disusun oleh :

Nama : Febrian Abdullah
No Mahasiswa : 01513087

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

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir

**SOLIDIFIKASI LIMBAH KATALIS RCC-15 SEBAGAI
BAHAN CAMPURAN PEMBUATAN KERAMIK**

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

Oleh :

Febrian Abdullah

01.513.087


Teiah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. H. Kasam, MT

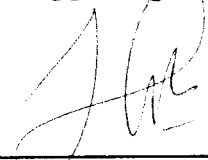
Dosen Pembimbing I

Hudori, ST

Dosen Pembimbing II



Tanggal : 26-10-05



Tanggal : 26-10-05

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

السَّلَامُ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul “ Solidifikasi Limbah Katalis RCC-15 Sebagai Campuran Bahan Pembuat Keramik ” ini.

Penyusunan tugas akhir ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh jenjang kesarjanaan Strata 1 pada Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Pada kesempatan ini kami ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Ir. H. Widodo, MSCE, Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. H. Kasam, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia dan sekaligus selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir.
3. Bapak Luqman Hakim, ST, Msi, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

4. Bapak Hudori, ST selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir.
5. Bapak Eko Siswoyo, ST dan Bapak Andik Yulianto, ST yang telah memberikan bimbingan dan ilmu pengetahuan kepada saya.
6. Mas Agus, Pak Sam, Mas Tasyono yang telah banyak membantu saya dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
7. Papa dan Mama tercinta yang telah memberikan dorongan materil dan do'a kepada saya.
8. Saudara-saudaraku yang tercinta : Kak Dian, Bang Abrar, Bang U'un yang telah memberikan spirit agar cepat menyelesaikan studi.
9. Teman-teman seperjuangan "Solidifikasi" : Harum (Thanx atas semuanya), Mba' Dian, Mas Iman dan Mas Emzita (tetap kompak Coy...!)
10. Sahabat-sahabat *Enviro '01* : Warih, Affan, Ajiz, Idep, Ciplux, Andri, Pandu (Thanx atas bantuannya dalam membuat keramik...), Q_noy (Noy, cepat nyusul jack, sesungguhnya anggapan mu tentang cepat lulus itu salah! Hehe...). Ismail (Il, tetap semangat.... Kamu pasti bisa!). Anak-anak *basecamp '01* (Dedek, Ndras, Imam, Muchtar, Joko, DeniThanx atas persahabatannya), Wisnu (Thanx atas evaluasinya), Mas Djatu (Tetap Semangant yo.....), Retno dan Yeyen (Ayo buruan nyusul....), Ferina, Indri, iko, puput, medya, novi dan teman-teman yang lain yang tidak disebutkan, mohon maaf.... Semoga persahabatan dan persaudaraan kita dapat belangsung abadi... Amien! Hidup *Enviro '01!!!*
11. Anak-anak kost "Pak Daud" : Anto (Thanx atas printernya...) Mas Danar, Mas Ardi, Mas ilham, Idep (lagi neh....*Sparing partner* yang cocok buat maen

PS! Hehe...), Nanang, Bang Yayan, Fandi, Munthe, Panca, Mandra, Chepi, Heru, Timan dan Ifan... Tetap kompaq Coy!

12. Mas-mas *Enviro* : Mas wawan '99, Bang Angga '99, Mas Adi '99, Mas Zainal '00, Kak Fachri'00, Mba' Rhina'00, Mas Fikri'00 terimakasih atas bimbingan dan masukannya.

13. Adek-adek *Enviro* : Anak-anak HMTL (Tetap berjuang dan berkarya demi Mahasiswa!), Gris'03, Ina'03, Ayu'02, Eno'02, Ari.S'03, uchi'03, Reni'03, Egi'03, Tris'03, Ari P'03, Dedi'03, Karmila'04, Firma'04, Gina'04 dan adek-adek yang lain yang tidak disebutkan, terimakasih atas kerjasama, bantuan dan keceriaannya...

Semoga seluruh amal dan kebaikan yang telah diberikan mendapatkan ridho dari Allah SWT. Akhir kata saya berharap tugas akhir ini bermanfaat bagi kita semua. Amin

وَالسَّلَامُ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

Yogyakarta, November 2005

Penyusun

MOTTO

*Cukup bagi kami ilmu sebagai milik
Biarkan kami berlimpah ilmu
Biarkan yang awam bergelimang harta
Harta 'kan luluh dalam sekejap
Sedang ilmu tiada 'kan fana.*

*Sungguh, seseorang hanya akan meraih pengetahuan
bila dalam dirinya terdapat enam hal :
Kecerdasan, Semangat, Ketabahan, Bekal, Bimbingan guru
dan Proses yang terus tiada henti.*

*Barang siapa yang ingin mendapatkan kesuksesan hidup
didunia
dituntut untuk menguasai ilmu pengetahuan,
barang siapa yang ingin mendapatkan kebahagiaan di
akhirat
dituntut untuk menguasai ilmu pengetahuan,
dan barang siapa yang ingin mendapatkan kesuksesan dan
kebahagiaan keduanya juga dituntut untuk menguasai ilmu
pengetahuan.*

*Allah niscaya akan mengangkat derajat orang-orang yang
beriman
dan mereka yang berilmu pengetahuan beberapa derajat.
Dan, Allah Maha Mengetahui terhadap apa yang kamu
lakukan.*

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
MOTTO.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
ABSTRAKSI.....	xiv
ABSTRACK.....	xv
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
1.5. Batasan Masalah.....	4

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Limbah Katalis	5
2.2. Penelitian Tentang Limbah Katalis	8
2.3. Pengolahan Limbah Padat.....	9
2.4. Identifikasi Limbah Berbahaya dan Beracun.....	11
2.4.1. Definisi Limbah B3	12
2.4.2. Identifikasi Limbah Berdasarkan Karakteristik	11
2.4.2.1 Mudah Meledak.....	11
2.4.2.2 Mudah terbakar	12
2.4.2.3 limbah Reaktif.....	12
2.4.2.4 Limbah Beracun.....	12
2.4.2.5 Limbah Infeksi	13
2.4.2.6 Limbah Korosif	13
2.4.3 Klasifikasi Limbah B3	13
2.5. Logam Berat.....	16
2.5.1. Kromium (Cr).....	17
2.5.1.1. Efek Cr Bagi Kesehatan	19
2.5.1.2. Efek Cr Dalam Lingkungan	20
2.5.2. Seng (Zn).....	20
2.5.2.1. Efek Zn Bagi Kesehatan.....	22
2.5.2.2. Efek Zn Dalam Lingkungan.....	23
2.5.3. Timbal (Pb)	24
2.5.3.1. Efek Pb Bagi Kesehatan.....	25

2.5.3.2. Efek Pb Bagi Lingkungan	27
2.5.4. Tembaga (Cu).....	28
2.5.4.1 Efek Cu Bagi Kesehatan	29
2.5.4.2 Efek Cu Bagi Lingkungan.....	30
2.5.5 Nikel (Ni)	31
2.5.5.1 Efek Ni Bagi Kesehatan	33
2.5.5.2 Efek Ni Bagi Lingkungan	34
2.6. Keramik.....	35
2.6.1. Umum.....	35
2.6.2. Tanah Liat	35
2.6.3. Macam–Macam Tanah Liat (Bahan Plastis).....	36
2.6.4. Bahan–Bahan Keramik Tidak Plastis (Non Plastis).....	37
2.6.5. Pembentukan.....	40
2.6.6. Pengeringan.....	40
2.6.7. Pembakaran.....	42
2.6.8. Jenis Bahan Keramik Menurut Kepadatan.....	42
2.7. Solidifikasi/Stabilisasi.....	44
2.7.1. Solidifikasi-Stabilisasi.....	44
2.7.2. <i>Extraction Procedure Toxicity Test</i>	46
2.7.3. TCLP.....	48
2.8. Kuat Lentur	49
2.9. Daya Serap Air.....	49

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	50
3.1. Umum.....	50
3.2. Bahan Susun.....	50
3.3. Asal Bahan Susun.....	51
3.3.1. Asal Limbah Katalis.....	51
3.3.2. Asal Bahan Mentah Keramik	52
3.3.3. Asal Air	53
3.4. Analisa Karakteristik Bahan.....	53
3.4.1. Analisa Limbah Katalis.....	53
3.4.2. Analisa Bahan Mentah Keramik	54
3.4.3. analisa Air	54
3.5. Rancangan Campuran	54
3.6. Pembuatan Benda Uji.....	55
3.7. Pengujian Benda Uji.....	56
BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	58
4.1. Hasil Penelitian	58
4.1.1. Karakteristik Limbah Katalis	58
4.1.2. Rancangan Campuran Keramik	59
4.1.3 Uji Daya Serap Air.....	60
4.1.4. Uji Kuat Lentur	61
4.1.5. Uji <i>Leachate</i> Dengan Metode TCLP.....	62
4.1.6 Komposisi Logam Berat Masuk (<i>Input</i>) Dan	

Logam Berat Keluar (Output) Pada Keramik	63
4.1.7 Efisiensi Immobilisasi Logam Berat (Pb, Cr, Zn, Cu dan Ni) Dalam Keramik.....	64
4.1.8 Biaya Pembuatan nKeramik Tiap Biji Untuk Setiap Formula	65
4.2. Pembahasan.....	66
4.2.1. Karakteristik Limbah Limbah Katalis.....	66
4.2.2. Rancangan Campuran Keramik	67
4.2.3 Uji Daya Serap Air.....	68
4.2.4. Uji Kuat Lentur	69
4.2.5. Uji Lindi Dengan Metode TCLP.....	72
4.2.6. Perbandingan Optimum Ditinjau Dari Uji Kuat Lentur dan Uji TCLP.....	79
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	81
5.1. Kesimpulan.....	81
5.2. Saran.....	82
DAFTAR PUSTAKA	83

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Hasil Pengukuran Spent Catalyst Tahun 2000 Di PT. PERTAMINA.....	7
Tabel 2.2. Beberapa Sifat Fisik Logam Kromium (Cr).....	17
Tabel 2.3. Beberapa Sifat Fisik Logam Seng (Zn).....	21
Tabel 2.4. Beberapa Sifat Fisik Logam Timbal (Pb).....	25
Tabel 2.5. Beberapa Sifat Fisik Logam Tembaga (Cu).....	28
Tabel 2.6. Beberapa Sifat Fisik Logam Nikel (Ni).....	32
Tabel 2.7. Metode Tes Lindi/ <i>Leachate</i>	47
Tabel 3.1. Rancangan Campuran Keramik.....	54
Tabel 3.2. Jenis, Ukuran dan Jumlah Benda Uji.....	55
Tabel 4.1. Karakteristik Fisik Limbah Katalis.....	58
Tabel 4.2. Karakteristik Kimia Limbah Katalis.....	58
Tabel 4.3. Rancangan Campuran Keramik.....	59
Tabel 4.4. Hasil Uji Daya Serap Air.....	60
Tabel 4.5. Nilai Kuat Lentur Rata-Rata Sampel Keramik.....	61
Tabel 4.6. Hasil Rata-Rata <i>Leachate</i> Logam Berat Dalam Keramik Limbah.....	62
Tabel 4.7. Komposisi Logam Masuk dan Keluar.....	63
Tabel 4.8. Efisiensi Immobilisasi Logam Berat (Pb, Cr, Cu, Zn dan Ni)	

	Dalam Keramik	64
Tabel 4.9	Rincian Biaya Pembuatan Keramik Tiap Biji	65
Tabel 4.10.	Perbandingan Optimum Ditinjau Dari Uji Kuat Lentur dan Uji TCLP.....	80

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Stuktur Atom Kromium (Cr).....	17
Gambar 2.2. Stuktur Atom Seng (Zn).....	21
Gambar 2.3. Stuktur Atom Timbal (Pb).....	24
Gambar 2.4. Struktur Atom Tembaga (Cu)	28
Gambar 2.5 Stuktur Atom Nikel (Ni)	32
Gambar 3.1 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian.....	57
Gambar 4.1 Hasil Uji Daya Serap Air	60
Gambar 4.2 Hasil Uji Kuat Lentur.....	61
Gambar 4.3 Hasil Uji TLP Logam Berat (Cr, Cu, Pb, Zn dan Ni)	62
Gambar 4.4 Struktur Rongga Feldspar.....	75
Gambar 4.5 Struktur Rongga Feldspar Yang Telah Terisi Logam Berat Limbah Katalis	75
Gambar 4.6 Perubahan Susunan Partikel dalam Immobilisasi	76

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Foto Pembuatan Keramik.....	L-01
Hasil Perhitungan Efisiensi	L-03
Hasil Uji Daya Serap Air	L-08
Perhitungan Uji Kuat Lentur	L-10
Hasil Uji Kuat Lentur	L-15
Hasil Uji Berat Volume.....	L-17
Hasil Uji Modulus Kehalusan Katalis.....	L-81
Hasil Uji Berat Jenis Katalis	L-19
Hasil Uji TCLP Awal.....	L-20
Hasil Uji TCLP Akhir	L-25
Prosedur Pengujian TCLP.....	L-30

ABSTRAKSI

Permasalahan limbah dewasa ini sering kali menjadi permasalahan bagi industri-industri yang dalam proses produksinya menghasilkan limbah. Apalagi limbah yang dihasilkan termasuk kategori bahan berbahaya dan beracun (B3). Selama ini penanganan limbah B3 diserahkan kepada PT. Persada Pemusnah Limbah Industri (PPLI) yang membutuhkan biaya cukup besar. Untuk meminimalisasi biaya yang disebabkan oleh penanganan limbah ini, alangkah lebih baik jika limbah ini dimanfaatkan untuk keperluan yang lebih berguna. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat logam berat yang terimmobilisasi dalam keramik yang telah ditambahkan limbah katalis dan bahan-bahan aditif. Di samping itu juga untuk mengetahui kualitas kuat lentur keramik, kualitas daya serap air dan persentase penambahan limbah katalis yang optimum dalam pembentukan keramik.

Salah satu metode pengolahan yang digunakan adalah solidifikasi limbah katalis sebagai keramik. Dalam proses solidifikasi ini, digunakan penambahan variasi konsentrasi 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% limbah katalis dalam bahan-bahan keramik, selanjutnya diberi air secukupnya dan dicetak dengan ukuran 10cmx10cmx1cm. Keramik yang sudah dicetak dikeringkan dan dibakar dengan suhu 1200°C selama 16 jam, masing-masing variasi percobaan dibuat 25 sampel keramik. Terhadap benda uji keramik yang diperoleh, dilakukan uji kuat lentur, uji daya serap air dan uji lindi dengan metode TCLP.

Penambahan limbah katalis dalam bahan-bahan pembuatan keramik menunjukkan suatu hasil yang positif. Pada uji daya serap air, diperoleh bahwa terjadi kenaikan tingkat daya serap air dari keramik yang tanpa katalis (9,88%) hingga keramik dengan katalis 20% (11,90%). Hal ini terjadi karena kemampuan daya ikat katalis untuk mengikat bahan-bahan yang lain sedikit lebih rendah dibandingkan dengan kaolin. Sehingga kerapatan keramik yang dihasilkan juga lebih kecil. Sedangkan pada uji kuat lentur terhadap sampel keramik diperoleh keramik tanpa katalis mempunyai kuat lentur 130.73 kg/cm² hingga penambahan katalis 20% mempunyai kuat lentur sebesar 109.13 kg/cm². Penambahan limbah katalis tidak memiliki dampak penurunan kuat lentur yang signifikan. Hal ini terbukti, dengan penambahan katalis hingga 20%, kuat lentur yang dihasilkan masih jauh diatas keramik pembanding yang ada di pasaran yaitu keramik Mulia, KIA dan Diamond sebesar 29,25 kg/cm², 31,69 kg/cm², 21,94 kg/cm². Sementara itu pada uji TCLP diperoleh hasil yang bervariasi. Dari hasil yang diperoleh, konsentrasi logam berat (Pb, Cr, Zn, Ni dan Cu) masih di bawah standar baku mutu yang ditetapkan (P.P No 85 Tahun 1999) tentang Pengelolaan Limbah Berbahaya dan Beracun (B3). Dari hasil penelitian secara keseluruhan dapat ditarik kesimpulan bahwa pemanfaatan limbah katalis sebagai campuran keramik cukup aman dan memenuhi standar, baik secara fisik (daya serap air dan kuat lentur) maupun secara kimia (uji TCLP).

Kata Kunci : Solidifikasi, Katalis, Daya serap Air, Kuat Lentur, TCLP

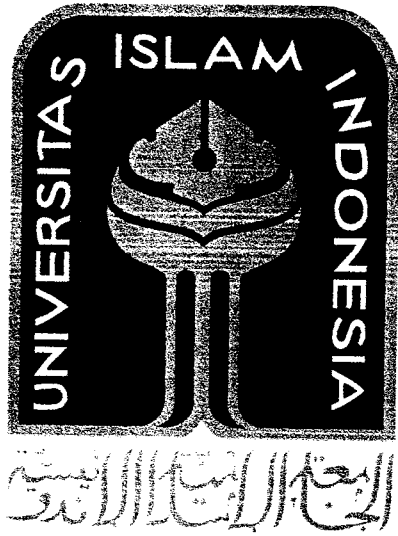
ABSTRACT

Recently, the waste issues has been the concern of the industry which produces the waste in its production process, particularly when it the produces the toxic and harmful material. During this time, the management of toxic and harmful waste is the duty of PT. Persada Pemusnah Limbah Industri (PPLI) which requires considerable cost. To minimize the cost incurred for the waste management, it is better to take benefit from the waste. The research is aimed at identifying the heavy metal mobilized in the ceramics mixed with catalyst waste and additive material. In addition, this paper also identifies the refraction level, water absorbance and the optimum waste addition in preparing the ceramics.

The method adopted was solidification of catalyst waste as ceramics. In the process of solidification, the increments of catalyst waste concentration were 0%, 5%, 10%, 15% an 20% in the ceramics material. Further, the concentration was added with water and molded with the size of 10 x 10 x 1 cm. the molded ceramics was air-dried and burned at 1200°C for 16 hours, each experiment variation consisted of 25 ceramics sample. The test conducted for the refraction level, water absorbance and alkali test using TCLP method.

The increment of catalyst (RCC-15) in the material for the ceramics preparation indicated the positive result. The result search show that there was an increment in the water absorbance of the ceramics without catalyst (9,88%) and those with catalyst 20% (11,90%). This condition are influenced by bonding catalyst the other e material was slightly lower compared to chaolin. Therefore, the resulting ceramics density was smaller. The refraction test on ceramics revealed that the ceramics with no catalyst had the refraction of 130,73kg/cm² until the increment of the catalyst of 20% had the refraction up to 109,13 kg/cm². the addition of catalyst up to 20% yielded the higher refraction than the referent ceramics available in the market, such as Mulia ceramics, KIA and Diamond was the refraction levels of 29,25 kg/cm², 31,69 kg/cm², 21,94 kg/cm². TCLP test revealed varied result. The concentration of the heavy metal (Pb, Cr, Zn Ni an Cu) was still bellow the determined standard quality (P.P No 85 of 1999) concerning the management of toxic and harmful material. The overall result indicated the exploitation of catalyst waste as the ceramics mixture was relatively safe and fulfilled the standard, both physically (water absorbance and refraction) and chemically (TCLP test)

Key word : Solidification, Catalyst, Water absorbance, refraction, TCLP.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permasalahan limbah dewasa ini acap kali menjadi permasalahan bagi industri-industri yang dalam proses produksinya menghasilkan limbah. Apalagi limbah yang dihasilkan termasuk kategori bahan berbahaya dan beracun (B3). Selama ini penanganan limbah B3 diserahkan kepada PT. Persada Pemusnah Limbah Industri (PPLI) yang membutuhkan biaya cukup besar. Untuk meminimalisasi biaya yang disebabkan oleh penanganan limbah ini, alangkah lebih baik jika limbah ini dimanfaatkan untuk keperluan yang lebih berguna.

Pada PT. Pertamina unit (UP) VI Balongan permasalahan limbah katalis yang termasuk salah satu jenis limbah B3 saat ini tengah mengemuka. Ini disebabkan karena dihentikannya pengiriman limbah ke PPLI sejak tahun 1998. Menurut juru bicara PT Pertamina (Persero) M. Harun, limbah pembuangan katalis berupa *Residue Catalytic Cracking* (RCC) 15 dan *sludge* sejak 1998 jumlahnya mencapai 16.000 ton menumpuk di areal Kilang Balongan.

Katalis adalah suatu bahan yang dipergunakan untuk mempercepat reaksi pada saat proses perengkahan (*cracking*). Pada akhir proses, katalis ini akan dikeluarkan berupa limbah, yang setiap harinya mencapai ± 17 ton/hari (pada UP VI Balongan). 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 keramik. Hal ini dimungkinkan karena untuk pembuatan keramik, hanya diperlukan tanah liat yang bersifat plastis. Sedangkan limbah katalis juga bersifat plastis dan mengandung unsur oksida, diantaranya : SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 yang dapat membentuk ikatan keramik dan memberikan kontribusi kuat keramik pada bahan keramik. Untuk itu perlu diteliti komposisi campuran limbah yang tepat dalam pembuatan keramik, agar diperoleh hasil yang baik. Dengan teknologi keramik, yaitu pemadatan dengan menggunakan bahan pengikat (tanah liat) diharapkan limbah katalis yang mengandung unsur-unsur logam berat yang tinggi, yaitu : Pb, Zn dan Ni 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 keramik dapat mengimobilisasi logam-logam berat yaitu : Cr, Cu, Pb, Zn dan Ni

2. Berapa konsentrasi unsur-unsur logam berat yaitu : Cr, Cu, Pb, Zn dan Ni pada limbah katalis yang terlepas (*leachate*) setelah dibuat keramik dengan melakukan pengujian kuat tekan yang selanjutnya dilakukan uji TCLP.
3. Bagaimana pengaruh penambahan komposisi limbah katalis terhadap kualitas keramik yang dihasilkan.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari dilaksanakannya penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui tingkat immobilisasi logam-logam berat (*lechate*) yaitu : Cr, Cu, Pb, Zn dan Ni pada pembuatan keramik.
2. Untuk mengetahui sifat fisik keramik, terutama daya resap air dan kuat lentur keramik yang dihasilkan.
3. Untuk mengetahui seberapa besar nilai biaya produksi yang dikeluarkan untuk pembuatan keramik dengan menggunakan campuran limbah katalis dibanding dengan keramik biasa.

1.4 Manfaat Penelitian

Pemanfaatan limbah katalis dari industri tekstil dalam pembuatan keramik diharapkan akan memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Limbah katalis dari PT. Pertamina UP VI, Balongan dapat dimanfaatkan sebagai bahan bangunan, yaitu keramik yang memberikan nilai ekonomi.

2. Memanfaatkan limbah katalis untuk pembuatan keramik dapat meminimalkan unsur-unsur logam berat, yaitu : Cr, Cu, Pb, Zn dan Ni 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 keramik untuk unsur-unsur logam berat, yaitu : Cr, Cu, Pb, Zn dan Ni dengan kaolin, tanah liat, fire clay, samot 60 mesh dan feldspar sebagai bahan mentah keramik.
2. Ukuran butir bahan pembuat keramik, yaitu kaolin, tanah liat dan feldspar adalah 200 mesh.
3. Benda uji berbentuk keramik batu (*Stoneware*)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Katalis

Limbah katalis yang dipergunakan untuk bahan tambahan adukan beton dan keramik, merupakan hasil dari proses RCC (*Residu Catalic Craker*). Limbah katalis yang digunakan pada RCC ini adalah jenis Zeolit kristalin dengan struktur regular, yang mengandung unsur-unsur Oksida, Calsium, Magnesium dan *Rare earth family* (*Lathanum, Cherium*).

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 : $\text{NaAlSiO}\cdot\text{H}_2\text{O}$ dengan struktur regular, yang merupakan hasil proses dari RCC. Limbah katalis yang digunakan pada RCC ini adalah jenis yang mengandung unsur-unsur Oksida silika dan Alumina. Selain itu didalamnya juga mengandung unsur-unsur kecil lainnya, seperti : Sodium, Calsium, 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.

Kekuatan semen yang telah mengeras tergantung pada jumlah air yang dipakai untuk proses hidrasi berlangsung. Pada dasarnya jumlah air yang diperlukan untuk proses hidrasi hanya kira-kira 25% dari berat semen, penambahan jumlah air akan mengurangi kekuatan setelah mengeras. Air kelebihan dari yang diperlukan untuk proses hidrasi pada umumnya memang diperlukan pada pembuatan beton, agar campuran 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 sesedikit mungkin, agar kekuatan beton tidak terlalu rendah. Seperti yang telah diuraikan di atas, pasta semen merupakan bagian yang *porous*. Konsentrasi hasil-hasil hidrasi yang padat pada seluruh ruang atau volume yang tersedia (volume yang semula ditempati oleh air dan semen) merupakan suatu nilai indeks porositas. Sebagaimana benda padat lain, kuat tekan pasta semen (juga betonnya) sangat dipengaruhi oleh besar pori-pori diantara gel-gel atau pori-pori hasil hidrasi. Kelebihan air akan mengakibatkan pasta semen berpori lebih banyak, sehingga hasilnya kurang kuat dan juga lebih *porous* (berpori) (PERTAMINA-LP UNPAD, 2001).

PT.Pertamina telah melakukan uji terhadap kandungan limbah katalis yang mereka hasilkan. Berikut ini adalah data hasil pengukuran limbah katalis pada tahun 2000 yang diukuroleh Lembaga Penelitian 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

2.2 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 di bawah 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.

4. Selain pemanfaatan limbah katalis untuk pembuatan keramik, telah dilakukan juga beberapa penelitian pembuatan keramik dengan menggunakan bahan campuran yang lain seperti abu terbang (*fly ash*), limbah Crom dari penyamakan kulit dan berbagai bahan campuran lainnya.

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

2.3 Pengolahan Limbah Padat

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

1. Pengkonsentrasian

Dilakukan untuk meningkatkan konsentrasi *sludge* sehingga dapat mengurangi volume *sludge* tersebut. Pengkonsentrasian *sludge* biasanya

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

2. Pengurangan kadar air

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

3. Stabilisasi

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

4. Pembakaran

adalah pembakaran *sludge* dengan suhu tinggi ($> 900\text{ }^{\circ}\text{C}$). Dalam proses pembakaran limbah padat ini harus digunakan peralatan yang khusus seperti *incinerator* karena dengan pembakaran pada suhu tersebut dapat

sempurna dan tidak dihasilkan hasil samping yang akan membahayakan lingkungan.

2.4 Identifikasi Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun

2.4.1 Definisi Limbah B3

Limbah adalah bahan yang tidak diinginkan atau sisa dari suatu proses produksi, atau yang dibuang dari pemukiman penduduk atau komunitas hewan. 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.

2.4.2 Identifikasi Limbah Berdasarkan Karakteristik

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

2.4.2.1 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.

2.4.2.2 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.

2.4.2.3 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.

2.4.2.4 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. Prosedure ekstraksi untuk menentukan senyawa organik dan anorganik (TCLP) dapat digunakan untuk identifikasi limbah ini. Limbah ynag menunjukkan karakteristik beracun yaitu jika diekstraksi dari sampel yang mewakili mengandung kontaminan lebih besar .

2.4.2.5 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.

2.4.2.6 Limbah Korosif

Limbah yang bersifat korosif, yaitu limbah yang menyebabkan iritasi (terbakar) pada kulit atau mengkorosikan baja (Sudrajat AI, 2001).

2.4.3 Klasifikasi Limbah B3

Sampah-sampah berbahaya yang telah ditentukan sebagai sampah atau kombinasi dari sampah-sampah yang berlaku sebagai sebuah resiko potensial pada manusia atau organisme hidup lain karena : sampah-sampah yang tidak dapat bertahan di alam, dapat dikembangkan secara biologis, bisa mematikan atau sampah-sampah itu cenderung mengakibatkan efek-efek kumulatif yang merusak. Sifat-sifat dari material-material buangan itu yang telah digunakan untuk menilai apakah sampah yang berbahaya itu berkaitan dengan pertanyaan tentang keselamatan dan kesehatan.

- Sifat-sifat yang berkaitan dengan keselamatan : Pengkaratan (korosifitas), peledakan, flammabilitas, pembakaran, reaktifitas.

- Sifat-sifat yang berkaitan dengan kesehatan : Karsinogenitas, infeksi-fitas, iritasi, mutagenitas, keracunan, radioaktifitas, teratogenitas.

Pada saat sekarang, berbagai sistem klasifikasi dan daftar prioritas telah diadopsi oleh agen-agen pengaturan yang berbeda untuk menentukan suatu sampah berbahaya. Untuk alasan ini, semua sistem klasifikasi pengoperasian yang sedang digunakan harus dipikirkan pada berbagai penilaian.

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 peningkata efek toksik yang tergabung 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 yerbesar 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. (George Tchobanoglous. etc, 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 (Hg), kadmium (Cd), kromium (Cr) dan lain-lain. Perbedaan logam berat dengan biasa dapat ditentukan berdasarkan karakteristiknya yaitu memiliki *specific gravity* yang sangat besar (lebih dari 4) mempunyai nomor atom 22-23 dan 40-50 serta unsur-unsur lantanida dan aktinida memiliki respon biokimia khas (spesifik) pada organisme hidup, logam-logam yang dengan mudah mengalami reaksi kimia bila bertemu dengan unsur oksigen atau disebut juga dengan *Oxygen Seeking metal*, logam-logam yang mudah mengalami reaksi kimia bila bertemu dengan unsur-unsur nitrogen atau unsur belerang (sulfur) atau disebut juga *nitrogen sulfur seeking metal* dan dari logam antara atau logam transisi yang memiliki sifat khusus sebagai logam pengganti (ion pengganti) untuk ion-ion logam dari kelas A dan logam dari kelas B.

2.5 Logam Berat

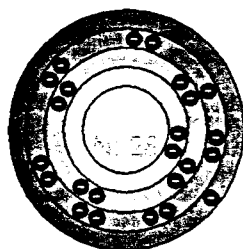
Logam berat adalah komponen alamiah lingkungan yang mendapatkan perhatian berlebih akibat ditambahkan ke dalam tanah dalam jumlah yang semakin meningkat dan bahaya yang mungkin ditimbulkan. Logam berat menunjuk pada logam yang mempunyai berat jenis lebih tinggi dari 5 atau 6 g/cm³. Namun pada kenyataannya dalam pengertian logam berat ini, dimasukkan pula unsur-unsur metaloid yang mempunyai sifat berbahaya seperti logam berat sehingga jumlah seluruhnya mencapai lebih kurang 40 jenis. Beberapa logam

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

2.5.1 Kromium (Cr)

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

Atomic Structure



Gambar 2.1 Struktur Atom Cr

Tabel 2.2. Beberapa Sifat Fisik Logam Kromium

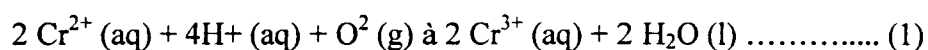
Nama	Kromium
Simbol	Cr
Nomor atom	24
Massa atom relative	51,996 g.mol ⁻¹
Titik leleh	1857.0 °C (2130.15 °K, 3374.6 °F)
Titik didih	2672.0 °C (2945.15 °K, 4841.6 °F)
Nomor Proton/Elektron	24
Nomor Neutron	28
Klasifikasi	Logam Transisi
Struktur Kristal	Kubik
Densitas @ 293 K	7.19 g/cm ³
Warna	Abu-abu

(Sumber : Anonim, 2005).

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

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

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



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

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

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

2.5.1.1 Efek Krom Bagi Kesehatan

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

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

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

2.5.1.2 Efek Krom Pada Lingkungan

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

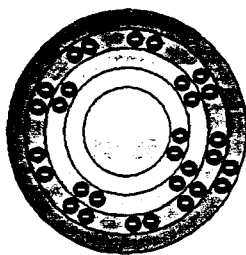
Aktivitas utama manusia yang meningkatkan konsentrasi logam kromium (III) adalah pabrik kulit dan tekstil. Aktivitas utama manusia yang meningkatkan konsentari logam kromium (VI) adalah yang memproduksi bahan kimia, tekstil, kulit, elektro dan penggunaan kromium (VI) lainnya dalam industri. Sebagian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

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

2.5.2 Seng (Zn)

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

Atomic Structure



Gambar 2.2 Struktur Atom Zn

Tabel 2.3. Beberapa Sifat Fisik Logam Seng

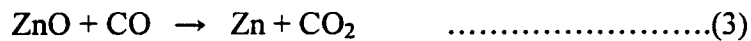
Nama	Seng (Zn)
Simbol	Zn
Nomor atom	30
Massa atom relative	65.39 g.mol ⁻¹
Titik Didih	419.58°C (692.73°K, 787.24396 °F)
Titik Leleh	907.0 °C (1180.15 °K, 1664.6 °F)
Nomor Proton/Elektron	30
Klasifikasi	Logam Transisi
Struktur Kristal	Hexagonal
Densitas @ 293 K	7.133 g/cm ³
Warna	Kebiru-biruan

(Sumber : Anonim, 2005).

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

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

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



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

2.5.2.1 Efek Seng bagi Kesehatan

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

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

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

Seng bisa merupakan suatu bahaya bagi anak-anak belum lahir dan baru lahir. Ketika para ibu mereka sudah menyerap konsentrasi seng yang besar, anak-anak dapat kena melalui darah atau susu dari para ibu mereka (Anonim, 2005).

2.5.2.2 Efek Seng Pada Lingkungan

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

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

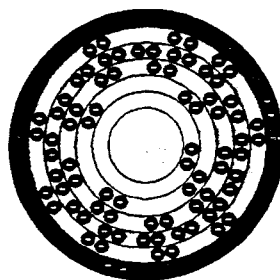
Beberapa ikan dapat mengumpulkan seng di dalam badan mereka, ketika mereka tinggal di terusan *zinc-contaminated*. Ketika seng masuk ke badan dari ikan tersebut bisa memperbesar bio rantai makanan.

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

2.5.3 Timbal (Pb)

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

Atomic Structure



Gambar 2.3 Struktur Atom Pb

Tabel 2.4. Beberapa Sifat Fisik Timbal

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

(Sumber : (Anonim, 2005).

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

2.5.3.1 Efek Timbal bagi Kesehatan

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

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

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

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

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

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

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

2.5.3.2 Efek Timbal Pada Lingkungan

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

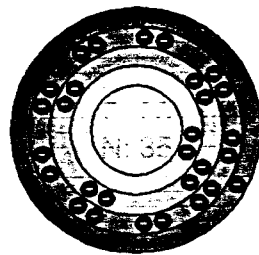
Timbal dapat terjadi dalam tanah dan air melalui korosi pipa saluran pada sistem transport air dan melalui karatan cat. Ini tidak bisa dihancurkan, hanya dapat dikonversi ke bentuk lain. Timbal terkumpul di dalam tubuh organisme air dan tanah. Organisme tersebut akan mempengaruhi kesehatan akibat dari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

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

2.5.4 Tembaga (Cu)

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

Atomic structure



Gambar 2.4 Struktur Atom Cu

Tabel 2.5 Beberapa sifat fisik Tembaga

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

(Sumber : Anonim, 2005).

Tembaga dengan nama kimia *cuprum* dilambangkan dengan Cu. Unsur ini berbentuk kristal dengan warna kemerahan. Dalam tabel periodic unsure-unsur kimia tembaga menempati posisi dengan nomor atom (NA) 29 dan mempunyai bobot atau massa atom relatif $63.546 \text{ g.mol}^{-1}$.

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

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

2.5.4.1 Efek Tembaga Bagi Kesehatan

Sebagai logam berat Cu berbeda dengan logam berat lainnya seperti Hg, Cd dan Cr. Logam berat Cu digolongkan ke dalam logam berat yang dipentingkan atau logam berat *essential*, artinya meskipun Cu merupakan logam berat beracun, unsur logam ini sangat dibutuhkan tubuh meski dalam kadar yang sedikit. Cu dibutuhkan sebagai kompleks protein yang mempunyai fungsi tertentu dalam

pembentukan haemoglobin, kalogen, pembuluh darah dan *myelin* otak. Toksisitas yang dimiliki oleh Cu baru akan bekerja dan memperlihatkan pengaruhnya bila logam ini telah masuk ke dalam tubuh organisme dalam jumlah besar atau melebihi nilai toleransi dari organisme tersebut.

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

2.5.4.2 Efek Tembaga Pada Lingkungan

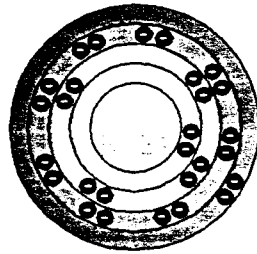
Tembaga yang masuk ke dalam tatanan lingkungan perairan dapat berasal dari peristiwa-peristiwa alamiah sebagai efek samping dari aktivitas yang dilakukan oleh manusia. Aktifitas manusia seperti pembuangan limbah industri, pertambangan Cu, industri galangan kapal dan bermacam aktivitas pelabuhan lainnya merupakan salah satu jalur yang mempercepat terjadinya peningkatan kelarutan Cu dalam salah satu jalur yang mempercepat terjadinya peningkatan kelarutan Cu dalam badan perairan. Masukan sebagai efek samping dari aktifitas manusia ini lebih ditentukan oleh bentuk dan aktifitas yang dilakukan. Proses daur ulang yang terjadi dalam system tatanan lingkungan perairan yang merupakan efek dari aktifitas biota perairan juga sangat berpengaruh terhadap peningkatan Cu dalam badan perairan (Palar,1994).

Dalam kondisi normal, keberadaan Cu dalam perairan ditemukan dalam bentuk senyawa ion Cu CO_3^+ , CuOH^- dan lain-lain. Biasanya jumlah Cu yang terlarut dalam perairan laut adalah 0,002 ppm sampai 0,005 ppm. Bila dalam badan perairan laut terjadi peningkatan kelarutan Cu, sehingga melebihi nilai ambang batas yang semestinya, maka akan terjadi peristiwa "*biomagnifikasi*" terhadap biota perairan. Peristiwa *biomagnifikasi* ini akan dapat ditunjukkan melalui akumulasi Cu dalam tubuh biota perairan tersebut. Akumulasi dapat terjadi sebagai akibat dari telah terjadinya konsumsi Cu dalam jumlah yang berlebihan, sehingga tidak mampu dimetabolisme oleh tubuh. (Anonim, 2005).

2.5.5 Nikel (Ni)

Logam nikel (Ni) dapat dikategorikan sebagai logam baru, baik ditinjau dari segi pengenalan maupun segi penggunaannya dalam bidang industri. Paduan logam nikel dengan logam lain akan menghasilkan logam paduan yang memiliki sifat anti karat, tahan goresan, tahan terhadap perubahan temperature mendadak serta mempunyai daya hantar listrik yang cukup baik. Kesemuanya itu sangat diperlukan dalam kehidupan modern.

Atomic structure



Gambar 2.5 Struktur Atom Ni

Tabel 2.6 Beberapa Sifat Fisik Nikel

Nama	Nikel
Simbol	Ni
Nomor atom	28
Massa atom relative	58.6934 g.mol ⁻¹
Titik Didih	1453.0 °C (1726.15 °K, 2647.4 °F)
Titik Leleh	2732.0 °C (3005.15 °K, 4949.6 °F)
Nomor Proton/Elektron	28
Nomor Neutron	31
Klasifikasi	Logam Transisi
Struktur Kristal	Kubik
Densitas @ 293 K	8.902 g/cm ³
Warna	Putih

(Sumber : Anonim, 2005).

Nikel banyak digunakan untuk pembuatan uang logam, baterai, bahan elektronika, alat laboratorium, *alloy* baja dan *stainless steel*. Ada kesan dari sebagian besar masyarakat bahwa unsure nikel bukanlah zat gizi yang penting. Namun menurut penelitian W.R Gordon, S.S Schwemmer dan W.S Hilman, 1978

dalam buku karangan A.H. Nasoetion dan D. Karyadi, 1998 menyatakan bahwa kebutuhan nikel untuk tikus dan ayam sekitar 50 ngr per gram makanan. Bila dari hasil percobaan ini diinterpolasikan pada manusia, maka kebutuhan nikel untuk manusia berkisar antara 16 sampai 25 μ gr per kalori

2.5.5.1 Efek Nikel Bagi Kesehatan

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

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

1. Kontak 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 yang beracun, menimbulkan *bronchopneumonia*, *hermorrahagika* hingga kematian.
3. Menghirup debu nikel, ini akan menimbulkan tumor ganas (kanker) pada paru-paru.

Keracunan serius indikator yang jelas adalah munculnya nikel di *urine* lebih dari 0,5 mg/l. Keracunan nikel akut dan penawar yang baik adalah *dietilditiokarbonat*. Pengeluaran nikel sebagian besar melalui *feces*.

2.5.5.2 Efek Nikel Pada Lingkungan

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

Pada umumnya batuan nikel terdapat dalam dua bentuk yang berlainan yaitu sebagai batuan nikel primer/sulfida dan batuan nikel sekunder laterit. Biji sulfida adalah batuan nikel yang terjadi sebagai mineral kompleks yang mengandung tembaga, perak dan sedikit logam mulia serta kobalt. Batuan nikel laterit terjadi sebagai endapan yang massif (*massive*) dipermukaan tanah atau tidak jauh dalam tanah (*sub-surface*) (Puslitbang Teknologi Mineral, 1993).

Nikel laterit merupakan batuan hasil pelapukan batuan ultra basa. Endapan nikel sikat atau laterit sebagai hasil konsentrat residual yang ada, pada umumnya tidak mempunyai komposisi yang tepat. Mineral-mineral nikel laterit utama yang dihasilkan adalah Glautit ($H_4Ni_2Mg_2(SiO_4)_3 \cdot 4H_2O$), Konarit ($H_4Ni_2Si_3O_{10}$) dan

Garnirit ($\text{Mg, Ni SiO}_3 + n. \text{H}_2\text{O}$). Dari ketiga mineral tersebut, Garnirit mengandung nikel oksida sampai 32,52%

Batuan nikel laterit mudah didapat dibandingkan dengan batuan nikel sulfide karena terdapat dipermukaan tanah banyak mengandung unsure logam yang merupakan hasil pelapukan sehingga dipandang dari sudut ekonomi sangat menguntungkan. (Anonim, 2005).

2.6 Keramik

2.6.1 Umum

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

2.6.2 Tanah Liat

Tanah liat merupakan suatu zat yang terbentuk dari partikel-partikel yang sangat kecil, terutama dari mineral-mineral yang disebut kaolinit, yaitu persenyawaan dari oksida alumina (Al_2O_3) dengan oksida silika (SiO_2) dan air (H_2O). Dilihat dari sudut ilmu kimia tanah liat termasuk hidrosilikat alumina dan dalam keadaan murni mempunyai rumus $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dengan perbandingan berat dari unsur-unsurnya : 39% oksida aluminium (Al_2O_3), 47% oksida silinium (SiO_2) dan 14% air (H_2O). (Gatot, 2003).

2.6.3 Macam-macam Tanah Liat (Bahan Plastis)

1. Kaolin

Kaolin adalah tanah liat yang mengandung mineral kaolinit sebagai bagian yang terbesar, dan termasuk jenis tanah liat primer. Kaolin mempunyai komposisi hidros aluminium silikat ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) dengan disertai beberapa mineral penyerta seperti Fe_2O_3 , MgO , Na_2O_3 dan lain-lain. Mineral yang termasuk dalam kelompok kaolin adalah *kaolinit*, *nakritm diskrit* dan *halosit* dengan kaolinit sebagai mineral utama. (Jumiati, Chang, 2000).

Sifat dan keadaan bahan :

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

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

Bahan ini dipakai dalam :

- Keramik halus (gerabah putih) dan porselen baik sebagai salah satu komponen dalam badan maupun glasir
- Barang-barang tahan api dalam bata-bata kaolin

- Bahan-bahan bangunan keramik seperti tegel dalam gerabah atau porselen
- Sedikit-sedikit dalam email

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

2. *Fire clay* (Tahan Api)

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

Sifat dan keadaan bahan :

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

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

2.6.4 **Bahan-bahan Keramik Tidak Plastis (Non Plastis)**

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

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

Rumus umum *feldspar* adalah MZ_4O_8 , dimana M adalah kation-kation K^+ , Na^+ , atau Ca^+ , sedangkan komponen Z adalah kation-kation Al^{3+} , dan Si^{4+} tetapi sebagian digantikan dengan Fe^{3+} . Rumus kimia *feldspar* adalah KAlSi_3O_8 dengan komposisi $\text{K}_2\text{O} = 16,9\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 = 18,4\%$ dan $\text{SiO}_2 = 64,7\%$.

Bahan ini adalah suatu kelompok mineral yang berasal dari batu karang yang ditumbuk dan dapat memberikan sampai 25% flux (pelebur) kepada badan keramik. Bila mase keramik dibakar, *feldspar*nya meleleh (melebur) dan membentuk leburan gelas yang menyebabkan partikel tanah dan bahan lainnya melekat melekat satu sama lainnya. Sifat fisik *feldspar* adalah berwarna putih, kebiruan, hijau muda dan kuning kotor, nilai kekerasan 6-6,5 mohs, berat jenis 2,4-2,8 gr/L dengan titik lebur 1100-1500°C.

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

membentuk gelasir suhu tinggi, tetapi agar lebih memuaskan diperlukan tambahan flint, whiting atau kaolin. (Astuti, 1997).

2. *Samot*/Grog

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

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

membantu menghasilkan tekstur halus/kasar, sederhana, permukaan yang tanpa polish. (Astuti, 1997).

2.6.5 Pembentukan

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

Teknik pembentukkan dengan cetak dapat memproduksi barang dengan jumlah yang banyak dalam waktu relatif singkat dengan bentuk dan ukuran yang sama pula. Bahan cetakan yang biasa dipakai adalah berupa gips, seperti untuk cetakan berongga, cetakan padat, cetakan jigger maupun cetakan untuk dekorasi temple. Cara ini digunakan pada pabrik-pabrik keramik dengan produksi missal.

2.6.6 Pengeringan

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

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

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

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

Beberapa cara pengeringan yang baik antara lain adalah :

1. Diangin-anginkan

Cara ini dilakukan diudara terbuka, tidak tersampai terkena sinar matahari langsung kecuali kalau sudah hampir kering benar; baik juga ditempatkan pada rak-rak pengering didalam suatu ruangan yang menggunakan atap transparan yang tembus sinar dari luar sehingga tidak perlu menjemur.

2. Dipanaskan

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

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

2.6.7 Pembakaran

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

2.6.8 Jenis Bahan Keramik Menurut Kepadatan

1. Gerabah (*Earthenware*)

Dibuat dari semua jenis bahan tanah liat yang plastis dan mudah dibentuk dan dibakar pada suhu maksimum 1000°C. Keramik jenis ini struktur dan teksturnya sangat rapuh, kasar dan masih berpori. Agar supaya kedap air, gerabah kasar harus dilapisi glasir, semen atau bahan pelapis lainnya. Gerabah termasuk keramik berkualitas rendah apabila dibandingkan dengan keramik batu (*stoneware*) atau porselin. Bata, genteng, paso, pot, anglo, kendi, gentong dan sebagainya termasuk keramik jenis gerabah. Genteng telah banyak dibuat berglasir dengan warna yang menarik sehingga menambah kekuatannya.

2. Keramik Batu (*Stoneware*)

Dibuat dari bahan lempung plastis yang dicampur dengan bahan tahan api sehingga dapat dibakar pada suhu tinggi (1200°-1300°C). Keramik jenis ini mempunyai struktur dan tekstur halus dan kokoh, kuat dan berat seperti batu. Keramik jenis termasuk kualitas golongan menengah.

3. Porselin (*Porcelain*)

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

4. Keramik Baru (*New Ceramic*)

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

2.7. Solidifikasi/Stabilisasi

2.7.1. Solidifikasi/Stabilisasi

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

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

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

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

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



Produk stabilisasi diharapkan memiliki karakteristik sebagai berikut :

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

Bahan aditif yang ditambahkan untuk stabilisasi/solidifikasi harus bersifat:

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

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

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

Prosedur stabilisasi/solidifikasi adalah sebagai berikut :

1. Sebelum distabilisasi/solidifikasi karakteristik limbah B3 harus ditentukan karakteristiknya terlebih dahulu guna menentukan komposisi bahan-bahan yang perlu ditambahkan.
2. Setelah dilakukan stabilisasi/solidifikasi, selanjutnya dilakukan uji *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* (TCLP) terhadap hasil olahan tersebut untuk mengukur kadar/konsentrasi parameter dalam lindi (*extract/eluate*).

Hasil uji TCLP sebagaimana dimaksud, kadarnya tidak boleh melewati nilai ambang batas sebagaimana ditetapkan Bapedal.

3. Terhadap hasil olahan tersebut selanjutnya dilakukan uji kuat tekan (*compressive strength*). Hasil stabilisasi mempunyai nilai tekanan minimum sebesar 10 ton/m² dan lolos uji *paint filter test*.
4. Hasil stabilisasi yang memenuhi persyaratan baku mutu TCLP, nilai uji kuat tekan dan *paint filter test* harus ditimbun di tempat penimbunan (landfill) B3.

Proses stabilisasi biasa digunakan untuk :

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

Jenis-jenis proses stabilisasi yang banyak digunakan antara lain :

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

2.7.2. *Extraction Procedure Toxicity Test*

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

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

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

Tabel 2.6. Metode Tes Lindi

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

2.7.3. Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP)

TCLP digunakan pada tanggal 7 November tahun 1986, oleh U.S. EPA dibawah Amandemen Limbah Padat dan Berbahaya pada tahun 1984. Test ini, suatu pengatur, dipakai sebagai pengganti untuk *EP Toxicity Test* untuk menjelaskan pengolahan partikel limbah dengan menggunakan standar pengolahan aplikasi dasar teknologi menjadi *land disposed*. TCLP juga secara luas digunakan untuk mengevaluasi efektivitas stabilisasi. Dalam metode ini, material yang distabilkan dihancurkan untuk suatu partikel butir dengan ukuran <9,5 millimeter. Material yang dihancurkan bercampur dengan *acetid acid extraction liquid*, dan diaduk dalam *rotary extractor* selama 18 jam pada 30 RPM dan 22°C. setelah 18 jam, sampel disaring melalui 0,6-0,8 *micrometer glass fiber filter* dan air saringan sebagai *TCLP extract*. *TCLP extract* dianalisa untuk mengetahui kontaminan pencemar yang mencakup *volatile* dan *semi-volatile organics, metals, dan pesticides* . (Buckingham. L; C. Evans; D. La Grega, 1994).

2.8. Kuat Lentur

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

Rumus :

$$\sigma = (M \cdot Y) / I \quad \dots\dots\dots(5)$$

$$M = \frac{1}{4} P \cdot L \quad \dots\dots\dots(6)$$

$$Y = \frac{1}{2} \cdot h \quad \dots\dots\dots(7)$$

$$I = \frac{1}{12} \cdot b \cdot (h)^2 \quad \dots\dots\dots(8)$$

Dimana :

σ = Kuat Lentur

M = Momen

I = Inersia

Y = Tinggi momen

P = Beban Patah (Hasil Uji)

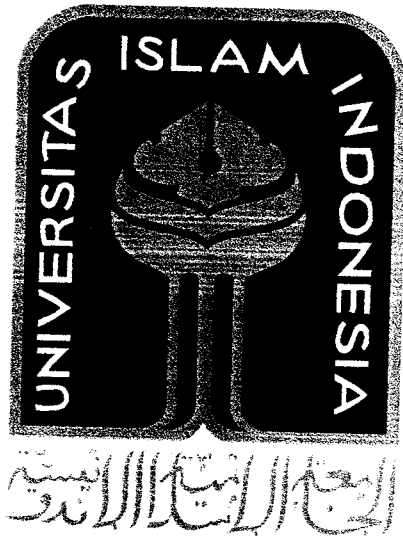
L = Panjang Benda Uji

h = Tinggi Benda Uji

2.9 Daya Serap Air

Daya serap air merupakan kemampuan benda untuk menyerap air yang terdapat di permukaan benda tersebut. Untuk mengetahui tingkat daya serap air dapat digunakan rumus :

$$\text{Daya Serap Air} = ((\text{Brt.Basah} - \text{Brt.Kering}) / (\text{Brt.Kering})) \times 100\%..(9)$$



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Umum

Penelitian yang dilakukan adalah berada pada skala laboratorium dengan tahapan-tahapan seperti pada gambar 3.1. Adapaun tahapan penelitian yang dilakukan meliputi :

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

3.2 Bahan Susun

Dalam pembuatan sampel untuk penelitian ini, digunakan bahan-bahan penyusun berupa :

1. Limbah katalis hasil penyulingan minyak bumi dari PT.PERTAMINA UP.II Balongan.
2. Bahan mentah keramik yang digunakan berupa :
 - Kaolin (20%)
 - Tanah liat (20%)
 - *Fire Clay* (10%)

- *Samot/grog* (20%)
- *Feldspar* (38%)

3. Air

3.3 Asal Bahan Susun

3.3.1 Asal Limbah Katalis

Limbah katalis yang dipergunakan untuk bahan tambahan adukan beton dan keramik, merupakan hasil dari proses RCC (*Residu Catalic Craker*). Limbah katalis yang digunakan pada RCC ini adalah jenis Zeolit kristalin dengan struktur regular, yang mengandung unsur-unsur Oksida, Calsium, Magnesium dan *Rare earth family* (*Lathanum, Cherium*).

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 adsorbsi tinggi.
2. Tidak bersifat korosif.

Adapun rumus yang menyusun limbah katalis jenis Zeolit kristalin adalah sebagai berikut : $\text{NaAlSiO} \cdot \text{H}_2\text{O}$ dengan struktur regular, yang merupakan hasil proses dari RCC. Limbah katalis yang digunakan pada RCC ini adalah jenis yang mengandung unsur-unsur Oksida silika 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 kristali merupakan sebagai bahan dasar bangunan (semen) seperti : Alumina, Silika dan Kalsium.

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 air semen (fas) akan menurun, sehingga akan meningkatkan kuat desak

3.3.2 Asal Bahan Mentah Keramik

Bahan-bahan mentah keramik yang dipergunakan adalah :

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

3.3.3 Asal Air

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

3.4 Analisa Karakteristik Bahan

3.4.1. Analisa Limbah Katalis

Pada limbah katalis dilakukan pemeriksaan terhadap karakteristik fisika dan kimia.

- **Karakteristik fisika**

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

- **Karakteristik Kimia**

1. Analisa terhadap senyawa/unsur yang berhubungan dengan fungsinya sebagai material keramik seperti SiO_2 , Al_2O_3 , CaO dan Fe_2O_3 tidak dilakukan. Pada limbah katalis mengandung unsur-unsur tersebut (ASTM, 1994).
2. Analisa logam berat, yaitu : Cr, Pb, dan Zn, Cu dan Ni

3.4.2. Analisa Bahan Mentah Keramik

Pada bahan-bahan mentah keramik, yaitu kaolin, tanah liat, *fire clay*, *samot/grog* dan *feldspar* tidak dilakukan analisa terhadap kandungan senyawa/unsur, seperti SiO_2 , Al_2O_3 , CaO dan Fe_2O_3 . Pada bahan-bahan keramik mengandung unsur-unsur tersebut (Glen. C. Nelson, 1984).

3.4.3. Analisa Air

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

3.5. Rancangan Campuran

Rencana campuran keramik dibuat sesuai dengan berat dan banyaknya keramik yang dibuat, dengan berat 500g tiap keramik dan ukuran 10cmx10cmx1cm. Banyaknya sampel yang dibuat adalah 125 keramik.

Tabel 3.1 Rancangan campuran Keramik

No	Kode Sampel	Komposisi Bahan Pembuat Keramik (%)						Jumlah Sampel
		Kaolin	Tanah Liat	Fire Clay	Samot	Feldspat	Katalis	
1	A	20	20	10	12	38	0	25
2	B	15	20	10	12	38	5	25
3	C	10	20	10	12	38	10	25
4	D	5	20	10	12	38	15	25
5	E	0	20	10	12	38	20	25

3.6. Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dilakukan sesuai dengan peralatan yang dipakai.

Sedangkan jenis, ukuran dan jumlah benda uji ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.2. Jenis, Ukuran dan Jumlah Benda Uji

Pengujian Benda Uji	Ukuran (cm)	Jumlah Sampel Uji					Cetakan
		Formula 1 (0%)	Formula 2 (5%)	Formula 3 (10 %)	Formula 4 (15 %)	Formula 5 (20 %)	
Kuat Lentur	10x10x1	10	10	10	10	10	Persegi
TCLP	Lolos ayakan 9,5 mm	100 gram	100 gram	100 gram	100 gram	100 gram	-
Daya Serap Air	10x10x1	3	3	3	3	3	-

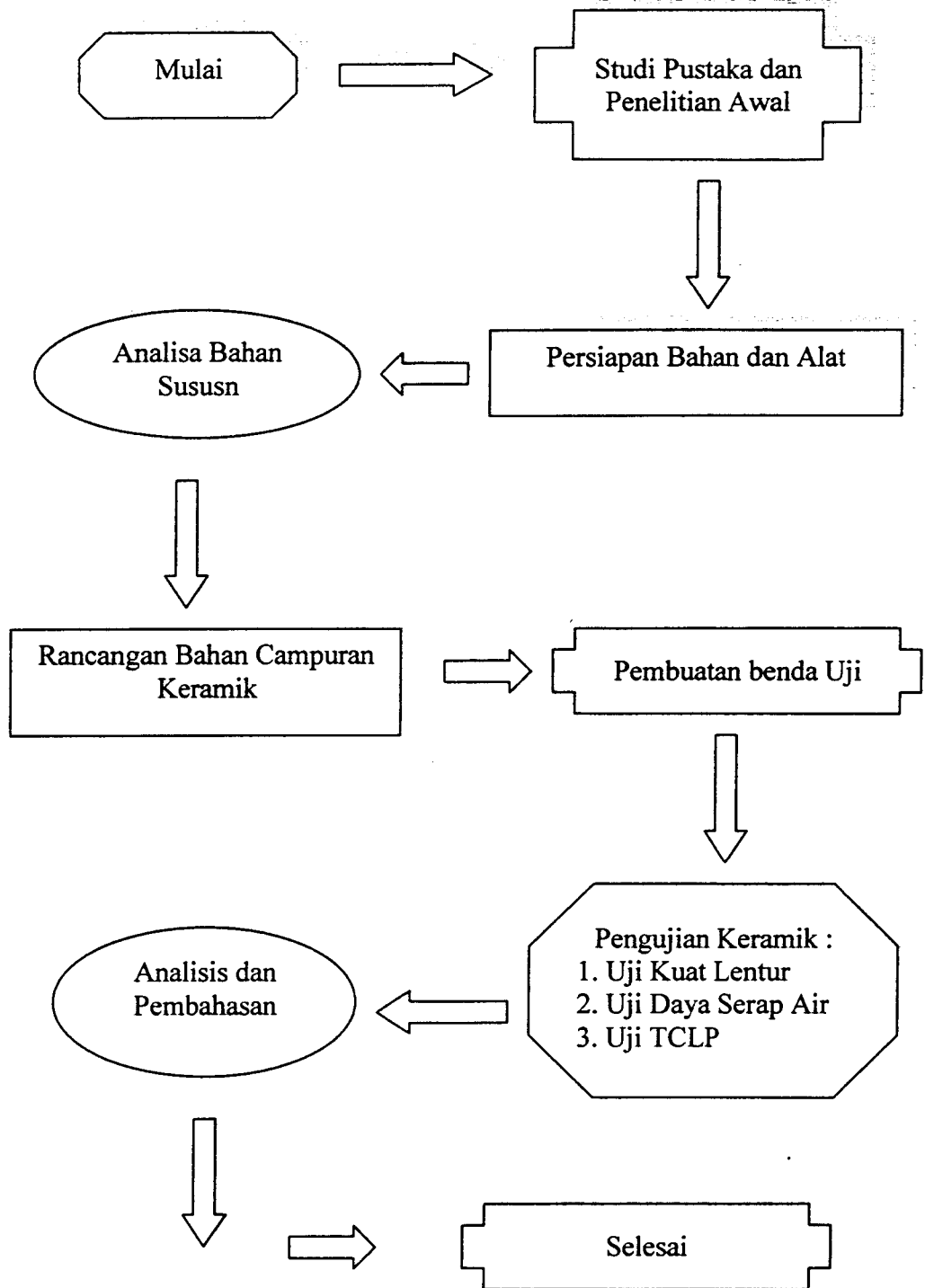
Keterangan :

1. Penambahan limbah katalis dibuat dalam 4 formula, yaitu 5%, 10%, 15% dan 20% terhadap bahan mentah keramik, yaitu kaolin (20 %). Jadi katalis disini berfungsi sebagai substitusi bahan kaolin. Masing-masing formula dibuat sebanyak 25 buah.
2. Pengujian kuat lentur keramik untuk masing-masing formula 10 benda uji.
3. Pengujian pelindian (*leachate*) keramik dengan metode *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* (TCLP) untuk masing-masing formula 100 gram dari 10 keramik yang telah diuji kuat lenturnya dan dihancurkan (lolos ayakan 10 mm). Dilakukan 3 analisa untuk masing-masing formula.

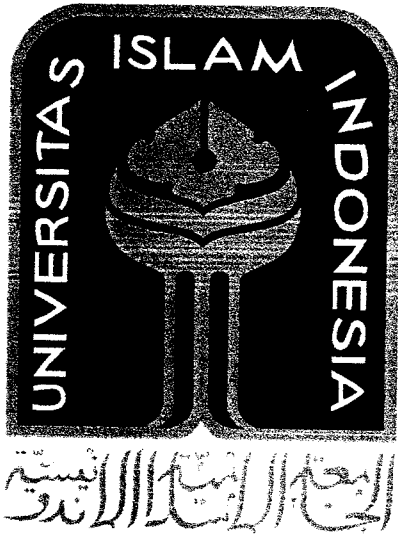
3.7. Pengujian Benda Uji

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

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



Gambar 3.1 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian



BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Karakteristik Limbah Katalis

Pemeriksaan yang dilakukan terhadap limbah katalis meliputi aspek fisik dan kimia seperti yang di tampilkan pada tabel 4.1 dan 4.2 di bawah ini :

Tabel 4.1 Karakteristik 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

Tabel 4.2 Karakteristik 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	16.734mg/l	10,0 mg/l
4	Zn	19.379 mg/l	50,0 mg/l
5	Ni	12750 mg/l ± 250,00 mg/l	-

4.1.2 Rancangan Campuran Keramik

Dalam pembuatan keramik *stoneware* dengan penambahan limbah katalis, dibuat sesuai dengan kebutuhan. Keramik yang akan dibuat memiliki dimensi 10x10x1 cm dengan berat 500 mg setiap keramiknya.. Banyaknya sampel adalah 125 buah. Penambahan katalis hanya berpengaruh terhadap jumlah kaolin. Pada penelitian ini, katalis berfungsi sebagai pengganti kaolin.

Tabel 4.3 Rancangan Campuran Keramik (untuk 1 buah keramik)

Formula	Bahan Mentah Keramik					
	Katalis (gr)	Kaolin (20%) (gr)	Tanah Liat (20%) (gr)	<i>Fire Clay</i> (10%) (gr)	<i>Samoot</i> (12%) (gr)	<i>Felspar</i> (38%) (gr)
F1 (0%)	0	100	100	50	60	190
F2 (5%)	25	75	100	50	60	190
F3 (10%)	50	50	100	50	60	190
F4 (15%)	75	25	100	50	60	190
F5 (20%)	100	0	100	50	60	190

(Sumber : Hasil Penelitian, 2005)

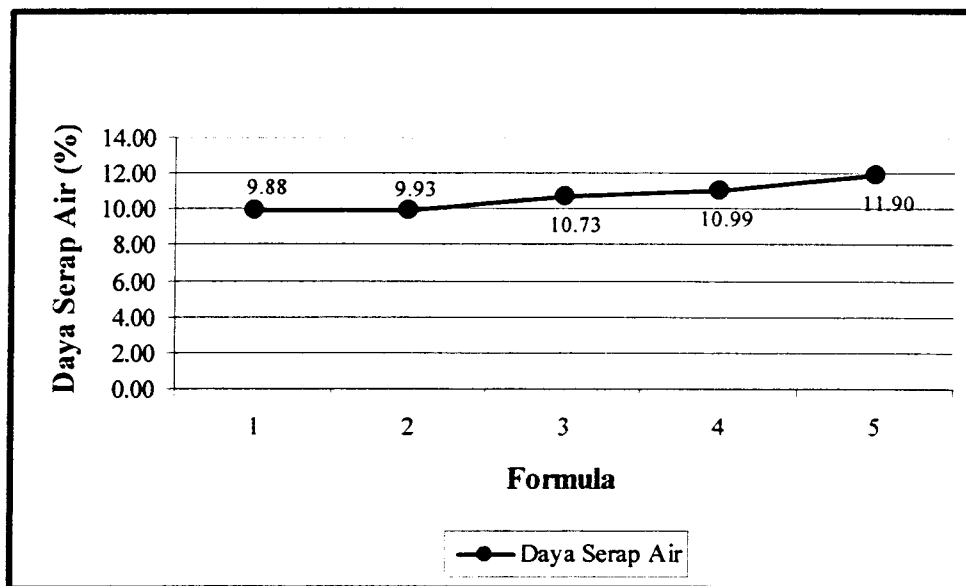
4.1.3 Uji Daya Serap Air

Dari hasil uji daya serap air yang telah dilakukan, maka diperoleh data-data seperti yang ditampilkan pada tabel 4.4 di bawah ini :

Table 4.4 Hasil Uji Daya Serap Air

No	Formula	Daya Serap Air (%)
1	F1	9.88
2	F2	9.93
3	F3	10.73
4	F4	10.99
5	F5	11.90

(Sumber : Hasil Penelitian, 2005)



Gambar 4.1 Hasil Uji Daya Serap Air

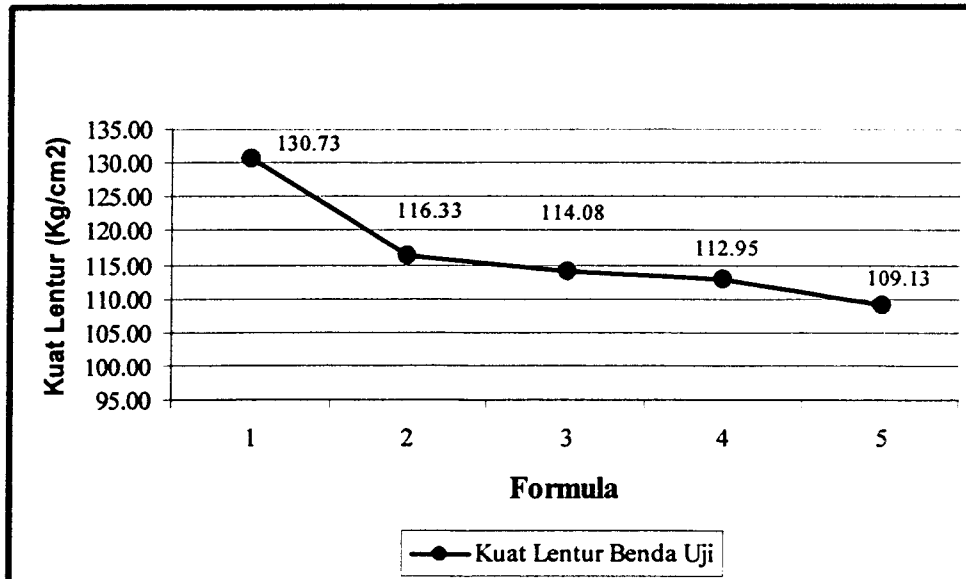
4.1.4 Uji Kuat Lentur

Dari hasil uji kuat lentur yang telah dilakukan, diperoleh hasil kuat lentur pada masing-masing formula, seperti yang ditampilkan pada table 4.5 dibawah ini

Tabel 4.5 Nilai Kuat lentur Rata-Rata Sampel Keramik

No	Formula	Kuat Lentur (kg/cm ²)	Pembanding Kuat Lentur (kg/cm ²)		
			Keramik Dinding "Mulia"	Keramik Dinding "Diamond"	Keramik Dinding "KIA"
1	F1	130.73	29,25	31,69	21,94
2	F2	116.33			
3	F3	114.08			
4	F4	112.95			
5	F5	109.13			

(Sumber : Hasil Penelitian, 2005)



Gambar 4.2 Hasil Uji Kuat Lentur

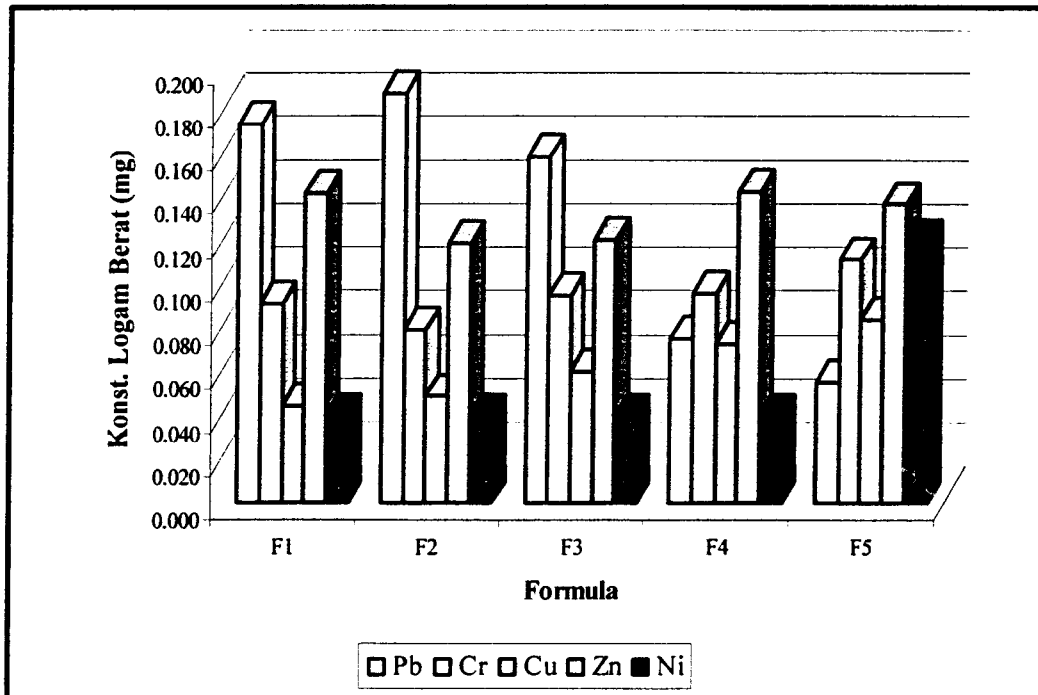
4.1.5 Uji *Leachete* Dengan Metode TCLP

Dari hasil uji TCLP yang telah dilakukan, diperoleh kandungan logam berat seperti ditampilkan pada table 4.6 dan gambar 4.3 di bawah ini :

Tabel 4.6 Hasil Rata-rata *Leachate* Logam Berat Dalam Keramik.

No	Benda Uji	pH	Kandungan Logam Berat (mg/l)				
			Pb	Zn	Cr	Cu	Ni
1	F1	4.92	0.174	0.142	0.092	0.045	0.040
2	F2	4.95	0.189	0.119	0.080	0.049	0.040
3	F3	4.96	0.159	0.121	0.096	0.061	0.040
4	F4	4.96	0.076	0.143	0.096	0.073	0.040
5	F5	4.97	0.056	0.137	0.112	0.085	0.120
Standart TCLP(P.P 85/1999)							

(Sumber : Hasil Penelitian, 2005)



Gambar 4.3 Hasil Uji TCLP Logam Berat (Pb, Cr, Cu, Zn, Ni)

4.1.6 Komposisi Logam Berat Masuk (*Input*) dan Logam Berat Keluar (*output*) Pada Keramik

Dari hasil Penelitian yang telah dilakukan, diperoleh perbedaan konsentrasi masuk (*input*) dengan konsentrasi yang keluar (*output*) dari keramik yang cukup signifikan, seperti yang ditampilknan pada table 4.7. Pada perbandingan massa logam berat ini, sampel awal (tanpa katalis) dianggap nol. Hal ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar keterikatan logam berat setelah proses solidifikasi. Untuk perhitungannya dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4.7 Komposisi Logam Masuk dan Keluar

No	Formula	Parameter	Massa Logam Berat (mg)	
			Masuk	Keluar
1	F1	Pb	-	-
2		Cr	-	-
3		Zn	-	-
4		Cu	-	-
5		Ni	-	-
6	F2	Pb	88.126	9.426
7		Cr	46.568	3.981
8		Zn	48.448	5.968
9		Cu	41.853	2.458
10		Ni	31875	0.040
11	F3	Pb	176.252	7.952
12		Cr	93.135	4.780
13		Zn	96.895	6.055
14		Cu	86.370	3.040
15		Ni	63750	0.040
16	F4	Pb	264.377	5.667
17		Cr	139.703	4.810
18		Zn	145.343	7.168
19		Cu	125.505	3.665
20		Ni	95625	0.040
21	F5	Pb	352.503	4.174
22		Cr	186.270	5.595
23		Zn	193.790	6.896
24		Cu	167.340	4.236
25		Ni	127500	0.120

(Sumber : Hasil Penelitian, 2005)

4.1.7 Efisiensi Immobilisasi Logam-logam Berat (Pb, Cr, Zn, Cu dan Ni)

Dalam Keramik

Efisiensi immobilisasi logam Pb, Cr, Zn, Ni dan Cu pada keramik dapat ditentukan dengan menggunakan rumus :

$$E = (A1 - A2) / (A1) \times 100 \% \dots\dots\dots(10)$$

Dimana :

- E = Efisiensi immobilisasi logam berat
- A1 = Konsentrasi logam berat awal
- A2 = Konsentrasi logam berat akhir

Tabel 4.8 Efisiensi Immobilisasi Logam Berat

No	Formula	Logam Berat (%)				
		Pb	Cr	Cu	Zn	Ni
1	1 (0%)	-	-	-	-	-
2	2 (5%)	89.304	91.451	94.125	87.681	99.999
3	3 (10%)	95.488	94.868	96.367	93.751	99.999
4	4 (15%)	97.857	96.557	97.080	95.068	99.999
5	5 (20%)	98.816	96.996	97.496	96.456	99.999

(Sumber : Hasil Penelitian, 2005)

4.1.8 Biaya Pembuatan Keramik Tiap Biji Untuk Setiap Formula

Dalam pembuatan sample keramik, dibutuhkan biaya seperti tercantum pada table 4.9. Disini akan terlihat berapa biaya yang dibutuhkan mulai dari keramik tanpa katalis hingga keramik dengan pencampuran katalis 20%.

Tabel 4.9 Rincian Biaya Pembuatan Keramik Tiap Biji.

No	Jenis Barang/Jasa	Harga (Rp)	Jumlah Sampel	Jumlah Bahan (gr)					Harga (Rp)				
				F1	F2	F3	F4	F5	F1	F2	F3	F4	F5
1	Pemb.Cetakan												
	- Gips	15000	125						120	120	120	120	120
	- Tenaga	15000	125						120	120	120	120	120
2	Bahan												
	- Feldspar	3000/kg		190	190	190	190	190	570	570	570	570	570
	- Tanah Liat	2500/kg		100	100	100	100	100	250	250	250	250	250
	- Fire clay	4000/kg		50	50	50	50	50	200	200	200	200	200
	- Samot	3500/kg		60	60	60	60	60	210	210	210	210	210
	- Kaolin	3000/kg		100	75	50	25	0	300	225	150	75	0
	- Katalis	2000/kg		0	25	50	75	100	0	50	100	150	200
3	Tenaga												
	- Pengol.bahan	20000	125						160	160	160	160	160
	- Pembentukan	60000	125						480	480	480	480	480
	- Finishing	20000	125						160	160	160	160	160
4	Pembakaran	220000	125						1760	1760	1760	1760	1760
Harga Total									4330	4305	4280	4225	4230

(Sumber : Penelitian, 2005)

Dari tabel 4.9 di atas, dapat ditarik kesimpulan bahwa pembuatan keramik dengan campuran katalis memberikan nilai ekonomis yang lebih dari yang tanpa katalis jika kita lihat dari segi biaya pembuatan keramik tiap bijinnya.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Karakteristik Limbah Katalis

Sebelum dilakukan proses pembuatan keramik untuk solidifikasi logam berat, maka tahapan awal yang perlu dilakukan adalah melakukan pemeriksaan fisik dan kimia dari limbah katalis yang akan digunakan. Setelah dilakukan pemeriksaan, diperoleh karakteristik fisik dan kimia seperti yang di tampilkan pada table 4.1 dan 4.2. Tujuan dari pemeriksaan ini adalah untuk mengetahui kandungan logam berat yang terdapat pada limbah katalis yang nantinya akan digunakan untuk pembuatan keramik.

Setelah dilakukan pemeriksaan karakteristik fisik pada limbah katalis, diperoleh hasil untuk berat volume : 0.32 gr/cm^3 , berat jenis : 2.445 gr/ml dan modulus kehalusan : 0.643 sangat berpotensi untuk pembuatan keramik.

Hasil uji kimia menunjukkan kandungan logam berat yang terdapat pada limbah katalis cukup tinggi. Ini dikarenakan kandungan logam berat (Pb, Cr, Zn, Ni dan Cu) yang terdapat pada limbah katalis jauh di atas standart baku mutu yang telah ditetapkan melalui P.P No 85 Tahun 1999 tentang standart baku mutu logam berat. Hal ini dapat dilihat pada table 4.2. Dengan kata lain limbah katalis sangat berbahaya dan mesti diolah sebelum dibuang ke alam.

Dalam limbah katalis ini juga terdapat senyawa SiO_2 , Al_2O_3 , CaO dan Fe_2O_3 . senyawa ini merupakan salah satu factor yang penting dalam pembentukan keramik, karena dapat membentuk iktan keramik dan meberikan kontribusi yang kuat dalam proses solidifikasi (Surdia dan Saito, 1985). Unsur SiO_2 atau yang lebih dikenal dengan silika sangat berperan dalam mengurangi susut kering dan

retak-retak pada keramik. Hal ini membuat ikatan pada keramik menjadi lebih kuat, sehingga mempertinggi kualitas keramik yang dihasilkan. Sedangkan Alumina (Al_2O_3) berperan dalam mengimbangi pelelehan pada keramik disaat dilakukannya pembakaran dengan suhu yang cukup tinggi (1200°C), sehingga pada saat pembakaran dengan suhu yang tinggi, keramik menjadi lebih kuat. Senyawa lain yang tak kalah pentingnya adalah CaO yang berperan menurunkan titik leleh pada saat pembakaran dan mencegah terjadinya lengkung pada keramik yang nantinya akan mengakibatkan keramik menjadi patah. Peran senyawa Fe_2O_3 dapat memperbaiki proses pembakaran. Hal ini menjadikan senyawa-senyawa diatas menjadi komponen yang sangat penting dalam keramik agar dapat menghasilkan keramik dengan mutu dan kualitas yang baik.

4.2.2 Rancangan Campuran Keramik

Dalam pembuatan keramik, digunakan campuran bahan-bahan dasar pembuat keramik seperti *fire clay*, *samot/grog*, tanah liat, kaolin dan *feldspar*. Bahab-bahan dasar ini dicampurkan dengan katalis dan bahan tambahan air agar campuran menjadi plastis dan dapat di bentuk dengan mudah. Komposisi bahan-bahan keramik ini ditentukan oleh jenis keramik yang akan dibuat. Pada penelitian ini keramik yang dibuat adalah keramik dinding jenis *stoneware*. Untuk keramik jenis ini komposisinya adala ; kaolin 20%, tanah liat 20%, *fire clay* 10%, *samot/grog* 12% dan *feldspar* 38%, seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.3. Campuran ini didasarkan pada jumlah dan bentuk keramik yang akan dibuat. Pada

penelitian ini keramik yang dibuat berukuran : (10 x 10 x 1) cm dengan berat 500 gr. Jumlah keramik yang dibuat sebanyak 125 keramik.

Penambahan limbah katalis pada penelitian ini untuk satu buah keramik adalah : 5%, 10%, 15% dan 20%. Di sini, limbah katalis berperan sebagai pengganti kaolin. Sehingga penambahan katalis akan seiring dengan pengurangan jumlah kaolin yang digunakan. Penetapan katalis sebagai pengganti kaolin didasarkan pada kemiripan unsur-unsur yang terkandung dalam kaolin dengan unsur-unsur yang terkandung dalam katalis.

Dari hasil-hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penambahan campuran limbah akan seiring dengan penurunan kuat lentur pada benda yang dihasilkan. Hal ini juga berlaku pada penelitian ini. Dimana sampel keramik yang mengandung katalis dengan konsentrasi yang tinggi mempunyai kuat lentur yang lebih rendah dibandingkan dengan keramik yang konsentrasi katalis lebih sedikit. Meskipun demikian, kuat lentur yang dihasilkan masih jauh diatas keramik yang dijual di pasaran, seperti pada table 4.3.

4.2.3 Uji Daya serap Air

Salah satu faktor untuk menentukan bagus tidaknya suatu keramik adalah tingkat daya resap keramik terhadap air. Untuk menguji daya serap air dilakukan dengan mengurangi berat kering dengan berat basah (setelah direndam 24 jam) keramik (Pers. 9). Hasil yang diperoleh bahwa terjadi kenaikan tingkat daya serap air dari keramik yang tanpa katalis (9,88%) hingga keramik dengan katalis 20% (11,90%) seperti yang ditampilkan pada tabel 4.4. Hal ini terjadi karena

kemampuan daya ikat katalis untuk mengikat bahan-bahan yang lain sedikit lebih rendah dibandingkan dengan kaolin. Sehingga kerapatan keramik yang dihasilkan juga lebih kecil. Ini berdampak pada permukaan keramik menjadi lebih berpori (*porous*) sehingga air lebih mudah masuk ke badan keramik. Agar dihasilkan keramik yang lebih bagus kemampuan daya serap airnya harus kecil. Karena semakin kecil kemampuan keramik untuk menyerap air, mutunya akan semakin bagus pula.

4.2.4 Uji Kuat Lentur

Uji kuat lentur dilakukan untuk mengetahui kemampuan keramik menahan beban yang berada di atasnya. Setelah dilakukan pengujian kuat lentur terhadap sampel keramik diperoleh keramik tanpa katalis mempunyai kuat lentur 130.73 kg/cm² hingga penambahan katalis 20% mempunyai kuat lentur sebesar 109.13 kg/cm². Penambahan limbah katalis tidak memiliki dampak penurunan kuat lentur yang signifikan. Hal ini terbukti, dengan penambahan katalis hingga 20%, kuat lentur yang dihasilkan masih jauh di atas keramik pembanding yang ada di pasaran yaitu keramik Mulia, KIA dan Diamond sebesar 29,25 kg/cm², 31,69 kg/cm², 21,94 kg/cm² (Tabel 4.5). Selain itu, ketebalan sampel keramik yang dibuat (1 cm) jauh di atas keramik pembanding (0,2 cm). Sampel keramik dibuat lebih tebal karena dalam pencetakan dibuat secara manual. Ini juga dimaksudkan mencegah terjadinya lengkung/pecah pada saat pembakaran. Berbeda dengan keramik yang dijual di pasaran yang pencetakan dengan menggunakan mesin *press*. Kerapatan

yang dihasilkan juga akan lebih baik sehingga dengan ketebalan yang relatif kecilpun dapat menghasilkan kuat lentur yang relatif kuat,

Pada pembuatan keramik, pembakaran sangat berpengaruh pada proses vitrifikasi, yaitu proses terjadinya peleburan bagian-bagian dari mineral tertentu (Feldspar/ $\text{Ca Al}_2 \text{SiO}_8$ dan Amorthite Albite/ $\text{Na Al Si}_3\text{O}_8$) dari bahan keramik (Vlack, 1981). Apabila suhu pembakaran tinggi sesuai dengan jenis keramik yang akan dibuat, maka partikel-partikel yang berada dalam keramik akan saling mengikat antara satu dengan yang lainnya (ikatan keramik) sehingga setelah proses pembakaran akan menghasilkan keramik yang kuat.

Sifat dan kandungan baha-bahan penyusun keramik sangat berpengaruh terhadap kuat lentur keramik. Pada bahan dasar keramik, terdapat bahan-bahan yang bersifat plastis seperti kaolin dan *fire clay*. *Fire clay* merupakan tanah liat tahan api yang memberikan efek tahan api terhadap keramik. Sehingga pada saat pembakaran dengan suhu tinggi, keramik tidak akan pecah. Sedangkan untuk tanah liat non plastis seperti *feldspar* dan *samot/grog* merupakan bahan campuran untuk memperoleh hasil yang memuaskan. *Feldspar* mengandung mineral yang dapat memberikan sampai 25% *flux* (pelebur) pada badan keramik, bila *mase* keramik dibakar, *feldsparnya* meleleh (melebur) dan membentuk leburan yang menyebabkan partikel tanah dan bahan lainnya melekat satu sama lainnya, sehingga memberikan kekuatan dan kekakuan pada badan keramik. *Samot/grog* berperan untuk mengurangi berat susut yang terjadi saat pembakaran. Karena *samot/grog* dapat berperan sebagai pelindung bagi bahan-bahan penyusun yang lain yang dapat menyusut secara tiba-tiba akibat proses pembakaran. Karena

partikel *samot/grog* yang lebih besar dari tanah liat, maka badan menjadi lebih porous, yang memungkinkan cairan dengan mudah terhisap ke permukaan benda selama pengeringan dan permulaan pembakaran, ini memungkinkan penguapan lebih lambat dan mengurangi kesempatan benda pecah/retak selama pembakaran.

Senyawa lain yang berperan dalam pembentukan keramik adalah SiO_2 yang terdapat pada limbah katalis. SiO_2 berperan untuk mengurangi susut kering, keretakan dan mempertinggi kualitas keramik. Alumina atau Al_2O_3 , berguna untuk mengontrol dan mengimbangi pelelehan serta memberikan kekuatan pada keramik. Sedangkan Fe_2O_3 atau oksida besi yang ada dalam limbah katalis dapat memperbaiki proses pembakaran dan memberi warna pada keramik.

Dari hasil yang ditunjukkan pada tabel 4.5 dapat dilihat bahwa seiring dengan penambahan katalis, maka kuat lentur yang dihasilkan juga semakin rendah. Hal ini disebabkan karena butiran katalis lebih kecil dari butiran unsur-unsur penyusun keramik. Sehingga pada pembakaran, katalis akan mengisi rongga-rongga ikatan antara unsur penyusun keramik yang lain. Akibatnya akan menghalangi/mengurangi ikatan antara bahan keramik yang satu dengan yang lain. Selain itu disebabkan juga oleh penurunan kuantitas atau jumlah mineral (kaolin) seiring dengan penambahan katalis yang semakin besar. Hal ini akan berdampak pada menurunnya nilai kuat lentur keramik yang dihasilkan.

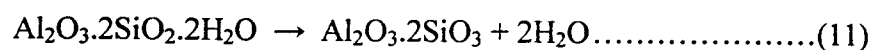
4.2.5 Uji Lindi Dengan Metode TCLP

Untuk mengetahui kadar logam berat yang terdapat pada limbah padat hasil industri, salah satu metode yang sering digunakan adalah metode TCLP (*Toxicity Characteristic Leaching Procedure*). Dengan metode ini dapat diketahui berapa besar kemungkinan logam berat yang terlepas dalam kondisi asam. Dalam penelitian ini dilakukan uji *lache* terhadap sampel keramik yang mengandung limbah katalis. Logam berat yang diuji adalah Pb, Cr, Cu, Zn, Ni. Hasil dari analisa yang dilakukan dapat dilihat pada tabel 4.6.

Dari hasil analisa yang diperoleh terhadap kandungan logam berat (Pb, Cr, Cu, Zn, Ni) yang terlepas sangat kecil, jauh dibawah stabsdard baku mutu yang ditetapkan (P.P No 85 Tahun 199) tentang Pengelolaan Limbah Berbahaya dan Beracun (B3). Hal ini dikarenakan terjadinya ikatan fisik dan kimia pada komposisi pembuat keramik.

Kekuatan ikatan pada tanah, sangat tergantung pada tekstur tanah tersebut. Dengan kata lain, semakin halus tekstur tanah makin tinggi pula kemampuannya untuk mengikat unsur lain dan logam berat. Oleh karena itu tanah yang bertekstur liat mempunyai kemampuan untuk mengikat logam berat lebih tinggi dari tanah berpasir (Babich dan Stotzki, 1978). Sampel keramik yang digunakan tersusun dari bahan-bahan plastis (kaolin, *fire clay*) dan bahan-bahan non plastis (plastis (*feldspar*, *samot/grog*)). Kemudian bahan-bahan ini dicampur dengan limbah katalis RCC-15, limbah hasil penyulingan minyak bumi PT. PERTAMINA UP VI Balongan, Indramayu. Dengan campuran bahan-bahan pembuat keramik di atas membuat logam berat yang terkandung dalam limbah

katalis dapat terikat secara sempurna. Pengikatan ini menyebabkan perubahan struktur bahan dari bentuk struktur antar partikel menjadi suatu bentuk yang homogenitas (ikatan fisik). Proses selanjutnya adalah pemanasan dengan suhu tinggi (1200⁰C). Adanya pemanasan/pembakaran ini membuat ikatan yang terjadi antara bahan-bahan penyusun keramik dengan limbah katalis semakin kuat. Hal ini karena suhu pembakaran berpengaruh pada proses vitrifikasi, yaitu proses terjadinya peleburan bagian-bagian dari mineral tertentu dari bahan keramik (Vlack, 1981). Mineral-mineral yang melebur terutama adalah ; SiO₂ dan Al₂O₃. Karena pada suhu tinggi mineral-mineral yang terkandung pada bahan penyusun keramik (tanah liat, kaolin, *fire clay*, *samot* dan *feldspar*) akan terikat dengan mineral-mineral yang terkandung dalam katalis membentuk suatu ikatan yang kuat. Ikatan yang terjadi pada proses ini adalah ikatan kimia, karena kedua oksida tersebut (SiO₂ dan Al₂O₃) pada proses pembakaran mengalami proses reaksi kimia membentuk ikatan keramik.



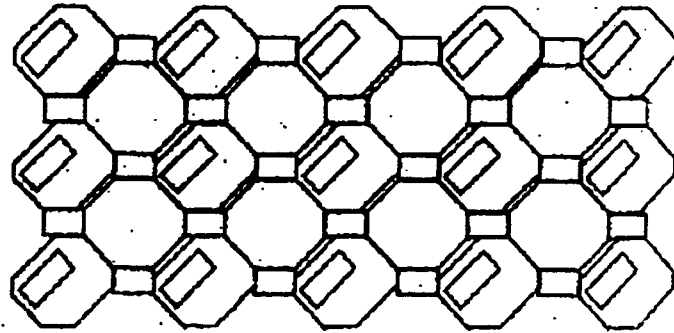
Selain terjadi ikatan pada senyawa di atas, pada proses pembakaran juga terjadi ikatan logam berat (Pb, Cr, Cu, Zn, Ni) dengan gas oksigen (O₂) yang dihasilkan pada proses pembakaran. Proses ini membentuk senyawa-senyawa oksida logam, sehingga pengikatan yang terjadi dalam proses pembakaran lebih sempurna.

Secara fisik di dalam proses immobilisasi terjadi suatu perubahan struktur bahan, dari bentuk struktur antar partikel menjadi suatu bentuk yang homogenitas dengan bentuk kristal, hal ini terjadi karena adanya suatu proses pemanasan sehingga ikatan yang terjadi antara partikel dengan limbah krom akan semakin kuat.

Menurut Ichinose (1987), ikatan kimia yang terjadi antara partikel tersebut merupakan ikatan kovalen dan ikatan ionik. Dengan demikian secara kimia ikatan yang terbentuk dalam benda hasil pembakaran merupakan suatu ikatan kimia yang kuat. Ikatan yang terjadi terutama oleh adanya partikel SiO_2 sebagai unsur utama pembentuk gelas yang mana mineral-mineral lokal (feldspar dan kaolin) mengandung partikel SiO_2 sehingga menunjukkan kemampuan pengungkungan yang sangat baik. Hal ini dikarenakan reaksi kimia yang terjadi diperkuat dengan adanya pemanasan pada suhu tinggi, sehingga selain terjadi reaksi kimia yang cepat juga terjadi suatu ikatan kimia yang kuat.

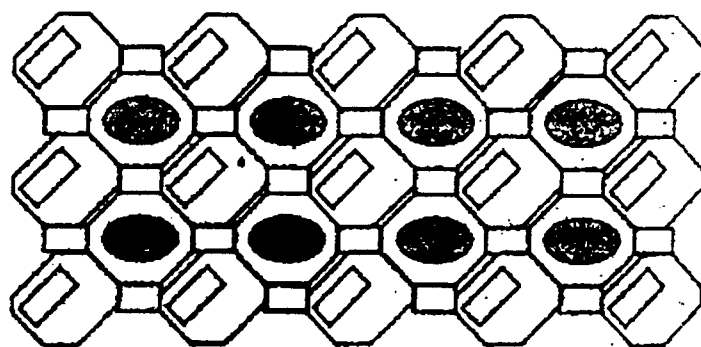
Pada penambahan limbah katalis yang sama, maka kenaikan suhu pembakaran akan mengurangi angka pelindian dari monolit keramik limbah tersebut. Partikel mineral lokal terutama SiO_2 akan melebur pada suhu 1000°C . Oleh karena itu antara partikel mineral lokal (feldspar dan kaolin) dengan partikel logam limbah katalis akan membentuk suatu kesatuan (berbentuk monolit) maka akan terjadi leburan partikel-partikel yang ada akan bercampur menjadi satu dan saling mengikat (terjadi homogenitas), hal ini juga pernah diungkapkan oleh Ichinose, 1987.

Di bawah ini merupakan pendekatan sketsa bentuk struktur saringan berongga dari partikel mineral lokal :



Gambar 4.4 Struktur Rongga Feldpsar

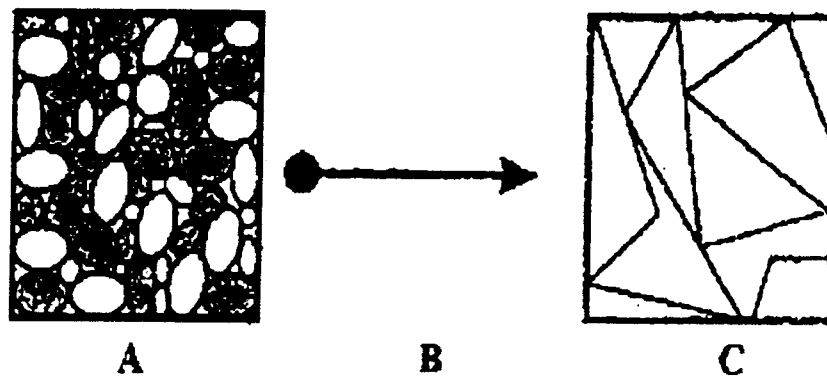
Dari gambar 4.4 memperlihatkan struktur mineral lokal alam dengan bagian-bagian yang masih kosong belum terisi oleh logam berat (Cr, Cu, Pb, Zn dan Ni) yang berasal dari limbah katalis.



Gambar 4.5 Struktur Rongga Feldspar Yang Telah Terisi Logam Berat Yang Berasal Dari Limbah Katalis

Pada gambar 4.5 memperlihatkan struktur rongga yang telah terisi partikel logam berat limbah katalis. Dengan demikian partikel logam berat akan terjepit diantara partikel-partikel mineral lokal yaitu, feldspar dan kaolin yang mana memungkinkan partikel logam limbah katalis sulit untuk terlepas kembali dari ikatan. (Ichinose,1987).

Setelah proses pendinginan hasil solidifikasi (monolit) akan mengeras dan strukturnya telah berubah menjadi struktur kristal. Dalam sketsa dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 4.6 Perubahan Susunan Partikel dalam Immobilisasi (Ichinose, 1987)

Keterangan :

- A = Susunan Partikel sebelum Immobilisasi
- B = Proses Immobilisasi
- C = Susunan Partikel Setelah immobilisasi



Partikel SiO₂ dalam Mineral Lokal



Partikel Logam Berat

Dari sketsa terlihat jelas perbedaan susunan partikel dalam bahan sebelum dan sesudah immobilisasi. Dengan terjadinya leburan, maka struktur partikel berubah dalam bentuk yang hanya menempel menjadi bentuk yang telah menyatu dan terjadi proses kristalisasi sehingga sulit dipisahkan lagi, hal ini dikarenakan adanya pemanasan sehingga struktur monolit menjadi berbentuk kristal.

Dari uji *leachete*/lindi yang dilakukan dapat dilihat bahwa logam yang terkandung dalam keramik menjadi lebih stabil. Hal ini menunjukkan bahwa proses solidifikasi yang terjadi pada keramik cukup berhasil hal ini ditandai dengan rendahnya logam berat yang terlepas setelah dilakukan uji TCLP terhadap sampel keramik (Tabel 4.6). Logam berat yang terlepas jauh di bawah standart baku mutu yang ditetapkan pemerintah melalui PP No 85 Tahun 199 tentang Pengelolaan Limbah Berbahaya dan Beracun (B3). Ini berarti dengan proses solidifikasi dengan menggunakan keramik dapat mengikat logam berat yang terdapat dalam katalis, sehingga logam berat lebih stabil dan aman untuk lingkungan sedangkan keramiknya dapat dimanfaatkan menjadi sesuatu yang lebih berguna.

Pada hasil uji TCLP yang dilakukan, terjadi perbedaan diantara setiap variasi penambahan limbah katalis (formula). Banyak faktor yang menyebabkan

hasilnya menjadi fluktuatif dan tidak seragam. Salah satu diantaranya adalah pencampuran bahan yang tidak merata. Hal ini dikarenakan pencampuran dan pengadukan bahan dilakukan secara manual. Bahkan hingga pencetakan keramik juga dilakukan secara manual. Hal ini menyebabkan campuran bahan keramik menjadi tidak homogen dan pada saat pencetakan kekuatannya menjadi tidak merata. Keadaan ini menyebabkan ketika dilakukan uji TCLP menjadikan logam yang terlepas memiliki konsentrasi yang berbeda-beda.

Kemungkinan yang lain adalah terdapatnya logam berat pada bahan-bahan pembentuk keramik. Hal ini mungkin saja terjadi mengingat bahan-bahan yang digunakan adalah tanah liat yang berasal dari alam. Sehingga pada hasil uji TCLP tanpa penambahan limbah katalis terdapat logam berat (Pb, Cr, Cu, Zn dan Ni).

Dari hasil yang diperoleh masih ada beberapa logam berat yang terlepas pada saat dilakukan uji TCLP. Hal ini disebabkan pada proses solidifikasi sebagai keramik dengan pembakaran yang tinggi, partikel bahan-bahan keramik yang digunakan tidak terikat sempurna dengan limbah baik secara fisik maupun secara kimia.

Jika dibandingkan dengan standar baku mutu TCLP P.P No 85 Tahun 1999, hasil yang diperoleh berada di bawah standar. Dengan demikian dapat ditarik kesimpulan bahwa solidifikasi logam berat dengan menggunakan media keramik layak jika ditinjau dari aspek kuat lentur, daya serap air maupun dari aspek lingkungan yang ditimbulkan.

4.2.6 Perbandingan Optimum Ditinjau Dari Uji Kuat Lentur , Daya Serap Air dan TCLP.

Jika kita lihat dari hasil uji kuat lentur yang telah dilakukan, terjadi penurunan nilai kuat lentur seiring dengan penambahan komposisi katalis pada keramik (Tabel 4.5). Pada uji kuat daya serap air, terjadi penurunan kualitas. Dimana semakin banyak jumlah katalis daya serap keramik menjadi semakin tinggi dan hal ini menandakan terjadinya penurunan kualitas seiring dengan penambahan katalis. Sedangkan pada hasil uji TCLP, meskipun hasilnya cenderung fluktuatif tetapi ada kecenderungan peningkatan konsentrasi seiring dengan penambahan limbah katalis ke dalam komposisi keramik. 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.

Apabila dibandingkan antara hasil uji TCLP, kuat lentur dan daya serap air diperoleh formula yang memiliki kualitas yang lebih baik adalah formula 2 (penambahan katalis 5%). Ini dikarenakan nilai kuat lentur yang dihasilkan dengan penambahan katalis lebih baik dibanding formula yang lain (dengan penambahan katalis) dan nilai konsentrasi uji TCLP yang dihasilkan juga sedikit lebih baik dengan konsentrasi ; Pb 0.174 mg, Zn 0.142 mg, Cr 0.092 mg, Cu 0.045 mg, Ni 0.040 mg.

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

Jika kita tinjau dari aspek teknis, kuat lentur yang dihasilkan juga jauh di atas kuat lentur keramik pembanding yang dijual di pasaran.

Tabel 4.10 Perbandingan Optimum DiTinjau dari Uji Kuat Lentur dan Uji TCLP

Formula	Kuat Lentur (kg/cm ²)	Daya Serap Air (%)	Pengujian				
			TCLP (mg/l)				
			Pb	Zn	Cr	Cu	Ni
F1	130.73	9.88	0.174	0.142	0.092	0.045	0.040
F2	116.33	9.93	0.189	0.119	0.080	0.049	0.040
F3	114.08	10.73	0.159	0.121	0.096	0.061	0.040
F4	112.95	10.99	0.076	0.143	0.096	0.073	0.040
F5	109.13	11.90	0.056	0.137	0.112	0.085	0.120



BAB V

KASIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian solidifikasi limbah katalis RCC-15 sebagai keramik, dapat disimpulkan :

1. Tingkat immobilisasi logam berat (*leachete*) pada pembuatan keramik cukup tinggi. Dari hasil penelitian yang diperoleh tingkat immobilisasi mencapai 89-99% (Tabel 4.8). Dengan kata lain logam berat yang terlepas kemungkinannya cukup kecil. Hal ini menjadikan keramik sangat cocok digunakan untuk mengimmobilisasi logam berat dan aman digunakan.
2. Untuk sifat fisik yang dihasilkan ternyata cukup baik. Ini dibuktikan dengan nilai kuat lentur yang berkisar antara 130.73 kg/cm² hingga 109.13 kg/cm² (Tabel 4.5). Sedangkan nilai daya serap air berkisar antara 9.88% hingga 11.90%. nilai ini cukup baik karena berada di atas keramik pembanding. Dengan kata lain, keramik hasil solidifikasi limbah katalis cukup kuat dan aman untuk digunakan.
3. Untuk biaya produksi yang dihasilkan setiap satu buah keramik, ternyata keramik dengan campuran katalis 20% lebih ekonomis (Rp 4230,-) jika dibandingkan dengan keramik tanpa katalis (Rp 4330,-). Ini dikarenakan limbah katalis diperoleh harganya di bawah harga kolin. Berarti dengan menggunakan katalis, kita dapat menghemat biaya Rp 100,- setiap buahnya dengan mutu dan kualitas yang tidak jauh berbeda dari keramik tanpa katalis.

5.2 Saran

Untuk perbaikan kearah yang lebih baik, maka untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan perbaikan-perbaikan, diantaranya :

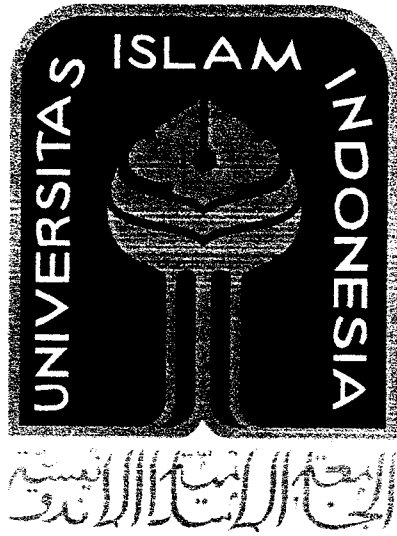
1. Perlu adanya penelitian tentang kandungan logam berat yang terdapat pada bahan dasar pembentuk keramik, mengingat bahan dasar yang digunakan berasal dari alam.
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut terhadap immobilisasi logam berat dengan menggunakan limbah dan campuran keramik yang berbeda.
3. Pada pengujian kuat lentur keramik hendaknya mengacu pada nilai standar yang telah ditetapkan.



DAFTAR PUSTAKA

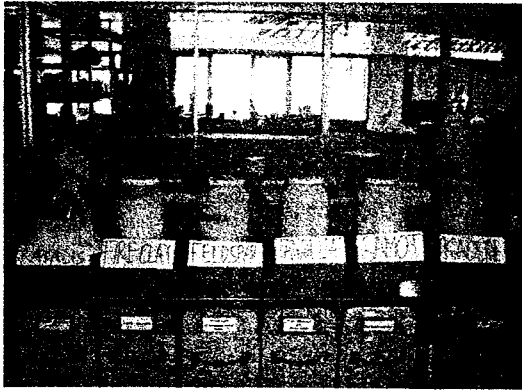
- Anonim, 2005, Ceramics, www.Ipteknet.com
- Anonim, 2005, Heavy Metal, www.Chemicalelements.com
- Anonim, *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 85 Tahun 1999 Tentang Pengolahan Limbah Bahan Beracun dan Berbahaya*, Badan Pengendali Dampak Lingkungan, Jakarta, 1994.
- Anonim, *PERTAMINA - Lembaga Penelitian UNPAD, 2005*
- Anonim, *Pulitbang Teknologi Mineral*, Jakarta 1993
- Achmad, H, (1992). "*Kimia unsur dan radiokimia*", UI Press, Jakarta
- Astuti, A., (1997). *Pengetahuan Keramik*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Babich, H. and G. Stotzky. 1878. *Effects of cadmium on the biota : influence of environmental factors*. *Edv. Appl. Microbiol.* 23 : 55 – 117
- Benefield D.L and Judkins, Jr "Process chemistry for water and wastewater treatment", Prentice-Hall, Inc, Englewood Cliffs, New jersey.
- Budiyanto, Gatot. Drs, 2003, *Mengenal Tanah Liat*, Pusat Pengembangan Dan Penataran Guru Kesenian Yogyakarta.
- Ichinose, N, (1987), "Introduction to Fine Ceramics Applications on Engineering", John Wiley and Sons LTD, New York.
- Jumiati, *Solidifikasi Limbah Limbah fly Ash Hasil Pembakaran Incenerator Industri tekstil sebagai Keramik*, Jogjakarta, 2005

- LaGrega, M.D., P.L. Buckingham, dan J.C. Evans, 1994, *Hazardous Waste Management*, McGraw-Hill International Inc., New York.
- Palar, Heryando., (1994). *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*, PT. Rineka Cipta, Jakarta.
- Surdia, T. dan Saito, S., (1985). *Pengetahuan Bahan Keramik*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Sudrajat, Acmad Iman, *Uji TCLP Pada Identifikasi dan Penanganan Pada Limbah Padat B3*, 2005.
- Tchobanoglous, George etc, 2001, *Integrated Solid Waste Management*, McGraww-Hill International Inc., New York
- Trihadiningrum, Yulinah, (2000). *Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)*, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Van Vlack, Lavrence H., Sriati Djaprie, 1994, *Ilmu dan Teknologi Bahan*, Penerbit Erlangga, Jakarta.



LAPRA

FOTO – FOTO PEMBUATAN KERAMIK



Bahan-Bahan Pembuat Keramik



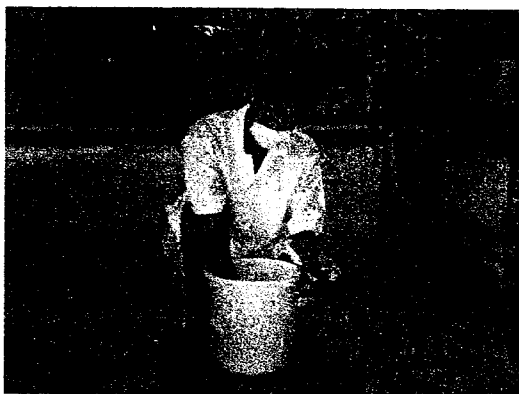
Penimbangan Bahan



Penghalusan Bahan



Penyaringan Bahan

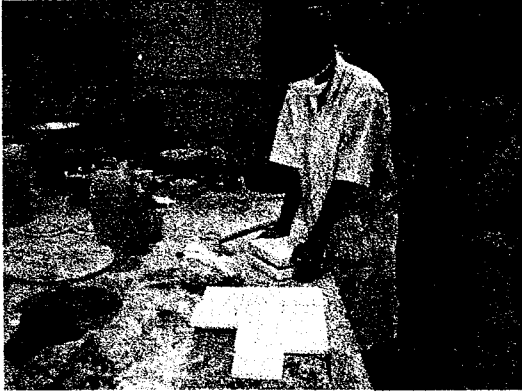


Pencampuran Bahan

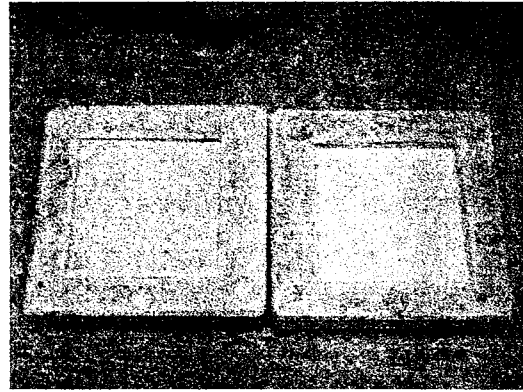


Pengadukan Bahan

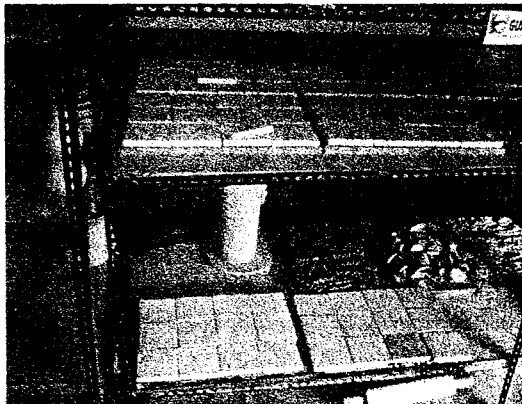
FOTO – FOTO PEMBUATAN KERAMIK



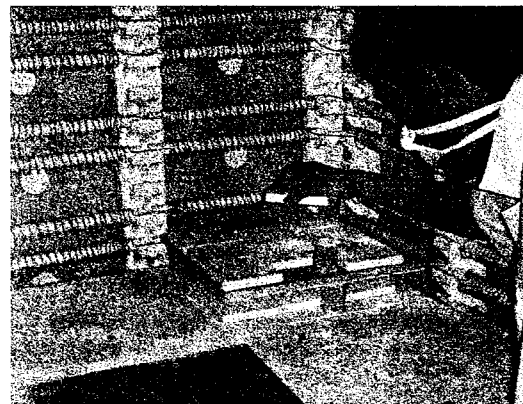
Proses Pencetakan



Cetakan Keramik



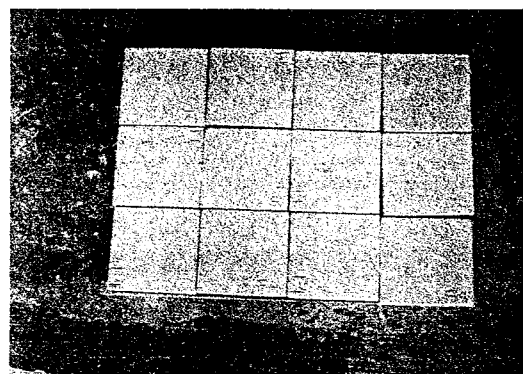
Proses Pengeringan



Proses Pembakaran



Incenerator



Keramik Sampel Uji

HASIL UJI TCLP

Konsentrasi Pb

Kode Sampel	Nomor Sampel	Sampel Awal		Massa Katalis (mg) 5	Kadar Pb		Sampel akhir		Massa Cuplikan Keramik (mg) 10	Massa Sampel Keramik (mg) 11	Kadar Pb		Efisien (%) 14
		Konsentrasi Pengukuran (mg/l) 3	Massa Pengukuran (mg/kg) 4		Input (mg) 6	Rata2 (mg) 7	Konsentrasi Pengukuran (mg/l) 8	Massa Pengukuran (mg/kg) 9			Output (mg) 12	Rata2 (mg) 13	
F1	1	35.25303	3525.303	0	0.000	0.161300	16.1300	500000	10000	500000	8.0650	8.0650	
	2	35.25303	3525.303	0	0.000	0.171257	17.1257	500000	10000	500000	8.5629	8.707	
	3	35.25303	3525.303	0	0.000	0.189842	18.9842	500000	10000	500000	9.4921		
F2	1	35.25303	3525.303	25000	88.133	0.276466	27.6466	500000	10000	500000	13.8233	13.8233	89.305
	2	35.25303	3525.303	25000	88.133	0.178226	17.8226	500000	10000	500000	8.9113	8.9113	
	3	35.25303	3525.303	25000	88.133	0.110852	11.0852	500000	10000	500000	5.5426	5.5426	
F3	1	35.25303	3525.303	50000	176.265	0.131300	13.1300	500000	10000	500000	6.5650	6.5650	95.489
	2	35.25303	3525.303	50000	176.265	0.185860	18.5860	500000	10000	500000	9.2930	7.952	
	3	35.25303	3525.303	50000	176.265	0.159972	15.9972	500000	10000	500000	7.9986	7.9986	
F4	1	35.25303	3525.303	75000	264.398	0.0000*	0.0000	500000	10000	500000	0.0000	0.0000	97.857
	2	35.25303	3525.303	75000	264.398	0.105210	10.5210	500000	10000	500000	5.2605	5.667	
	3	35.25303	3525.303	75000	264.398	0.121473	12.1473	500000	10000	500000	6.0737	6.0737	
F5	1	35.25303	3525.303	100000	352.530	0.085296	8.5296	500000	10000	500000	4.2648	4.2648	98.816
	2	35.25303	3525.303	100000	352.530	0.081646	8.1646	500000	10000	500000	4.0823	4.174	
	3	35.25303	3525.303	100000	352.530	0.000332*	0.0000	500000	10000	500000	0.0000	0.0000	

Keterangan:

* = Data tidak digunakan

Kolom 4 = Kolom 3 x 100

Kolom 9 = Kolom 8 x 100

Kolom 6 = (Kolom 4 x Kolom 5)/1000000

Kolom 12 = ((Kolom 9 x Kolom 10)/1000000) x (Kolom 11/Kolom 10)

Kolom 14 = (((Kolom 7 - Kolom 12)/(Kolom 7))x100%

Konsentrasi Zn

Kode Sampel	Nomor Sampel	Sampel Awal		Massa Katalis (mg) 5	Kadar Pb		Sampel akhir		Massa Cuplikan Keramik (mg) 10	Massa Sampel Keramik (mg) 11	Kadar Pb		Efisiensi (%) 14
		Konsentrasi Pengukuran (mg/l) 3	Massa Pengukuran (mg/kg) 4		Input (mg) 6	Rata2 (mg) 7	Konsentrasi Pengukuran (mg/l) 8	Massa Pengukuran (mg/kg) 9			Output (mg) 12	Rata2 (mg) 13	
1	2	19.379	1937.9	0	0.000	2.000	0.119088	11.9088	10000	500000	5.9544	8.452	
		19.379	1937.9	0	0.000		0.148035	14.8035	10000	500000	7.4018		
		19.379	1937.9	25000	48.448	48.448	0.114511	11.4511	10000	500000	5.7256	5.968	
F2	2	19.379	1937.9	25000	48.448	48.448	0.108498	10.8498	10000	500000	5.4249	5.968	
		19.379	1937.9	25000	48.448	48.448	0.135099	13.5099	10000	500000	6.7550		
		19.379	1937.9	50000	96.895	96.895	0.132958	13.2958	10000	500000	6.6479		
F3	1	19.379	1937.9	50000	96.895	96.895	0.113805	11.3805	10000	500000	5.6903	6.055	93.751
		19.379	1937.9	50000	96.895	96.895	0.116538	11.6538	10000	500000	5.8269		
		19.379	1937.9	75000	145.343	145.343	0.138538	13.8538	10000	500000	6.9269	7.168	
F4	2	19.379	1937.9	75000	145.343	145.343	0.146190	14.6190	10000	500000	7.3095	7.168	
		19.379	1937.9	75000	145.343	145.343	0.145348	14.5348	10000	500000	7.2674		
		19.379	1937.9	100000	193.790	193.790	0.148695	14.8695	10000	500000	7.4348	6.869	
F5	1	19.379	1937.9	100000	193.790	193.790	0.127310	12.7310	10000	500000	6.3655	6.869	
		19.379	1937.9	100000	193.790	193.790	0.136124	13.6124	10000	500000	6.8062		
		19.379	1937.9	100000	193.790	193.790							

Keterangan :

* = Data tidak digunakan

= Kolom 3 x 100

= Kolom 8 x 100

= (Kolom 4 x Kolom 5)/1000000

= ((Kolom 9 x Kolom 10)/1000000) x (Kolom 11/Kolom 10)

= ((Kolom 7 - Kolom 12)/(Kolom 7))x100%

Konsentrasi Cr

Kode Sampel	Nomor Sampel	Sampel Awal		Massa Katalis (mg)	Kadar Pb		Sampel akhir		Massa Cuplikan Keramik (mg)	Massa Sampel Keramik (mg)	Kadar Pb		Efisiensi (%)
		Konsentrasi (mg/l)	Massa Pengukuran (mg/kg)		Input (mg)	Rata2 (mg)	Konsentrasi (mg/l)	Massa Pengukuran (mg/kg)			Output (mg)	Rata2 (mg)	
1	2	18.627	1862.7	0	0.000	2.000	0.079310	7.9310	10000	500000	3.9655	7.141	
	2	18.627	1862.7	0	0.000		0.109168	10.9168	10000	500000	5.4584		
	3	18.627	1862.7	0	0.000		0.083074	8.3074	10000	500000	4.1537		
F2	1	18.627	1862.7	25000	46.568	46.568	0.081962	8.1962	10000	500000	4.0981	3.981	91.451
	2	18.627	1862.7	25000	46.568	46.568	0.073834	7.3834	10000	500000	3.6917		
	3	18.627	1862.7	25000	46.568	46.568	0.097790	9.7790	10000	500000	4.8895		
F3	1	18.627	1862.7	50000	93.135	93.135	0.099928	9.9928	10000	500000	4.9964	4.780	94.868
	2	18.627	1862.7	50000	93.135	93.135	0.089063	8.9063	10000	500000	4.4532		
	3	18.627	1862.7	50000	93.135	93.135	0.095480	9.5480	10000	500000	4.7740		
F4	1	18.627	1862.7	75000	139.703	139.703	0.108398	10.8398	10000	500000	5.4199	4.810	96.557
	2	18.627	1862.7	75000	139.703	139.703	0.084700	8.4700	10000	500000	4.2350		
	3	18.627	1862.7	75000	139.703	139.703	0.096164	9.6164	10000	500000	4.8082		
F5	1	18.627	1862.7	100000	186.270	186.270	0.124568	12.4568	10000	500000	6.2284	5.595	96.996
	2	18.627	1862.7	100000	186.270	186.270	0.114986	11.4986	10000	500000	5.7493		
	3	18.627	1862.7	100000	186.270	186.270			10000	500000			

Keterangan :

- * Data tidak digunakan
- = Kolom 3 x 100
- = Kolom 8 x100
- = (Kolom 4 x Kolom 5)/1000000
- = ((Kolom 9 x Kolom 10)/1000000) x (Kolom 11/Kolom 10)
- = (((Kolom 7 - Kolom 12)/(Kolom 7))x100%

Konsentrasi Ni

Kode Sampel	Nomor Sampel	Sampel Awal		Massa Katalis (mg)	Kadar Pb		Sampel akhir		Massa Cuplikan Keramik (mg)	Massa Sampel Keramik (mg)	Kadar Pb		Efisiensi (%)
		Konsentrasi Pengukuran (mg/l)	Massa Pengukuran (mg/kg)		Input (mg)	Rata2 (mg)	Konsentrasi Pengukuran (mg/l)	Massa Pengukuran (mg/kg)			Output (mg)	Rata2 (mg)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
F2	1	12750	1275000	25000	31875	31875	0.04	4.00	10000	500000	2.0000	0.0400	100.00
F3	1	12750	1275000	50000	63750	63750	0.04	4.00	10000	500000	2.0000	0.0400	100.00
F4	1	12750	1275000	75000	95625	95625	0.04	4.00	10000	500000	2.0000	0.0400	100.00
F5	1	12750	1275000	100000	127500	127500	0.12	12.00	10000	500000	6.0000	0.1200	100.00

Keterangan :

* = Data tidak digunakan

Kolom 4 = Kolom 3 x 100

Kolom 9 = Kolom 8 x 100

Kolom 6 = (Kolom 4 x Kolom 5)/1000000

Kolom 12 = ((Kolom 9 x Kolom 10)/1000000) x (Kolom 11/Kolom 10)

Kolom 14 = ((Kolom 7 - Kolom 12)/(Kolom 7))x100%

Konsentrasi Cu

Kode Sampel	Nomor Sampel	Sampel Awal		Massa Katalis (mg) 5	Kadar Pb		Sampel akhir		Massa Cuplikan Keramik (mg) 10	Massa Sampel Keramik (mg) 11	Kadar Pb		Efisiensi (%)
		Konsentrasi Pengukuran (mg/l) 3	Massa Pengukuran (mg/kg) 4		Input (mg) 6	Rata2 (mg) 7	Konsentrasi Pengukuran (mg/l) 8	Massa Pengukuran (mg/kg) 9			Output (mg) 12	Rata2 (mg) 13	
1	2	16.734	1673.4	0	0.000	2.000	0.045896	4.5896	10000	500000	2.2948	5.191	14
	2	16.734	1673.4	0	0.000		0.025573	2.5573	10000	500000	1.2787		
	3	16.734	1673.4	25000	41.835		0.043922	4.3922	10000	500000	2.1961		
F2	1	16.734	1673.4	25000	41.835	41.835	0.054180	5.4180	10000	500000	2.7090	2.458	94.125
	2	16.734	1673.4	25000	41.835		0.049364	4.9364	10000	500000	2.4682		
	3	16.734	1673.4	25000	41.835		0.053842	5.3842	10000	500000	2.6921		
F3	1	16.734	1673.4	50000	83.670	83.670	0.065160	6.5160	10000	500000	3.2580	3.040	96.367
	2	16.734	1673.4	50000	83.670		0.063378	6.3378	10000	500000	3.1689		
	3	16.734	1673.4	50000	83.670		0.069061	6.9061	10000	500000	3.4531		
F4	1	16.734	1673.4	75000	125.505	125.505	0.069398	6.9398	10000	500000	3.4699	3.665	97.080
	2	16.734	1673.4	75000	125.505	125.505	0.081438	8.1438	10000	500000	4.0719		
	3	16.734	1673.4	75000	125.505		0.077152	7.7152	10000	500000	3.8576		
F5	1	16.734	1673.4	100000	167.340	167.340	0.101521	10.1521	10000	500000	5.0761	4.236	97.469
	2	16.734	1673.4	100000	167.340	167.340	0.075466	7.5466	10000	500000	3.7733		
	3	16.734	1673.4	100000	167.340				10000	500000			

Keterangan :

* = Data tidak digunakan

= Kolom 3 x 100

= Kolom 8 x 100

= (Kolom 4 x Kolom 5)/1000000

= ((Kolom 9 x Kolom 10)/1000000) x (Kolom 11/Kolom 10)

= (((Kolom 7 - Kolom 12)/(Kolom 7))x100%

HASIL UJI DAYA SERAP AIR

A. BERAT SAMPEL AWAL

Kode Sampel	No Sampel	Berat Sampel (gr)	Berat Rata-rata
F1	1	266.63	265.46
	2	265.22	
	3	264.54	
F2	1	264.46	263.35
	2	263.13	
	3	262.46	
F3	1	257.89	258.37
	2	258.10	
	3	259.13	
F4	1	255.47	255.76
	2	255.66	
	3	256.14	
F5	1	250.97	250.81
	2	251.70	
	3	249.75	

Umur Sampel = 10 Hari

B. BERAT SAMPEL KERING

Kode Sampel	No Sampel	Berat Sampel (gr)	Berat Rata-rata
F1	1	265.84	264.54
	2	264.55	
	3	263.24	
F2	1	263.29	262.21
	2	262.05	
	3	261.28	
F3	1	256.72	257.68
	2	257.64	
	3	258.68	
F4	1	255.43	255.21
	2	255.09	
	3	255.11	
F5	1	249.43	249.87
	2	250.92	
	3	249.27	

Waktu Pengeringan = 24 Jam

Suhu = 110°C

C. BERAT SAMPEL BASAH

Kode Sampel	No Sampel	Berat Sampel (gr)	Berat Rata-rata
F1	1	292.93	290.69
	2	290.49	
	3	288.64	
F2	1	288.58	288.24
	2	287.56	
	3	288.57	
F3	1	284.40	285.33
	2	285.84	
	3	285.75	
F4	1	283.36	283.26
	2	282.45	
	3	283.97	
F5	1	279.95	279.61
	2	278.14	
	3	280.75	

Waktu Perendaman = 24 Jam

D. PERSENTASE DAYA SERAP AIR

Kode Sampel	Daya Serap Air (%)
F1	8.99
F2	9.03
F3	9.69
F4	9.90
F5	10.64

Rumus = $((\text{Brt. Basah} - \text{Brt. Kering}) / (\text{Brt. Basah}) \times 100\%$

HASIL UJI KUAT LENTUR

Kode Sampel	Nomor sampel	Jrk. Tumpuan (L) (cm)	Lebar (b) (cm)	Tinggi (h) (cm)	Momen (M) (Kg.cm)	Inersia (I) (cm ⁴)	Tinggi Momen (Y) (cm)	Hasil Uji (P) (Kg)	Kuat Lentur (σ) (Kg/Cm ²)
F1	1	6	10	1.0	240.00	0.8333	0.5	160.00	144.00
	2	6	10	1.0	266.25	0.8333	0.5	177.50	159.75
	3	6	10	1.0	225.00	0.8333	0.5	150.00	135.00
	4	6	10	1.0	277.50	0.8333	0.5	185.00	166.50
	5	6	10	1.0	183.75	0.8333	0.5	122.50	110.25
	6	6	10	1.0	165.00	0.8333	0.5	110.00	99.00
	7	6	10	1.0	210.00	0.8333	0.5	140.00	126.00
	8	6	10	1.0	232.50	0.8333	0.5	155.00	139.50
	9	6	10	1.0	150.00	0.8333	0.5	100.00	90.00
	10	6	10	1.0	228.75	0.8333	0.5	152.50	137.25
Rata-rata		6	10	1.0	217.88	0.8333	0.5	145.25	130.73

Kode Sampel	Nomor sampel	Jrk. Tumpuan (L) (cm)	Lebar (b)) (cm)	Tinggi (h) (cm)	Momen (M) (Kg.cm)	Inersia (I) (cm ⁴)	Tinggi Momen (Y) (cm)	Hasil Uji (P) (Kg)	Kuat Lentur (σ) (Kg/Cm ²)
F2	1	6	10	1.0	165.00	0.8333	0.5	110.00	99.00
	2	6	10	1.0	187.50	0.8333	0.5	125.00	112.50
	3	6	10	1.0	142.50	0.8333	0.5	95.00	85.50
	4	6	10	1.0	146.25	0.8333	0.5	97.50	87.75
	5	6	10	1.0	191.25	0.8333	0.5	127.50	114.75
	6	6	10	1.0	161.25	0.8333	0.5	107.50	96.75
	7	6	10	1.0	255.00	0.8333	0.5	170.00	153.00
	8	6	10	1.0	262.50	0.8333	0.5	175.00	157.50
	9	6	10	1.0	243.75	0.8333	0.5	162.50	146.25
	10	6	10	1.0	183.75	0.8333	0.5	122.50	110.25
Rata-rata		6	10	1.0	193.88	0.8333	0.5	129.25	116.33

Kode Sampel	Nomor sampel	Jrk. Tumpuan (L) (cm)	Lebar (b) (cm)	Tinggi (h) (cm)	Momen (M) (Kg.cm)	Inersia (I) (cm ⁴)	Tinggi Momen (Y) (cm)	Hasil Uji (P) (Kg)	Kuat Lentur (σ) (Kg/Cm ²)
F3	1	6	10	1.0	195.00	0.8333	0.5	130.00	117.00
	2	6	10	1.0	180.00	0.8333	0.5	120.00	108.00
	3	6	10	1.0	206.25	0.8333	0.5	137.50	123.75
	4	6	10	1.0	187.50	0.8333	0.5	125.00	112.50
	5	6	10	1.0	172.50	0.8333	0.5	115.00	103.50
	6	6	10	1.0	183.75	0.8333	0.5	122.50	110.25
	7	6	10	1.0	172.50	0.8333	0.5	115.00	103.50
	8	6	10	1.0	206.25	0.8333	0.5	137.50	123.75
	9	6	10	1.0	172.50	0.8333	0.5	115.00	103.50
	10	6	10	1.0	225.00	0.8333	0.5	150.00	135.00
Rata-rata		6	10	1.0	190.13	0.8333	0.5	126.75	114.08

Kode Sampel	Nomor sampel	Jrk. Tumpuan (L) (cm)	Lebar (b) (cm)	Tinggi (h) (cm)	Momen (M) (Kg.cm)	Inersia (I) (cm ⁴)	Tinggi Momen (Y) (cm)	Hasil Uji (P) (Kg)	Kuat Lentur (σ) (Kg/Cm ²)
F4	1	6	10	1.0	153.75	0.8333	0.5	102.50	92.25
	2	6	10	1.0	180.00	0.8333	0.5	120.00	108.00
	3	6	10	1.0	206.25	0.8333	0.5	137.50	123.75
	4	6	10	1.0	232.50	0.8333	0.5	155.00	139.50
	5	6	10	1.0	150.00	0.8333	0.5	100.00	90.00
	6	6	10	1.0	247.50	0.8333	0.5	165.00	148.50
	7	6	10	1.0	225.00	0.8333	0.5	150.00	135.00
	8	6	10	1.0	112.50	0.8333	0.5	75.00	67.50
	9	6	10	1.0	206.25	0.8333	0.5	137.50	123.75
	10	6	10	1.0	168.75	0.8333	0.5	112.50	101.25
Rata-rata		6	10	1.0	188.25	0.8333	0.5	125.5	112.95

Kode Sampel	Nomor sampel	Jrk. Tumpuan (L) (cm)	Lebar (b) (cm)	Tinggi (h) (cm)	Momen (M) (Kg.cm)	Inersia (I) (cm ⁴)	Tinggi Momen (Y) (cm)	Hasil Uji (P) (Kg)	Kuat Lentur (σ) (Kg/Cm ²)
F5	1	6	10	1.0	195.00	0.8333	0.5	130.00	117.00
	2	6	10	1.0	112.50	0.8333	0.5	75.00	67.50
	3	6	10	1.0	202.50	0.8333	0.5	135.00	121.50
	4	6	10	1.0	191.25	0.8333	0.5	127.50	114.75
	5	6	10	1.0	251.25	0.8333	0.5	167.50	150.75
	6	6	10	1.0	161.25	0.8333	0.5	107.50	96.75
	7	6	10	1.0	108.75	0.8333	0.5	72.50	65.25
	8	6	10	1.0	236.25	0.8333	0.5	157.50	141.75
	9	6	10	1.0	172.50	0.8333	0.5	115.00	103.50
	10	6	10	1.0	187.50	0.8333	0.5	125.00	112.50
Rata-rata		6	10	1.0	181.88	0.8333	0.5	121.25	109.13

Rumus :

$$\Sigma = (M \cdot Y) / I$$

$$M = \frac{1}{4} P \cdot L$$

$$Y = 1/2 \cdot h$$

$$I = 1/12 \cdot b \cdot (h)^2$$

Dimana :

σ = Kuat Lentur

M = Momen

I = Inersia

Y = Tinggi momen

P = Beban Patah (Hasil Uji)

L = Panjang Benda Uji

h = Tinggi Benda Uji



HASIL UJI KUAT LENTUR

Nama Benda Uji : Keramik
Keperluan : Tugas Akhir
Diperiksa Oleh : Febrian Abdullah
Tanggal : 11 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	6	160.00	F2	1	6	110.00
	2	6	177.50		2	6	125.00
	3	6	150.00		3	6	95.00
	4	6	185.00		4	6	97.50
	5	6	122.50		5	6	127.50
	6	6	110.00		6	6	107.50
	7	6	140.00		7	6	170.00
	8	6	155.00		8	6	175.00
	9	6	100.00		9	6	162.50
	10	6	152.50		10	6	122.50

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	6	130.00	F4	1	6	102.50
	2	6	120.00		2	6	120.00
	3	6	137.50		3	6	137.50
	4	6	125.00		4	6	155.00
	5	6	115.00		5	6	100.00
	6	6	122.50		6	6	165.00
	7	6	115.00		7	6	150.00
	8	6	137.50		8	6	75.00
	9	6	115.00		9	6	137.50
	10	6	150.00		10	6	112.50

Yogyakarta, 11 Juli 2005

Mengetahui

Laboratorium BKT-FTSP UII

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII

HASIL UJI KUAT LENTUR

Nama Benda Uji : Keramik
Keperluan : Tugas Akhir
Diperiksa Oleh : Febrian Abdullah
Tanggal : 11 Juli 2005

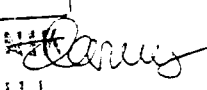
Kode Sampel	Nomor sampel	Jrk. Tumpuan (L) (cm)	Hasil Uji (P) (Kg)
F5	1	6	130.00
	2	6	75.00
	3	6	135.00
	4	6	127.50
	5	6	167.50
	6	6	107.50
	7	6	72.50
	8	6	157.50
	9	6	115.00
	10	6	125.00

Yogyakarta, 11 Juli 2005

Mengetahui

Laboratorium BKT-FTSP UII

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII





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



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

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

DATA PEMERIKSAAN
MODULUS HALUS BUTIR PASIR

Nama benda uji : KATALIS

Di periksa Oleh :

Asal : PERTAMINA

1. Emzita Hudaya

Keperluan : Tugas Akhir

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 FTSP UII

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII



**DATA PEMERIKSAAN
 BERAT JENIS AGREGAT HALUS**

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

Di periksa Oleh :
 1. Emzita Hudaya
 2. M.J Iman Setia
 Tanggal : 29 Juni 2005

Alat - alat

1. Gelas ukur kap 1000 ml
2. Timbangan ketelitian
3. Piring, sendok, Lap, Dll

	Benda Uji 1		Benda Uji 2	
Berat agregat (W)	400	Gram	400	Gram
Volume Air (V1)	600	Cc	600	Cc
Volume Air + Agregat (V2)	795		740	
Berat Jenis (Bj)	400		400	
$\frac{W}{V2 - V1}$	$\frac{795 - 600}{}$ = 2.05 gr / ml		$\frac{740 - 600}{}$ = 2.86 gr / ml	
Berat Jenis rata-rata	2.445 gr/ml			

Catatan :

Yogyakarta,.....

Mengetahui
 Laboratorium BKT FTSP UII

LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK UII

Method Name: Cu Flame
Method Description: Cu Flame

Element: Cu

Date: 04/13/2005
Technique: Flame
Wavelength: 324.8 nm
Lamp Current: 8
Sample Info File: 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			mg/L
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

Method Name: Pb Flame
Method Description: Analisa Pb

Element: Pb

Date: 04/13/2005

Technique: Flame

Wavelength: 283.3 nm

Lamp Current: 5

Sample Info File: EVA.SIF

Calibration Equation: Zero Intercept: Linear

Slit Width: 0.70 nm

Energy: 69

Results Data Set: Pb-Evariyan1

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			mg/L
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		0.296176	0.029136	mg/L

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

Date: 04/13/2005
Technique: Flame Calibration Equation: Zero Intercept: Linear
Wavelength: 357.9 nm Slit Width: 0.70 nm
Lamp Current: 10 Energy: 71
Sample Info File: EVA.SIF 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	-0.005903	0.000209			mg/L
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

Method Name: Zn Flame
Method Description: Analisa Zn

Element: Zn

Date: 04/13/2005

Technique: Flame

Wavelength: 213.9 nm

Lamp Current: 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 i (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. ✓



UNIVERSITAS GADJAH MADA

LABORATORIUM KIMIA ANALITIK
FACULTAS KIMIA
KULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENCIPTAAN ALAM

Sekip Utara PO Box 145 71,
Yogyakarta 55281. Tel. (0274) 902740, 545188 pes. 119
Faks. 0274 545189

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 Setia, 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	"

Method Name: Pb Flame
Method Description: Analisa Pb

Element: Pb

Date: 08/04/2005

Technique: Flame

Wavelength: 283.3 nm

Lamp Current: 5

Sample Info File: FEBRIAN.SIF

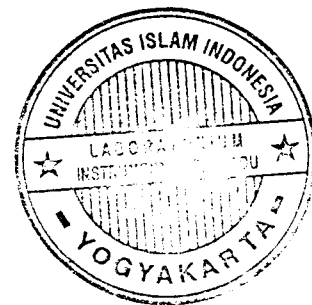
Calibration Equation: Zero Intercept: Linear

Slit Width: 0.70 nm

Energy: 67

Results Data Set: Dian Pb

No.	SampleID	Seq	El	Mean Signal (Absorbance)	Standard Dev Calibration	Mean Sample	Standard Deviation	Samp Units
1	Calib Blank	1	Pb	-0.000363	0.000252			mg/L
2	std 1	2	Pb	0.014339	0.000308			mg/L
3	std 2	3	Pb	0.026509	0.000796			mg/L
4	std 3	4	Pb	0.041067	0.000463			mg/L
5	std 4	5	Pb	0.054450	0.000147			mg/L
6	std 5	6	Pb	0.066056	0.000549			mg/L
7	F 1-1	22	Pb	0.001083		0.161300	0.036777	mg/L
8	F 1-2	23	Pb	0.001150		0.171257	0.034868	mg/L
9	F 1-3	24	Pb	0.001275		0.189842	0.039657	mg/L
10	F 2-1	25	Pb	0.001857		0.276466	0.019057	mg/L
11	F 2-2	26	Pb	0.001197		0.178226	0.045588	mg/L
12	F 2-3	27	Pb	0.000745		0.110852	0.020862	mg/L
13	F 3-1	28	Pb	0.001083		0.161300	0.083068	mg/L
14	F 3-2	29	Pb	0.001248		0.185860	0.056643	mg/L
15	F 3-3	30	Pb	0.001075		0.159972	0.084804	mg/L
16	F 4-1	31	Pb	-0.000080		0.000000	0.000000	mg/L
17	F 4-2	32	Pb	0.000707		0.105210	0.032330	mg/L
18	F 4-3	33	Pb	0.000816		0.121473	0.050381	mg/L
19	F 5-1	34	Pb	0.000573		0.085296	0.041009	mg/L
20	F 5-2	36	Pb	0.000548		0.081646	0.013259	mg/L
21	F 5-3	37	Pb	0.000002		0.000332	0.046286	mg/L

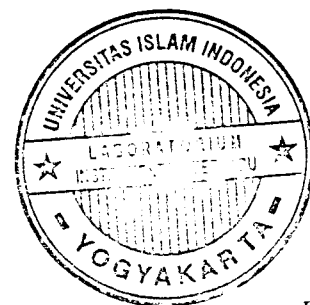


L-25

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

Date: 08/03/2005
 Technique: Flame Calibration Equation: Zero Intercept: Linear
 Wavelength: 357.9 nm Slit Width: 0.70 nm
 Lamp Current: 10 Energy: 71
 Sample Info File: FEBRIAN.SIF Results Data Set: DIAN CR

No.	SampleID	Seq	El	Mean Signal (Absorbance)	Standard Dev Calibration	Mean Sample	Standard Deviation	Samp Units
1	Calib Blank	1	Cr	-0.000227	0.000112			mg/L
2	std1	2	Cr	0.022639	0.001456			mg/L
3	std2	3	Cr	0.048618	0.000064			mg/L
4	std3	4	Cr	0.076989	0.001537			mg/L
5	std4	9	Cr	0.108554	0.002045			mg/L
6	std5	10	Cr	0.129276	0.003316			mg/L
7	F 1-1	26	Cr	0.002256		0.086582	0.021119	mg/L
8	F 1-2	27	Cr	0.002067		0.079310	0.016658	mg/L
9	F 1-3	28	Cr	0.002845		0.109168	0.004966	mg/L
10	F 2-1	29	Cr	0.002165		0.083074	0.012498	mg/L
11	F 2-2	30	Cr	0.002136		0.081962	0.016816	mg/L
12	F 2-3	31	Cr	0.001924		0.073834	0.011090	mg/L
13	F 3-1	32	Cr	0.002548		0.097790	0.020569	mg/L
14	F 3-2	33	Cr	0.002604		0.099928	0.004913	mg/L
15	F 3-3	34	Cr	0.002321		0.089063	0.020243	mg/L
16	F 4-1	35	Cr	0.002488		0.095480	0.004373	mg/L
17	F 4-2	36	Cr	0.002825		0.108398	0.015697	mg/L
18	F 4-3	37	Cr	0.002207		0.084700	0.017529	mg/L
19	F 5-1	38	Cr	0.002506		0.096164	0.007479	mg/L
20	F 5-2	39	Cr	0.003246		0.124568	0.013631	mg/L
21	F 5-3	40	Cr	0.002996		0.114986	0.007068	mg/L



Method Name: Cu Flame
Method Description: Cu Flame

Element: Cu

Date: 08/03/2005

Technique: Flame

Wavelength: 324.8 nm

Lamp Current: 8

Sample Info File: FEBRIAN.SIF

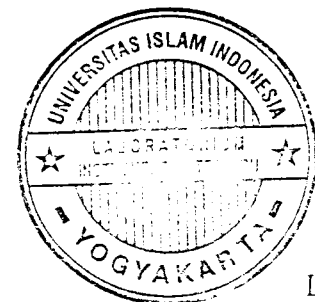
Calibration Equation: Zero Intercept: Linear

Slit Width: 0.70 nm

Energy: 70

Results Data Set: DIAN CU

No.	SampleID	Seq	El	Mean Signal (Absorbance)	Standard Dev Calibration	Mean Sample	Standard Deviation	Samp Units
1	Calib Blank	1	Cu	-0.000791	0.000396			mg/L
2	std 1	2	Cu	0.038307	0.001892			mg/L
3	std 2	3	Cu	0.093278	0.001236			mg/L
4	std 3	4	Cu	0.132116	0.001915			mg/L
5	std 4	5	Cu	0.175537	0.004431			mg/L
6	std 5	6	Cu	0.239540	0.002618			mg/L
7	F 1-1	22	Cu	0.002920		0.063089	0.010114	mg/L
8	F 1-2	23	Cu	0.002125		0.045896	0.009360	mg/L
9	F 1-3	24	Cu	0.001184		0.025573	0.004642	mg/L
10	F 2-1	25	Cu	0.002033		0.043922	0.014209	mg/L
11	F 2-2	26	Cu	0.002508		0.054180	0.007524	mg/L
12	F 2-3	27	Cu	0.002285		0.049364	0.018877	mg/L
13	F 3-1	28	Cu	0.002492		0.053842	0.004210	mg/L
14	F 3-2	29	Cu	0.003016		0.065160	0.002174	mg/L
15	F 3-3	30	Cu	0.002934		0.063378	0.010546	mg/L
16	F 4-1	31	Cu	0.003197		0.069061	0.003546	mg/L
17	F 4-2	32	Cu	0.003213		0.069398	0.006371	mg/L
18	F 4-3	33	Cu	0.003770		0.081438	0.009444	mg/L
19	F 5-1	34	Cu	0.003571		0.077152	0.007028	mg/L
20	F 5-2	35	Cu	0.004699		0.101521	0.006912	mg/L
21	F 5-3	36	Cu	0.003493		0.075466	0.009474	mg/L



L-27

Method Name: Zn Flame
 Method Description: Analisa Zn

Element: Zn

Date: 08/04/2005

Technique: Flame

Wavelength: 213.9 nm

Lamp Current: 10

Sample Info File: FEBRIAN.SIF

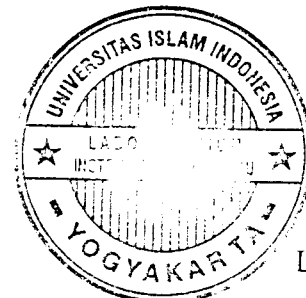
Calibration Equation: Zero Intercept: Linear

Slit Width: 0.70 nm

Energy: 69

Results Data Set: Dian Zn

No.	SampleID	Seq	El	Mean Signal (Absorbance)	Standard Dev Calibration	Mean Sample	Standard Deviation	Samp Units
1	Calib Blank	1	Zn	0.000502	0.000321			mg/L
2	std 1	7	Zn	0.032740	0.000850			mg/L
3	std 2	3	Zn	0.074220	0.001124			mg/L
4	std 3	4	Zn	0.115412	0.003214			mg/L
5	std 4	5	Zn	0.158701	0.001945			mg/L
6	std 5	6	Zn	0.197900	0.000860			mg/L
7	F 1-1	23	Zn	0.015648		0.159855	0.004676	mg/L
8	F 1-2	24	Zn	0.011657		0.119088	0.002673	mg/L
9	F 1-3	25	Zn	0.014491		0.148035	0.006347	mg/L
10	F 2-1	26	Zn	0.011209		0.114511	0.003617	mg/L
11	F 2-2	27	Zn	0.010621		0.108498	0.003751	mg/L
12	F 2-3	28	Zn	0.013225		0.135099	0.006142	mg/L
13	F 3-1	29	Zn	0.013015		0.132958	0.003978	mg/L
14	F 3-2	30	Zn	0.011140		0.113805	0.001640	mg/L
15	F 3-3	31	Zn	0.011408		0.116538	0.000828	mg/L
16	F 4-1	32	Zn	0.013561		0.138538	0.006269	mg/L
17	F 4-2	33	Zn	0.014310		0.146190	0.002577	mg/L
18	F 4-3	34	Zn	0.014228		0.145348	0.002654	mg/L
19	F 5-1	35	Zn	0.014555		0.148695	0.002767	mg/L
20	F 5-2	36	Zn	0.012462		0.127310	0.004442	mg/L
21	F 5-3	37	Zn	0.013325		0.136124	0.001804	mg/L



L-28



No. : 976/HA-KA/10/05
 Pengirim : Mohd. Jazuli Iman Setia, Pegung 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	C0	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	C3	Zn	0,493	0,507	0,512	"
11		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	Genteng	Zn	0,075	0,063	0,075	"
31		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	0,154	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	"
40	Zn	0,036	0,049	0,056	L-29	

PRELIMINARY EVALUATIONS

Perform preliminary evaluations on a minimum 100 gram aliquot of sample. This aliquot may not actually undergo 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. of filtrate = (wt. of filtrate container + filtrate) - (wt. of filtrate container)

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

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.
 $100 - \frac{((2^{\text{nd}} \text{ wt. of dried filter}) - (1^{\text{st}} \text{ wt. of dried filter}))}{(\text{sample wt.})} \times 100 \leq 1\%$
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: $\frac{((\text{wt. of dry waste} + \text{filter}) - (\text{tare wt. of filter}))}{(\text{sample wt.})} \times 100$.
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 Volatile TCLP extraction.

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.

NONVOLATILE 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).

Compare the analysis concentrations in the TCLP extract with the levels defined in the appropriate regulations.