

PERPUSTAKAAN FTSP UII	
HADIAH/BELE	
TGL. TERIMA :	25 April 2007
NO. JUDUL :	00 2383
NO. INV. :	5120002383001
NO. INDIK. :	

TUGAS AKHIR

**PEMANFAATAN LIMBAH SLUDGE KROM
SEBAGAI PEWARNA GLASIR PADA KERAMIK LIMBAH
KATALIS**

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

R.
628.4456
Cah
P
n



15, 72 'Katalis', 28

Disusun Oleh :

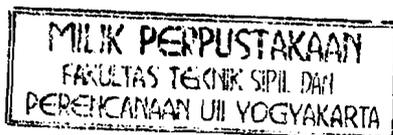
Nama : FENDIKA DWI CAHYONO

No. MHS : 01 513 001

• Katalis - Limbah
• Pewarna air limbah
• Katalis Sludge Krom
• Katalis

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

2006



LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**PEMANFAATAN LIMBAH SLUDGE KROM SEBAGAI
PEWARNA GLASIR PADA KERAMIK LIMBAH KATALIS**



Dosen pembimbing I

Ir. H. Kasam, MT

Tanggal :

R. Kasam
6-9-2006

Dosen pembimbing II

Hudori, ST

Tanggal :

Kasih kalian tak terhingga, tak pernah berubah oleh jarak dan waktu

Sejak kalian, waktu mungkin diluka

Dan yang akan datang, mungkin akan pernah bertemu

Yang akan datang, mungkin akan datang, mungkin akan datang

Yang akan datang, mungkin akan datang, mungkin akan datang

Yang akan datang, mungkin akan datang, mungkin akan datang

Halaman Persembahan

MOTTO

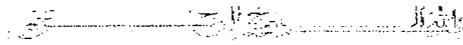
*"Maka sesungguhnya beserta kesukaran ada kemudahan
Maka bila kamu telah selesai (dari suatu urusan), maka kerjakanlah (urusan
yang lain) dengan sungguh – sungguh
Dengan kepada tuhan-mu hendaknya kamu berharap"
(Q. S Al Insyiraah: 5 - 8)*

*".....Katakanlah, " adalah semua orang – orang yang mengetahui dengan
orang – orang yang tidak mengetahui ?, sesungguhnya orang yang berakal-lah
yang dapat menerima pelajaran.
(Q. S. Az Zumari : 9)*

*"Sahabat yang paling baik dari kebenaran adalah waktu, musuhnya yang paling
besar adalah prasangka, dan pengiringnya yang paling setia adalah kerendahan
hati".
(Caleb Charles Colton).*

*"Keberhasilan tidak diukur dengan apa yang telah anda raih,
Namun kegagalan yang telah anda hadapi dan
Keberanian yang telah membuat anda tetap berjuang melawan rintangan yang
datang bertubi – tubi".
(Orison Swett Marden).*

KATA PENGANTAR



Assalamu alaikum Wr. Wb.

*Segala puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, shalawat dan salam ditujukan kepada junjungan Nabi besar Muhammad SAW, keluarga dan para sahabat, karena berkat kegigihan beliau membawa kita keluar dari jaman kegelapan menuju jaman yang terang benderang ini. Alhamdulillah dengan segala kemampuan dan kekurangan penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul **“Pemanfaatan Limbah Sludge Krom Sebagai Pewarna Glasir Pada Keramik Limbah Katalis”**.*

Tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan yang harus ditempuh untuk menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) di Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini penyusun tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan sehingga penyusun menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu penyusun sangat mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Selama menyelesaikan tugas akhir ini, penyusun banyak mendapatkan bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penyusun menyampaikan terima kasih kepada:

1. *Bapak DR. Ir. H Ruzardi MS, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.*
2. *Bapak Lukman Hakim, ST. Msi, selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.*
3. *Bapak Eko Siswoyo, ST selaku koordinator TA*
4. *Bapak Ir. H Kasam MT, selaku dosen pembimbing I Tugas Akhir yang telah bersedia meluangkan waktu dan membimbing serta mencurahkan pikirannya untuk memberi masukan-masukan kepada penulis.*
5. *Bapak Andik Yulianto ST, selaku dosen pembimbing II Tugas Akhir yang telah bersedia memberikan waktunya dan banyak memberikan masukan dan saran dalam penyusunan laporan ini.*
6. *Bapak Hudori, ST selaku dosen Jurusan Teknik Lingkungan.*
7. *Mas Agus Adi Prananto, selaku staf Jurusan Teknik Lingkungan yang telah banyak membantu dan direpotkan untuk administrasi.*
8. *Mas Tasyono, Amd dan Mas Iwan Amd, selaku laboran yang telah banyak membantu dan memberi masukan dalam analisa laboratorium.*
9. *Kedua orang tua dan kedua kakak-ku yang telah memberikan kesempatan dan kepercayaan untuk menimbah ilmu di Yogyakarta, semoga Allah SWT membalas semua kebaikan dan ketulusan yang telah kalian berikan, amien.*
10. *Buat Mas Affan, ST makasih bahan pendadarannya*
11. *Teman-teman angkatan 2001 khususnya, dan '99, '00, '02, '03, yang saya kenal dan yang mengenal saya.*

12. *Teman-teman kos kimpulan ; Deni irma, Eman , Uud, Galeh, Ardi, andika dan kost Cm 2005 ; Agus, Rizki, Sugi-sugi, Bejo lambe, semoga kita memahami makna dari sebuah persahabatan.*

13. *Semua pihak yang telah memberi bantuan yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.*

Akhirnya penyusun sangat berharap agar tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penyusun sendiri maupun bagi semua pihak yang menggunakan laporan ini.

Wassalamu' alaikum Wr. Wb.

Jogjakarta, Juni 2006

Penyusun

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
MOTTO	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
ABSTRAKSI	
ABSTRACT	
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	4
1.5. Batasan Masalah	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Limbah B3	6
2.2. Solidifikasi	8
	iii

2.2.1. Pengertian Solidifikasi.....	8
2.2.2. Prinsip Dasar Solidifikasi.....	10
2.3. Penyamakan Kulit.....	13
2.4. Bahan Penyamak Kulit.....	14
2.4.1. Bahan Baku dan Proses Penyamakan Kulit	15
2.4.2. Proses Penyamakan Kulit.....	15
2.5. Limbah Katalis.....	19
2.6. Logam Berat.....	20
2.7. Kromium (Cr).....	21
2.7.1. Efek Cr Bagi Kesehatan.....	22
2.7.2. Efek Cr Dalam Lingkungan	23
2.8. Penelitian tentang limbah katalis dan limbah krom.....	24
2.9. Keramik.....	30
2.9.1. Bahan Keramik	30
2.10. Glasir.....	31
2.11. Pasir Kuarsa (Silika).....	37
2.12. Borax.....	39
2.13. Kaolin.....	41
2.14. Keausan.....	43
2.15. <i>Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP)</i>	43
2.16. Hipotesa.....	44

BAB III. Metodologi Penelitian.....	45
3.1. Lokasi Penelitian.....	45
3.2. Variabel Penelitian.....	45
3.3. Bahan dan Alat Penelitian.....	46
3.4. Tahapan Pelaksanaan Penelitian.....	46
3.4.1. Persiapan Bahan.....	48
3.4.2. Rancangan Campuran	48
3.4.3. Skema Pembuatan Keramik dan glasir.....	50
3.4.4 Pengujian Benda Uji.....	52
 BAB IV. Hasil Penelitian dan Pembahasan	 53
4.1. Hasil Penelitian	53
4.1.1. Karakteristik Limbah Katalis dan <i>Sludge krom</i>	53
4.1.2. Uji Keausan.....	54
4.1.3. Uji <i>Leachate</i> Dengan Metode TCLP.....	56
4.1.4. Perbandingan Kadar Logam Berat Masuk (<i>Input</i>) dan Logam Berat Keluar (<i>output</i>) Pada Glasir.....	57
4.1.5. Efisiensi Immobilisasi Logam Berat (Cr, Zn, Pb) Dalam Keramik.....	58
4.1.6. Biaya Pembuatan Keramik dan glasir Tiap Biji Untuk Setiap Formula.....	59
4.2. Pembahasan.....	61
4.2.1. Karakteristik Limbah <i>Katalis dan Sludge krom</i>	61

4.2.2. Rancangan Campuran Keramik dan Glasir.....	61
4.2.3. Warna	62
4.2.4. Uji Keausan.....	64
4.2.4. Uji Lindi Dengan Metode TCLP	64
4.2.5. Perbandingan Optimum Ditinjau Dari Uji Keausan dan Uji TCLP	66
 BAB V. Kesimpulan dan Saran	 69
5.1. Kesimpulan	69
5.2. Saran.....	70
 DAFTAR PUSTAKA	 71

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Sumber dan Jenis buang Industri Penyamakan kulit	7
Tabel 2.2. Komposisi Glasir Berdasarkan Suhu Rendah dan Tinggi	7
Tabel 3.1. Jenis, Ukuran dan Jumlah Benda Uji	42
Tabel 4.1. Karakteristik Fisik Limbah <i>Sludge krom</i>	47
Tabel 4.2. Karakteristik Kimia Limbah <i>Sludge krom</i>	47
Tabel 4.3. Rancangan Campuran Keramik	48
Tabel 4.4. Nilai Keausan Rata-Rata Sampel Glasir	49
Tabel 4.5. Hasil Rata-Rata <i>Leachate</i> Logam Berat Dalam Keramik Limbah	50
Tabel 4.6. Efisiensi Immobilisasi Logam Berat (Cr) Dalam Keramik	51
Tabel 4.7. Perbandingan Optimum Ditinjau Dari Uji Keausan Dan Uji TCLP	61

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1. Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian	46
Gambar 4.1. Grafik Keausan Rata-Rata Pada Berbagai Proporsi Limbah	49
Gambar 4.2. Grafik TCLP Logam Berat (Cr).....	50

ABSTRAKSI

Limbah *sludge krom* yang dihasilkan dari industri penyamakan kulit tergolong jenis limbah berbahaya dan beracun (limbah B3) sehingga perlu pengelolaan secara khusus. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat logam berat yang terimmobilisasi dalam glasir yang telah ditambahkan limbah *sludge krom* dan bahan-bahan aditif. Di samping itu juga untuk mengetahui kualitas keausan glasir dan persentase penambahan limbah *sludge krom* yang optimum dalam pembentukan glasir dari aspek teknis (keausan) dan aspek kesehatan dan lingkungan.

Metode penelitian yang digunakan adalah solidifikasi limbah *sludge krom* sebagai glasir dengan penambahan variasi limbah *sludge krom* 10%, 20%, 30%, dan 40% dalam bahan glasir, selanjutnya diberi air secukupnya dan dicelupkan kedalam keramik limbah katalis yang berukuran 10cmx10cmx0.5cm. Glasir yang telah di buat dikeringkan dan dibakar dengan suhu 1150°C selama 6 jam, masing-masing variasi percobaan dibuat 5 sampel glasir. Terhadap benda uji glasir yang diperoleh, dilakukan uji keausan dan uji lindi dengan metode TCLP.

Dari hasil penelitian, Nilai kuat keausan glasir tertinggi didapat pada penambahan konsentrasi limbah *sludge krom* 40% yaitu sebesar 0.0278 gr/2 cm² dan nilai kuat keausan terendah terjadi pada glasir tanpa limbah *sludge krom* yaitu sebesar 0.0461 gr/2 cm². Hal ini masih dibawah nilai keausan keramik (Mulia 0.1204 gr/2 Cm², Diamond 0.0877 gr/2 cm², KIA 0.0515 gr/2 cm², Roman 0.0462 gr/2 cm² dan Milan 0.0417 gr/2 cm²) sebagai pembandingan. Pemeriksaan pelindian logam berat Cr pada padatan keramik glasir dengan metode *Toxicity Charateristic Leaching Procedure* (TCLP) pada penambahan 10%, 20%, 30% dan 40% limbah *sludge krom* masih berada dibawah baku mutu yang ditentukan berdasarkan PP 85 tahun 1999. Oleh karena itu persentase penambahan limbah *sludge krom* yang optimum dalam pembentukan glasir dari aspek teknis (Keausan) dan aspek kesehatan dan lingkungan yaitu 10% dengan nilai keausan sebesar 0.0411 gr/2 cm² dan nilai lindi logam berat Cr sebesar 0,14 mg/L. Sehingga dapat disimpulkan bahwa limbah *sludge krom* dapat dimanfaatkan baik dari aspek teknis (keausan) maupun kesehatan dan lingkungan.

ABSTRACT

Wastes of sludge chrome resulted from leather tanning industries classified as kinds of dangerous and poisonous waste (waste B3) so it is needed a special management. The present study has purposes at knowing of heavy metal rate immobilized on glazer had been added with the waste sludge chrome and some additive materials. In addition the study also wants to know quality of glazier wearing out and addition percentage of waste sludge chrome optimally in forming glazer from technical aspect (wearing out), health and environmental aspects.

The one of processing methods used was solidification of waste sludge chrome as glazer by adding a variation of waste sludge chrome 10%, 20%, 30% and 40% in glazer material then given enough water and immersed into a catalyst waste ceramics having a size of 10cmx10cmx0.5cm- Glazer had been made then dried and burnt at the temperature 1150°C during 6 hours; each trial variation was made as 5 glazier samples. To glazer test material obtained, it was done a wearing-out test and alkali test using a TCLP method.

From the results, valued of the highest glazier wearing out strength obtained by adding concentration of waste sludge chrome 40% that is 0.0278 gr/2 cm² and the lowest wearing out strength value happened on glazer without waste sludge chrome as big as 0.0461 gr/2 cm². These are still under the value of ceramics wearing out (Mulia 0.1204 gr/2 cm²; Diamond 0.0877 gr/2 cm², KIA 0.0515 gr/2 cm², Roman 0.0462 gr/2 cm², and Milan 0.0417 gr/2 cm²) as comparisons. Alkali examination of the heavy metal Cr upon the glazer ceramics compact using a TCLP (Toxicity Characteristic Leaching Procedure) method on addition 10%, 0%, 30% and 40% waste sludge chrome were still under the quality standard determined based on the Governmental Rule of 1999. Thus, the optimal addition percentage of waste sludge chrome formed roe glazer from a technical aspect (wearing out), health and environmental aspects as big as 10% with its wearing out value as big as 0.0411 gr/2 cm² and an alkali value of heavy metal Cr as big as 0,14 mg/K. So, it can be concluded that the waste of sludge chrome can be used both from its technical aspect (wearing out) or its health and environmental aspects.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kegiatan pembangunan bertujuan meningkatkan kesejahteraan hidup rakyat yang dilaksanakan melalui rencana pembangunan jangka panjang yang bertumpu pada pembangunan dibidang industri. Pembangunan di bidang industri tersebut di satu pihak akan menghasilkan barang yang bermanfaat bagi kesejahteraan hidup rakyat, dan dilain pihak industri itu juga akan menghasilkan limbah. Di antara limbah yang dihasilkan oleh kegiatan industri tersebut terdapatv limbah bahan berbahaya beracun (limbah B3). Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 85 tahun 1999 tentang pengelolaan limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3), limbah *spent catalyst* yang dihasilkan oleh RCC 15 Pertamina UP VI Balongan dan limbah *sludge* krom yang dihasilkan dari dari penyamakan krom tanning, yang mana lokasi industri penyamakan kulit di sitimulyo, piyungan Bantul, Jogjakarta termasuk kedalam daftar limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) sehingga perlu pengolahan khusus.

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. 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

mahluk 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, pada penelitian terdahulu limbah ini dimanfaatkan sebagai bahan campuran dalam pembuatan keramik dengan metode solidifikasi. Dalam proses solidifikasi digunakan penambahan variasi limbah katalis 0%, 10%, 15%, dan 20% dari berat keramik yang kemudian dicetak dengan ukuran 10x10x1 (cm). Jumlah setiap variasi 25 sampel yang kemudian dilakukan uji kuat lentur, uji daya resap air dan uji logam berat dengan metode TCLP.

Dari hasil penelitian di dapat Tingkat immobilisasi logam berat (*leachete*) pada pembuatan keramik cukup tinggi. Dari hasil penelitian yang diperoleh tingkat immobilisasi mencapai 99-100%. Dengan kata lain logam berat yang terlepas kemungkinannya cukup kecil. Hal ini menjadikan keramik sangat cocok digunakan untuk mengimmobilisasi logam berat dan aman digunakan. 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, Sedangkan nilai daya serap air berkisar antara 9.88% hingga 11.90%. nilai ini cukup baik karena berada di atas keramik pembeding. Dengan kata lain, keramik hasil solidifikasi limbah katalis cukup kuat dan aman untuk digunakan.

Salah satu industri yang menghasilkan limbah berbahaya dan beracun adalah industri penyamakan kulit, dimana limbah yang dihasilkan salah satunya

ialah limbah krom. Oleh karena itu perlu diupayakan agar setiap kegiatan industri dapat meminimalkan limbah yang berbahaya dan beracun seminimal mungkin. Meminimalkan limbah yang berbahaya dan beracun dimaksudkan agar limbah yang ditimbulkan paling tidak dapat memenuhi baku mutu limbah, dengan cara antara lain : mengurangi pada sumber dengan pengolahan bahan, substitusi bahan, pengaturan operasi kegiatan yang baik dan teknologi bersih. Pada penelitian ini limbah sludge krom digunakan sebagai campuran bahan pembuatan glasir pada keramik dengan campuran limbah katalis.

Teknologi Glasir merupakan salahsatu teknologi atau metode yang dapat digunakan untuk menanggulangi limbah sludge krom yaitu dengan cara pemadatan menggunakan bahan pembentuk gelas yang direaksikan pada suhu tinggi, sehingga terbentuk gelas atau keramik. Dengan cara ini diharapkan limbah sludge krom dapat terikat dan tidak tersebar ke lingkungan sehingga pencemaran lingkungan dapat diminimalisasi atau ditiadakan.

1.2. Rumusan Masalah

Agar dapat melaksanakan kegiatan penelitian yang jelas dan terarah, maka dibuat rumusan masalah sebagai berikut :

1. Apakah limbah sludge krom yang dimanfaatkan untuk pembuatan keramik dapat mengimobilisasi logam berat yaitu krom (Cr).
2. Seberapa besar pengaruh penambahan limbah sludge krom dalam campuran bahan pembuat glasir terhadap keausan, warna serta uji lindi/*leachate*.

3. Apakah glasir yang dihasilkan memiliki nilai produksi lebih baik dari nilai produksi glasir tanpa limbah sludge krom.

1.3. Tujuan Penelitian

Pada penelitian ini tujuan yang diharapkan adalah :

1. Mengetahui tingkat immobilisasi logam berat (*lechate*) yaitu Krom (Cr) pada pembuatan keramik glasir.
2. Mengetahui pengaruh penambahan sludge krom yang optimal pada glasir dengan memperhatikan uji keausan, warna dan uji lindi/*leachate*.
3. Mengetahui nilai produksi dari glasir.

2.15. Manfaat Penelitian

Diharapkan dari kegiatan penelitian ini diperoleh manfaat sebagai berikut :

1. Memberikan salah satu alternatif pengolahan limbah sludge krom secara solidifikasi dengan menggunakan Glasir.
2. Meminimalisasi terjadinya pencemaran di lingkungan, akibat kandungan logam berat kromium.
3. Menciptakan produk yang memiliki nilai ekonomi dan ramah lingkungan.

1.5 Batasan Masalah

Untuk mendapatkan hasil yang lebih fokus dan tepat, maka dilakukan batasan-batasan :

1. Proses pengolahan limbah *sludge* krom sebagai campuran glasir dengan teknologi solidifikasi
2. Parameter yang diuji adalah limbah *sludge* kromium (Cr), uji keausan, dan uji lindi.
3. Pemanasan suhu yang digunakan adalah 1150 °C.
4. Benda uji berukuran 10 x 10 x 0.5 (cm)
5. Variasi penambahan limbah *sludge* krom 0%, 10%, 20%, 30%, 40% sebagai campuran pada glasir.
6. Keramik yang digunakan adalah keramik dengan campuran limbah katalis dengan komposisi 10 %.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Bahan Beracun Dan Berbahaya

Limbah yang ditimbulkan oleh industri dapat berupa bahan organik maupun anorganik. Sebagian dari limbah industri tersebut termasuk kedalam limbah B3. Selain dari kegiatan industri, Limbah B3 dapat ditimbulkan juga dari kegiatan-kegiatan kesehatan (seperti limbah infeksius), kegiatan pertanian (dalam penggunaan pestisida), atau dalam kegiatan pendaya gunaan energi nuklir. Penanganan limbah yang kurang baik dapat membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan, seperti penyakit akut, keracunan dan terakumulasi unsur beracun.

Berdasarkan Peraturan pemerintah (PP) RI No.85 tahun 1999 yang mengatur tentang Pengelolaan Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) menyebutkan bahwa pengertian B3 (pasal 1), sebagai berikut:

“Bahan Berbahaya dan Beracun yang selanjutnya disingkat B3 adalah bahan yang karena sifat atau konsentrasinya dan jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan atau merusak lingkungan hidup, dan atau dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lainnya”

Disamping itu disebutkan pula bahwa yang termasuk B3 adalah limbah yang memenuhi salah satu atau lebih klasifikasi (pasal 5 ayat 1) dibawah ini:

- a. Mudah meledak (*explosive*)

- b. Pengoksidasi (*oxidizing*)
- c. Sangat mudah sekali menyala (*highly flammable*)
- d. Mudah menyala (*flammable*)
- e. Amat sangat beracun (*extremely toxic*)
- f. Sangat beracun (*highly toxic*)
- g. Beracun (*Moderately toxic*)
- h. Berbahaya (*harmful*)
- i. Korosif (*corrosive*)
- j. Bersifat iritasi (*irritant*)
- k. Berbahaya bagi lingkungan (*dangerous to the environment*)
- l. Karsinogenik (*carcinogenic*)
- m. Teratogenik (*teratogenic*)
- n. Mutagenik (*mutagenic*)

Salah satu contoh dari bahan berbahaya dan beracun (B3) yaitu logam berat, misalnya : Hg, Pb, Cu, Cr dan Ni. Logam berat sebenarnya masih termasuk golongan logam dengan kriteria yang sama dengan logam lainnya. Perbedaannya terletak pada pengaruh yang dihasilkan apabila logam ini berikatan dan atau masuk kedalam tubuh organisme hidup, akan timbul pengaruh khusus. Kelompok logam berat memiliki ciri :

1. Spesifik gravity yang sangat besar (>4)
2. Mempunyai nomor atom 22-34 dan 40-50 serta unsur laktanida dan aktinida.
3. Mempunyai respon biokimia spesifik pada organisme hidup.

Dapat dikatakan bahwa semua logam berat yang bila masuk secara berlebihan kedalam tubuh, akan berubah fungsi menjadi Zat beracun bagi tubuh yang merusak tubuh makhluk hidup.

2.2 Solidifikasi

2.2.1 Pengertian Solidifikasi

Adalah suatu metode untuk mengubah limbah yang terbentuk padatan halus menjadi padat dengan menambahkan bahan pengikat kemudian dilanjutkan dengan penambahan bahan pematat (*solidifying Agent*). Tujuannya adalah untuk mengubah limbah yang bersifat berbahaya menjadi tidak berbahaya dengan merubah karakteristik fisik dengan cara merubah bentuk limbah cair atau lumpur limbah menjadi bentuk padat monolit untuk mengurangi kemampuan atau penyebaran dari zat pencemar yang ada dalam limbah sehingga diperoleh produk dalam bentuk matrik padat sehingga mudah diangkut dan disimpan.

Metode ini di latarbelakangi dari suatu kenyataan bahwa bahan yang termasuk kedalam golongan berbahaya dan beracun tingkat bahaya yang paling tinggi bila dalam bentuk gas dan paling rendah dalam bentuk padat (Manahan, 1994).

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

1. Kemampuan unsur pencemar dari limbah yang meliputi: jenis, sifat, dan tingkat dari bahaya bahan pencemar

2. Sifat fisik dan kimia limbah: cairan, lumpur, resin penukar ion dan zat padat
3. Sifat pengepakan dalam kaitanya dengan sistem pembuangan.

Tujuan dari proses *solidifikasi* antara lain:

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

Komponen utama dalam proses solidifikasi itu sendiri yaitu:

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

Adapun beberapa proses dari solidifikasi antara lain :

1. Proses yang berbasis pada semen (sementasi)

Yaitu proses pemadatan limbah menggunakan matrik semen, sehingga akan menjadi padatan (*monolit blok*)

2. Proses dengan pozzolan

Yaitu proses pemadatan limbah menggunakan tanah pozzolan (silikat dan aluminat) dimana akan mengeras bila bercampur dengan kapur atau semen dan air.

3. Proses termoplastis

Yaitu proses pemadatan limbah dengan menggunakan binder seperti aspal atau polyetilene yang dipanaskan terlebih dahulu sebelum dicampur dengan limbah.

4. Proses polimerisasi organik

Yaitu pencampuran limbah dengan matris polimer yang berupa termoplastik. Temperatur pada proses ini berkisar 60°C . Proses ini tergolong baru, belum digunakan secara luas karena bahan polimer tidak tahan terhadap radiasi tinggi.

5. Proses vitrifikasi (*glasifikasi*)

Yaitu pemadatan limbah dengan bahan pembentuk gelas yang direaksikan pada suhu tinggi sehingga terbentuk gelas atau keramik.

Temperatur yang digunakan pada proses ini adalah 1000°C - 1500°C .

2.2.2. Prinsip Dasar Solidifikasi

Proses pembekuan terjadi melalui mekanisme nukleasi dan pertumbuhan. Di sini nukleus- nukleus kecil atau kristal-kristal benih terbentuk secara merata diseluruh cairan logam, kemudian tumbuh sampai akhirnya seluruh volume menjadi padatan. Selama proses pembekuan, nukleus-nukleus (inti) tumbuh dengan cepat menurut arah kristalogi tertentu, dan ini menyebabkan terbentuknya kristal-kristal panjang yang disebut dendrit. Pertumbuhan dendrit terhenti begitu terjadi kontak dengan dendrit bersebelahan yang juga tumbuh, lalu cairan yang

tersisa membeku pada rongga-rongga diantara cabang-cabang dendrit.
(R.E.Smallman, 1991)

Setiap permukaan kontak bertindak sebagai batas antara dua kristal, sehingga dengan demikian tiap inti akan membentuk kristal atau butirnya sendiri yang oleh batas butir dipisahkan dari sesama butir yang lain. Batas butir pada hakikatnya adalah daerah transisi dengan lebar hanya beberapa diameter atom. Disini atom-atom menyesuaikan diri terhadap orientasi kristal pada butir-butir yang mempengaruhinya. Jika hanya sedikit inti yang terbentuk selama pembekuan, maka ukuran butir kristalin akan besar. Demikian pula, bila hanya sebuah inti yang mendapat kesempatan tumbuh, maka kristal yang terbentuk adalah kristal tunggal (R.E.Smallman, 1991).

Secara umum proses pengolahan limbah industri dengan metode/teknologi yang ada pada saat ini tidak terlepas dari hukum termodinamika yang menyatakan bahwa suatu zat tidak dapat dihilangkan atau dimusnahkan, melainkan hanya berubah sifat/jenis dari satu bentuk menjadi bentuk lainnya. Oleh karena itu dari semua kegiatan proses transformasi dari bahan baku menjadi produk akan mengeluarkan berupa hasil buangan/*waste*. (Fikri.R dikutip dari Breck, W.G, 1997)

Dalam proses *solidifikasi* menggunakan mineral lokal yang mana mineral lokal merupakan mineral yang keberadaannya terdapat di Indonesia sehingga sumberdaya alam terutama mineral dapat digunakan seoptimal mungkin guna mereduksi beban pencemaran khususnya limbah bahan berbahaya dan beracun. Mineral lokal yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pasir silika dengan

dilakukan proses pemanasan yang berfungsi untuk mengubah bentuk limbah menjadi bentuk glass.

Pemanasan yang dilakukan pada suhu 150°C terjadi reaksi air mekanis dan air yang terperangkap dalam mineral akan menguap, banyaknya air yang menguap tergantung pada ukuran mineral. Reaksi dehidrasi air kristal mulai terjadi pada suhu 450°C sampai 700°C yang mana akan terjadi dekomposisi mineral, yaitu lepasnya air terhidrat dalam mineral. Pada suhu 700°C terjadi reaksi dehidrasi air mekanis dan reaksi dehidrasi air kristal atau reaksi dekomposisi. Reaksi kristalisasi terjadi pada suhu 1000°C dan transformasi senyawa-senyawa oksida terbentuk senyawa-senyawa kristalin. Pada pemanasan tahap ini mineral telah mengurai total menjadi *silik amorf* dan *aluminium amorf* serta terjadi reaksi oksidasi dari senyawa pengotor yang mudah teroksidasi pada suhu tinggi yang mana adanya oksidasi ini berpengaruh terhadap pembentukan monolit.

Pemanasan sampai suhu 1300°C terjadi reaksi kristalisasi silika dari bentuk *amorf* menjadi *crytobalite*. Sampai tahap ini telah mulai terjadi *vitriifikasi* dari mineral yang dipanaskan dengan ruang-ruang kosong yang terjadi karena ditinggal oleh air dan senyawa organik yang terbakar (teroksidasi) akibat adanya reaksi dehidrasi dan oksidasi yang sudah mulai merapat. Untuk mendapatkan kualitas *solidifikasi* yang baik dengan pemerataan unsur yang akan disolidifikasi dengan bahan *solidifying Agent*, maka homogenitas harus dijaga antara bahan yang digunakan dan unsur yang akan *disolidifikasi* (Fikri.R, 2004 dikutip dari Endro, 2001)

Pasir silika mampu melakukan penyerapan, agar unsur yang telah terserap terlepas baik karena adanya reaksi dari luar ataupun kerusakan struktur, maka harus dipadatkan menjadi satu kesatuan dengan memperhatikan komposisi yang baik dari bahan yang digunakan serta homogenitas sehingga dapat mencegah terlepasnya hasil penyerapan. Hal ini sesuai dengan tujuan solidifikasi yaitu menjaga agar pencemar tidak terlepas ke lingkungan.

2.3 Penyamakan kulit

Penyamakan kulit pada prinsipnya adalah upaya memamasukan bahan tertentu yang disebut penyamak kedalam serat kulit, sehingga terjadi ikatan kimia antara bahan penyamak dengan serat kulit . Hal tersebut akan mengakibatkan sifat fisik kulit berubah menjadi lebih baik dibanding dengan kulit mentahnya. Sifat tersebut antara lain kelemasannya, salah satu bahan penyamak paling penting adalah garam khrom.

Penyamakan krom dimulai dengan pH rendah, atau keadaan asam yaitu 2 s/d 3, proses penyamakan khrom biasanya memerlukan waktu 4 sampai 8 jam. Waktu tersebut bukanlah standar, tetapi masih tergantung pada tebal tipisnya kulit. Selesai proses penyamakan, kemasam kulit di uji dengan air mendidih selama 2 menit untuk melihat pengerutannya. Jika pengerutannya kurang dari 10 % maka kulit tersebut dianggap masak.

Limbah dari proses penyamakan kulit diketahui bersifat sangat asam dengan nilai pH antara 2.6-3.2 dan berwarna kehijauan. Limbah ini mengandung khrom sebanyak 100-200 mg/ L, suatu konsentrasi sangat tinggi dibanding dengan

baku mutu yang berlaku untuk limbah industri kulit di Indonesia 0.6 mg/L. Mengingat hal tersebut maka limbah harus diolah sebelum dibuang ke perairan umum (Anonim, 2001)

2.4 Bahan Penyamakan kulit

Bahan untuk penyamakan industri kulit terbagi menjadi 4 golongan besar yaitu :

- 1) Bahan penyamakan nabati adalah bahan penyamakan yang berasal dari tumbuh-tumbuhan baik kulit kayu, buah atau daun-daun seperti : kulit kayu, pinang, mahoni, dll.
- 2) Bahan penyamak sintetis adalah bahan penyamak yang terdiri dari bahan-bahan phenol yang telah dibesarkan molekulnya dengan melebihi kondensasi dan sulfonasi. Dalam perdagangan telah merupakan bahan penyamak yang siap dipakai dengan nama antara lain : irgantone, tanigan dll. Yang mana jenis ini banyak digunakan untuk penyamakan kulit reptil yang membutuhkan warna asli dari kulit tersebut.
- 3) Bahan penyamak minyak adalah bahan yang biasanya berasal dari minyak ikan hiu atau lainnya, yang dalam perdagangannya disebut minyak ikan kasar.
- 4) Bahan penyamak khrom adalah bahan penyamak khrom dengan 2 valensi atom krom yaitu valensi +3, bahan ini digunakan untuk menyamak jaket, kulit bok dan sebagainya. Bahan penyamak krom dalam perdagangan dikenal dengan *chromium powder*, *chrom alurin* dan sebagainya. (Eddy, 1985).

2.4.1 Bahan Baku dan Proses Penyamakan Kulit

Menurut Anonim (2001) bahan baku dari proses penyamakan kulit terdiri dari:

1. Bahan baku utama : kulit sapi, kulit domba, dan lain-lain.
2. Bahan pendukung
 - a. Garam dapur (NaCl)
 - b. Asalm sulfat (H_2SO_4)
 - c. Anti septic dan fungisida 0
 - d. Kapur ($Ca(OH)_2$)
 - e. Bahan pencuci (Hostapol)
 - f. Soda kue ($NaHCO_3$)
 - g. Ammoniumsulfide (Na_2S)
 - h. Natrium format ($HCOOH$)
 - i. Khrom oksida (Cr_2O_3)
 - j. Solvent (pelarut)
 - k. Sodium Asetat

2.4.2 Proses Penyamakan Kulit

Kulit binatang terdiri dari sejumlah protein kompleks yang berbeda. Kulit binatang dapat diklasifikasikan menjadi 3 bagian : epidermis, derma/corium dan daging. Epidermis merupakan lapisan kulit terluar dan sebagian besar terdiri dari protein keratin. Derma atau corium adalah bagian pembentuk kulit tersamak dan mengandung keratin. Daging merupakan lapisan tipis dan sebagian besar terdiri dari jaringan adipose.

Proses-proses yang terpenting dalam penyamakan kulit adalah :

1) Pemeliharaan kulit

Kulit dapat membusuk dengan cepat, karena itu beberapa metode pemeliharaan telah digunakan untuk menahan aksi bakteri dan disintegrasi bagian-bagian kulit, antara lain dengan menggunakan garam natrium sulfat. Metode ini memerlukan waktu 3-4 minggu pada suhu 13°C. Kulit kehilangan kelembaban karena dehidrasi dan bertambah besar melalui adsorpsi.

Metode pemeliharaan yang lain adalah penyaringan udara dan kombinasi penggaraman dan pengeringan udara.

2) Preparasi Kulit untuk Penyamakan

Langkah pertama proses penyamakan adalah pemeriksaan kerusakan-kerusakan kulit karena kotoran, garam, pencucian dan perendaman. Pencucian dan perendaman kulit merupakan langkah yang cukup penting. Sejumlah natrium polisulfida dan zat aktif permukaan ditambahkan untuk mempercepat perendaman, perendaman kulit yang baik mengandung lebih kurang 65% air.

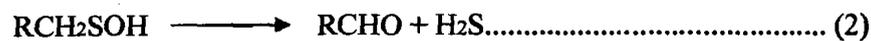
3) Pengapuran

Pengapuran berat pelepasan dan penghilangan jaringan epidermis dan rambut pada kulit. Kulit diamati dengan visual secara bersamaan dan diletakan dalam wadah yang mengandung air dengan 10 % berat kulit dalam kapur dan 2% berat kapur dalam natrium sulfida yang berperan sebagai zat pemercepat.

Epidermis dan rambut sebagian besar disusun oleh keratin. Keratin merupakan protein yang mengandung residu. Sistem yang mudah diserang oleh alkali.

Kapur menyerang rantai disulfide dalam keratin dalam melunakan rambut serat memindahkan epidermis.

Reaksinya adalah sebagai berikut:



Setelah mengalami pengapuran, kulit biasanya dimasukan kedalam air hangat untuk menyusutkan dan memudahkan penghilangan rambut dan epidermis.

4) Penghilang Kapur

Proses penghilangan kapur dilakukan untuk memurnikan pH kulit. Larutan yang digunakan dalam proses ini adalah amonium sulfat karena larutan tersebut mampu menahan penurunan pH secara drastis sehingga dapat mengurangi pengembangan kulit akibat penurunan pH. Dalam proses ini dihasilkan amoniak sebagai produk sampingnya.

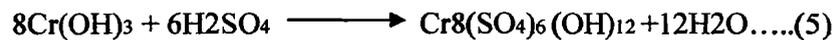


Proses selanjutnya adalah pengikisan protein dengan menggunakan ammonium sulfat untuk menghilangkan sisa-sisa akar bulu, pigmen, lemak dan kapur. Untuk menghentikan pengikisan protein, menghilangkan flek-flek kulit, menyesuaikan pH kulit dan pH penyamakan dilakukan proses pengemasan kulit dengan menggunakan asam asetat, asam oksalat atau asam sulfat.

5) Penyamakan Kulit

Proses penyamakan kulit ada 2 macam yaitu penyamakan nabati dan khrom. Penyamakan khrom biasanyanya dibagi dalam 2 proses. Proses pertama

menggunakan khrom, asam sulfat dan proses kedua menggunakan natrium bikarbonat. Larutan khrom untuk proses pertama biasanya diperoleh dari reduksi bikarbonat dengan penambahan berlahan-lahan larutan glukosa atau SO₂ sampai reduksi berlangsung sempurna.



Proses selanjutnya adalah pengecatan dasar, perminyakan, pengeringan dan pengecatan akhir sampai akhirnya diperoleh produk kulit tersamak. Limbah yang ditimbulkan dari penyamakan kulit terjadi dari proses reduksi yang bahan-bahannya merupakan zat-zat kimia. Dengan demikian limbahnya merupakan limbah kimia yang harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang keperairan.

2.4.3 Sumber dan Karakteristik Limbah Industri Penyamakan Kulit

Limbah cair industri penyamakan kulit berasal dari larutan yang digunakan pada unit pemrosesan yaitu : perendaman air, penghilangan bulu, pemberian bubuk kapur, perendaman dengan ammonia, pengasaman, penyamak, pengecatan hingga pemberian warna. Penghilangan bulu menggunakan kapur dan sulfide merupakan penyumbang/kontributor terbesar beban pencemar pada industri penyamakan kulit.

Menurut Oetoyo (1981) sumber dan jenis buangan industri penyamakan kulit yang ada adalah :

Tabel 2.1 : Sumber dan jenis buang industri penyamakan kulit

Proses	Jenis Buangan
Perendaman	Detergen, Antiseptik, NaCl
Pembuangan bulu	Bulu, protein, Ca(OH) ₂ , sulfat
Pembuangan kapur	Asam format (HCOOH), NaCl
Pengasaman	H ₂ SO ₄ , NaCl, HCOOH
Penyamakan	Cr, HCOON, Natrium bikarbonat

(Sumber : Oetoyo, 1981).

Bahan penyamak khrom merupakan bahan penyamak yang paling penting diantara bahan penyamak mineral seperti bahan penyamak alummunium dan bahan penyamak *zirconium*. Hal ini dikarenakan adanya sifat-sifat yang khusus yang dimiliki bahan penyamak khrom yang berhubungan dengan struktur molekul atau khrom itu sendiri.

Bahan penyamak khrom yang digunakan adalah garam yang mengandung atom-atom yang bervalensi +3 (garam khrom trivalen) sebagai khromiumoksida (Cr₂O₃) dipasaran kadarnya 25%.

2.5 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 : $\text{NaAlSiO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ dengan struktur reguler, yang merupakan hasil proses dari RCC. Limbah katalis yang digunakan pada RCC ini adalah jenis yang mengandung unsur-unsur Oksida 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.

2.6 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/cm^3 . 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).

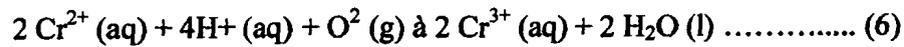
2.7. Kromium (Cr)

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*.

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 elektron $3d^54s^1$, 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 amfoter dan merupakan ion yang paling stabil di antara kation logam transisi yang lainnya serta dalam larutan, ion ini terdapat sebagai $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ yang berwarna hijau. Senyawa yang terbentuk dari ion logam Cr^{6+} akan bersifat asam. Cr^{3+} dapat mengendap dalam bentuk hidroksida. 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+} . (Palat, 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.

2.7.1 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* (wild, 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.

2.7.2 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

menyebarkan. Hanya sebagian kecil logam kromium mengendap dan pada akhirnya akan larut dalam air.

2.8 Penelitian tentang limbah katalis dan limbah krom

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 CaCl_2 hanya sebesar 3,96 - 4,80 hingga tidak bersifat korosif.
3. Menurut hasil analisa TCLP (*Toxicity Characteristic Leaching Procedure*), limbah katalis memiliki logam dibawah baku mutu yang ditetapkan, sehingga lebih aman untuk lingkungan. Berdasarkan hal tersebut katalis bekas tidak dapat digolongkan dalam limbah B3. Karena tidak memenuhi uji karakteristik penggolongan secara kimia.

4. Menurut penelitian Sulastri, 2005. Limbah Spent katalis di immobilisasi dengan metode solidifikasi sebagai tambahan penyusun beton. Metode yang digunakan adalah dengan memvariasikan komposisi pasir dan Spent katalis dengan perbandingan 0; 0,2;0,6; 0,8 dan 1. Serta memvariasikan semen dan spent katalis dengan perbandingan 0; 0,1; 0,3; dan 0,4. Beton dengan dua variasi komposisi tersebut diuji dengan uji kuat desak dan uji perlintasan dengan metode TCLP. Dari percobaan didapatkan hasil, tidak ada perbedaan yang signifikan pada kuat desak beton pada variasi I, sedangkan pada variasi II diperoleh penurunan nilai kuat desak pada variasi semen dan Spent katalis mulai pada penambahan 0,3 spent katalis. Hasil uji TCLP untuk variasi I dan II menunjukkan dengan solidifikasi dapat menurunkan potensi lepasan sampai jauh dibawah baku mutu TCLP UU No. 85 tahun 1999.
5. Menurut penelitian Abdullah, 2005. Spent katalis di immobilisasi dengan metode solidifikasi sebagai bahan tambahan penyusun Keramik. Dalam proses solidifikasi ini, digunakan penambahan variasi konsentrasi 0%, 5%, 15% dan 20% limbah katalis dalam bahan-bahan keramik, selanjutnya diberi air secukupnya dan dicetak dengan ukuran 10 cm x 10 cm x 1 cm. Keramik yang sudah dicetak dikeringkan dan dibakar dengan suhu 1200^o 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 (9,83%) hingga keramik dengan katalis 20% (11,90%). Hal ini terjadi karena kemampuan daya ikat katalis untuk mengikat bahan-bahan yang lain sedikit lebih sedikit 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 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. Sementara itu pada uji TCLP diperoleh hasil yang bervariasi. Dari hasil yang diperoleh konsentrasi logam berat (Pb, Cr, Zn, Ni dan Cu) masih dibawah 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).

6. Menurut penelitian Jazuli, 2005 Metode penelitian yang digunakan adalah solidifikasi limbah katalis sebagai panel board dengan penambahan variasi

limbah katalis 10%, 20%, 30%, dan 40% dari berat panel board yang kemudian di cetak dengan ukuran 30cmx13cmx1cm. Jumlah setiap variasi sebanyak 20 panel yang kemudian dilakukan uji kuat lentur dan uji logam berat dengan metode TCLP. Dari hasil penelitian didapat pada penambahan konsentrasi konsentrasi 10% limbah katalis menghasilkan kuat lentur papan semen dengan ketebalan 15 mm (DIN-1101) sebesar 53.63 Kg/cm². Sedangkan nilai lindi logam berat Cr, Cu, Zn, Pb dan Ni yang masih dibawah standar baku mutu yang ditetapkan berdasarkan PP. 18 tahun 1999 sebesar 0.305 mg/L, 0.077 mg/L, 0.042 mg/L, 0,569 mg/L dan 0,116 mg/L. Sehingga dapat disimpulkan limbah katalis dapat disimpulkan layak dimanfaatkan, dari aspek teknis (kuat lentur) maupun aspek kesehatan dan lingkungan.

7. Menurut penelitian Susanti, 2005. Dalam proses solidifikasi ini, digunakan penambahan variasi konsentrasi berat 5%, 10%, 15% dan 20% limbah katalis dalam bahan-bahan papan gipsum, selanjutnya diberi air secukupnya dan dicetak dengan ukuran 30 cm x 13 cm x 1 cm. Papan gipsum yang sudah dicetak diawetkan selama 28 hari, masing-masing variasi dibuat 30 sampel. Kemudian dilakukan uji kuat lentur dan uji lindi (leachate) dengan metode TCLP. Berdasarkan konsentrasi katalis 5% yaitu sebesar 54,011 kg/cm² dan nilai kuat lentur terendah pada konsentrasi tanpa katalis yaitu sebesar 26,684 kg/cm², masih memberikan mutu kualitas papan gipsum yang baik karena masih berada di atas nilai kuat lentur pembanding yang dijual dipasaran. Sedangkan untuk uji lindi pada

logam-logam berat Cr, Cu, Zn, Pb dan Ni dengan metode TCLP diperoleh nilai lindi 0,49 mg/l masih berada di bawah baku mutu yang ditentukan yaitu Cr 5 mg/l, Cu 10 mg/l, Zn 50 mg/l, Pb 5 mg/l, dan Ni 11 mg/l. Jadi, dapat disimpulkan bahwa limbah spent catalist RCC 15 Pertamina UP VI Balongan layak dipandang dari aspek teknis (kuat lentur) maupun aspek kesehatan lingkungan.

8. Menurut penelitian Gayatri, 2005. Spent katalis di imobilisasi dengan metode solidifikasi sebagai bahan tambahan penyusun Genteng, variasi konsentrasi 10%, 20%, 30% dan 50% limbah katalis dalam bahan-bahan genteng beton. Setelah dilakukan uji fisik (kuat lentur dan kerapatan air) dan uji TCLP diperoleh bahwa kekuatan lentur pada genteng beton yang paling optimum adalah penambahan katalis 10% yaitu 13,20 kg/cm² yang termasuk mutu genteng tingkat II, dan untuk uji TCLP yang paling optimum adalah penambahan katalis 20% dengan efisiensi immobilisasi tertinggi, dan konsentrasi logam berat masih dibawah standar baku mutu yang ditetapkan (P.P No. 85 Tahun 1999), sedangkan untuk uji kerapatan air di dapat hasil yang relatif baik pada penambahan katalis 10-40%. Sehingga dapat ditarik kesimpulan, persentase penambahan limbah katalis yang optimum dalam pembentukan genteng beton dari aspek teknis (kuat lentur dan kerapatan air) dan aspek kesehatan dan lingkungan yaitu 10%.
9. Menurut penelitian Hudaya, 2005. Spent katalis di imobilisasi dengan metode solidifikasi sebagai Filter pada Paving Blok.

10. Menurut penelitian Hidayat, 2005 Metode penelitian yang digunakan adalah solidifikasi limbah sludge krom sebagai bawah pewarna Glasir. Dengan penambahan variasi limbah sludge krom 10%, 20%, 30% dan 40 % dalam bahan Glasir (pasir silika, Borax, kaolin) setelah itu, dikuaskan pada Biskuit/Keramik dengan ukuran 4cm x 2 cm x 0,5 cm, dengan jumlah variasi 5 yang mana setiap variasi ada 15 sampel, kemudian dilakukan pembakaran pada suhu 1150⁰ C selama 6 jam. Setelah benda uji (glasir) jadi kemudian dilakukan uji keausan, yaitu selisih berat antara sebelum dan sesudah benda uji diauskan, serta uji lindi (leachate) dengan metode TCLP. Dari hasil penelitian, dengan adanya penambahan Limbah sludge krom pada konsentrasi 40% menghasilkan keausan terendah sebesar 0.0299 gr/2 cm² sedangkan keausan terbesar didapat pada glasir tanpa limbah yaitu 0.0443 gr/2 cm². Hal ini masih dibawah keausan glasir keramik pasaran (Mulia 0.1204 gr/2 cm² Diamond 0.0877 gr/2 cm², KIA 0.0515 gr/2 cm², Roman 0.6462 gr/2 cm² dan Milan 0.0417 gr/2 cm²) sebagai pembanding. Sedangkan nilai lindi dengan metode TCLP dari setiap variasi tidak terdeteksi (dibawah limit deteksi alat 0.1 ppm), hal ini nilai lindi/leachate dibawah baku mutu yang ditetapkan Peraturan Pemerintah No. 85 tahun 1999 untuk logam berat (Cr) 5 ppm, sehingga dapat disimpulkan bahwa limbah sludge krom dapat dimanfaatkan baik dari aspek teknis (keausan) maupun kesehatan dan lingkungan.

2.9 Keramik

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.

2.9.1 Bahan Keramik

Bahan keramik adalah bagian utama dalam pembuatan keramik dan bahan utamanya biasa disebut dengan bahan mentah keramik. Contoh bahan mentah keramik alam seperti kaolin, lempung, feldspar, kuarsa, pyrophillit dan sebagainya. Sedangkan bahan keramik buatan seperti mullit, SiC, Borida, Nitrida, H_3BO_3 dan sebagainya.

Bahan mentah keramik digolongkan menjadi 5 (lima) yaitu :

1. Bahan pengikat, contoh : kaolin, ball caly, fire clay, red clay
2. Bahan pelebur, contoh : feldspat, kapur
3. Bahan pengisi, contoh : silika, grog (samot)
4. Bahan tambahan, contoh : water glass, talk, pyrophilit
5. Bahan mentah glasir

Bahan yang membuat lapisan gelas pada permukaan benda keramik setelah melalui proses pembakaran pada suhu tertentu.

2.10 Glasir

Pengertian Glasir adalah suatu lapisan gelas tipis pada barang keramik yang proses pelapisannya melalui pembakaran pada suhu tinggi. (Susilowati, 1999)

2.10.1. Berdasarkan Cara Penyiapannya, Glasir dapat dilakukan dengan 2 cara

1. Glasir mentah adalah glasir dimana dalam pembuatannya yaitu tidak difrit yaitu dipakai dalam keadaan mentah.
2. Glasir matang atau Glasir frit adalah suatu proses dimana sebagian bahan baku yang digunakan dalam glasir dileburkan terlebih dahulu. Selanjutnya oksida-oksida logam dan pewarna juga dipakai untuk membuat glasir warna. (Susilowati, 1999)

2.10.2 Bahan yang digunakan untuk membuat glasir

1. Sebagai bahan pelebur

Bahan ini adalah bahan-bahan yang mengandung oksida basa yang berfungsi sebagai pengubah kerangka gelas yang menjadi matrik dalam badan keramik dalam jumlah 1 ekuivalen.

Contoh : $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$, Litium, Kalsium, MgO , Barium, Zeng Oksida, PbO .

2. Sebagai bahan Stabilizer

Bahan ini berfungsi sebagai pembentuk yang memperkuat kerangka gelas, dan dapat bereaksi asam dan basa.

Contoh : Alumina (kaoline), Barium, Antimon, Besi dan kromium

3. Sebagai bahan pembentuk gelas yaitu bahan yang mengandung oksida asam

Contoh : Silika(Kuarsa), Timah, Titanium, ZnO_2 , B_2O_3 , V_2O_5 , PO_2 dan sebagainya.

4. Sebagai aditif

Contoh : Bahan pewarna langsung/spinel., Sebagai bahan perekat., Sebagai bahan pemberi warna.

2.10.3 Jenis-jenis glasir

Dalam pembentukan glasir pada keramik ada beberapa macam yang dapat digunakan agar keramik tersebut mempunyai nilai tambah yang tinggi

1. Glasir kristal

Glasir kristal adalah suatu glasir yang mengandung kristal dengan ukuran besar (makro kristal) sehingga dapat dilihat oleh mata, bila glasir kristalin diaplikasikan pada benda keramik hias, maka akan muncul kristal-kristal dengan bentuk tertentu baik diatas maupun dibawah permukaan glasir. Bentuk-bentuk kristal tersebut merupakan ragam hias yang timbul dengan sendirinya dan mempunyai daya tarik tertentu dan mempunyai nilai jual yang cukup tinggi.

Glasir kristalin digunakan untuk mempunyai efek dekorative khusus dalam keramik seni, glasir transparan mengandung kristal-kristal

dengan bentuk dan variasi warna yang menarik (Susilowati 1999)

Contoh : Vas bunga, piring, mangkok, guci dan lain-lain

2. Glasir transparan

Yang dimaksud dengan glasir transparan adalah glasir mengkilap yaitu penampilan glasir sesudah dibakar memantulkan cahaya jadi seolah-olah bersinar. Glasir transparan ini banyak digunakan untuk keramik hias, seperti guci-guci besar yang diberi dekorasi lalu permukaan guci tersebut diglasir dengan glasir transparan sehingga barang tersebut terlihat menarik dan indah. (Susilowati 1999)

3. Glasir mat/kusam

Pengertian mat ini adalah berlawanan dengan mengkilap yaitu penampilan glasir sesudah dibakar, sekalipun didekatkan dengan sumber cahaya tetap tidak memantulkan sinar. Glasir mat biasanya berbentuk hablur-hablur yang halus. Manfaat penggunaan glasir mat ini adalah glasir tersebut mempunyai sifat tahan retak dibandingkan dengan glasir transparan, serta memberikan sifat mekanik pada barang teknik. Umur glasir mat ini digunakan juga sebagai lapisan pertama untuk glasir kristal, agar bentuk glasir kristal terlihat lebih indah dan menarik.

Untuk membuat glasir mat kita bisa menambah oksida-oksida BaO, MgO, Zr silikat, titan, Alumina, hanya saja pada waktu pembakaran pendinginannya harus perlahan lahan. Pada keramik hias glasir mat ini

diperlukan sekali bila kita membuat mural, novelties dan ubin yang dekorasi. (Susilowati 1999)

4. Glasir berwarna

Umumnya warna-warna dalam glasir dihasilkan dengan penambahan bahan-bahan pemberi warna pada suatu glasir dasar yang tidak berwarna. Untuk keramik hias glasir warna sangat diperlukan baik warna untuk diatas maupun untuk dibawah glasir. Contoh bahan pewarna glasir ialah CoO , NiO , CuO , Fe_2O_3 , Cr_2O_3 dan lain-lain. (Susilowati 1999)

5. glasir retak-retak

Glasir retak adalah jenis glasir yang permukaannya penuh dengan retak-retak kecil disengaja, pada umimnya glasir ini dipakai untuk glasir seni/hias. Glasir ini bisa berwarna atau tidak berwarna, glasir ini disebabkan karena mengandung bahan yang waktu glasirnya lebur tidak seluruhnya larut dalam glasir, tetapi sebagian mengambang diatas permukaan leburan glasirnya, kemudian setelah dingin dia pecah-pecah. Untuk glasir retak biasanya menggunakan bahan-bahan seperti SnO_2 sebanyak $\pm 5\%$. (Susilowati 1999)

6. Glasir opak (*opaque*)

Glasir opak adalah suatu glasir yang sifatnya tidak tembus pandang dan juga bersifat sebagai penutup. Bila kita memakai campuran badan yang berwarna, maka sering kita menggunakan glasir ini, karena glasir ini mempunyai daya penutup yang baik atau dapat menutupi keporian

dan warna badan. Glasir ini juga dapat berfungsi sebagai dekorasi untuk pembuatan keramik hias. Bahan ini juga digunakan untuk membuat glasir ini biasanya SnO₂ dengan penggunaan 4-10% dan ZnO₂ dengan penggunaan ±5%. (Susilowati 1999)

2.10.4 Teknik pengglasiran

Teknik Pengglasiran adalah suatu cara atau metode yang dilakukan dalam pengglasiran/penerapan. Ada beberapa cara yang bisa digunakan dalam teknik pengglasiran yaitu:

1. Cara dikuaskan

Artinya pengglasiran dengan menggunakan alat kuas. Biasanya teknik ini dikerjakan untuk pengglasiran barang yang permukannya tidak rata dan cairannya tidak terlalu encer. Misalnya bila mengglasir barang kerajinan keramik yang berlekuk-lekuk atau relief yang banyak.

2. Cara dicelup

Pengglasiran dengan teknik ini menggunakan beberapa alat seperti penjepit barang keramik yang akan diglasir, alat pengaduk cairanglasir dan bak tempat cairan glasir. Pengglasiran ini dilakukan mencelupkan barang keramik kedalam cairan glasir.

3. Disemprot

Artinya cara yang menggunakan alat penyemprot (spray gun). Prosesnya adalah glasir yang akan digunakan disimpan dalam botol, kemudian udara dari sumber angin dialirkan dengan suatu tekanan, maka

udara dengan daya kekuatan akan mengalir melalui selang kemudian keluar melalui spuyer. Karena kekuatan tekanan angin tersebut, cairan dari botol naik ke atas melalui pipa kapiler dan akhirnya menyembur keluar berbentuk kabut. Untuk mengatur pengkabutan dapat dilakukan dengan menggerakkan alat pengatur spuyer. Cairan yang keluar berbentuk kabut diarahkan ke barang keramik yang siap untuk diglasir.

4. Ditaburkan

Teknik ini hanya dilakukan pada barang-barang keramik yang mempunyai bidang datar. Sewaktu dibakar untuk pengglasiran dengan teknik ditaburkan cairan glasir dikeringkan dulu, dibuat tepung dengan saringan tertentu. Barang keramik yang akan diglasir dengan cara ini, permukaannya lebih baik dibasahi terlebih dahulu agar glasir yang akan ditaburkan ke permukaan barang keramik hasilnya bisa rata. Teknik ini merupakan suatu teknik yang cukup rumit dan banyak dipengaruhi oleh sifat-sifat dan kesesuaian antara komposisi glasir dengan badan keramik yang akan diaplikasikan. Sekarang lebih populer disebut teknik kering atau teknik dry glaze.

2.10.5 Komposisi Glasir dalam % berat untuk Glasir bakaran rendah dan tinggi

Komposisi bahan-bahan pembuat glasir dapat dibedakan berdasarkan suhu rendah dan tinggi seperti pada tabel berikut ini :

Tabel 2.4 komposisi Glasir berdasarkan suhu rendah dan tinggi

No	Glasir	Komposisi	% berat
1	Glasir bakar 1150 ° C- 1200 ° C	Borax Kaolin Kuarsa	75 5 20

(Sumber :Susillowati, 1999)

Data selengkapnya dapat dilihat di lampiran 1

2.11. Pasir Kuarsa (Silika)

Pasir kuarsa mempunyai beberapa sifat cukup spesifik, sehingga untuk pemanfaatannya yang maksimal diperlukan pengetahuan yang cukup mengenai sifat-sifatnya tersebut antara lain:

- a) Bentuk butiran pasir. Bentuk butiran pasir dapat dibagi 4 (empat) macam yaitu: membulat (*rounded*), menyudut tanggung (*sub-angular*), menyudut (*angular*) dan gabungan (*coumpound*). Pasir yang terbentuk bundar memberikan kelolosan yang lebih tinggi daripada yang berbentuk menyudut.
- b) Ukuran butiran pasir. Butiran pasir yang berukuran besar/kasar memberikan kelolosan yang besar sedangkan yang berbutir halus memberikan kelolosan yang lebih rendah. Pasir yang berbutir halus mempunyai luas permukaan yang lebih luas.
- c) Sebaran butiran pasir, dapat dibagi menjadi 4 (empat) macam, yaitu:

1. sebaran ukuran butir sempit, yaitu susunan ukuran butir hanya terdiri dari kurang lebih 2(dua) macam saja.
 2. Sebaran ukuran butir sangat sempit, yaitu 90% ukuran butir pasir terdiri dari 1(satu) macam saja.
 3. sebaran butir pasir lebar, yaitu susunan ukuran butir terdiri dari kurang lebih 3(tiga) macam.
 4. sebaran ukuran butir sangat lebar, yaitu susunan ukuran butiran pasir terdiri dari 3(tiga) macam
- d) Susunan kimia, beberapa senyawa kimia yang perlu diperhatikan dalam pasir kuarsa adalah SiO_2 , Na_2O , CaO , dan Fe_2O_3 . kandungan SiO_2 dipilih setinggi mungkin dan kandungan senyawa yang lain serendah mungkin. Makin tinggi kandungan SiO_2 makin tinggi daya penyerapannya. Secara umum pasir kuarsa Indonesia mempunyai komposisi:
1. SiO_2 35.50-99.85 %
 2. Fe_2O_3 0.01-9.14 %
 3. Al_2O_3 0.01-18.00 %
 4. CaO 0.01-0.29 %
 5. Sebaran ukuran butir sangat sempit, yaitu 90% ukuran butir pasir terdiri dari 1(satu) macam saja.
 6. Sebaran butir pasir lebar, yaitu susunan ukuran butir terdiri dari kurang lebih 3(tiga) macam.

Pasir kuarsa (silika) merupakan bahan yang penting dalam keramik, termasuk dalam pembuatan keramik. Selain mudah didapat dan murah, Pasir ini juga berguna dalam pemakaian teknik. Banyak jenis bahan bangunan seperti gelas, enamel (tembus cahaya) dan lainnya terdiri dari silika. Pada benda keramik maupun glasir silika berfungsi membentuk kerangka sehingga keramik menjadi kuat, karena susut bakarnya sangat kecil, maka bahan ini dapat menghindarkan keretakan pada waktu pembakaran. (Syarifudin.A, 1997).

Pada SiO_2 murni tidak terdapat ion logam dan setiap atom oksigen merupakan atom penghubung antara dua atom silikon (dan setiap atom silikon dikelilingi oleh empat atom oksigen). Silika mempunyai beberapa struktur kristal, sebagai managrafit dan intan. Struktur silika yang umum ialah kwarsa, bahan yang banyak terdapat dalam pasir pantai. Kwarsa mempunyai kisi yang lebih kompleks (Vlack, 1984). Titik lebur silika 1425°C .

2.12 Borax ($\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)

Pasir kuarsa silika merupakan senyawa yang memiliki titik lebur relatif tinggi, maka perlu diturunkan. Untuk skala besar hal ini sangat penting yakni untuk menghemat biaya produksi. Pada penelitian ini digunakan borax yang mana titik lebur borax 75°C . Borax sangat baik untuk untuk pengglasiran dan mengandung senyawa yang berfungsi sebagai penguat kerangka glass. Borax juga dapat mengurangi kekentalan, mengatasi sifat cair pada peleburan glasir.

Bahan Penurun Suhu (flux) Glasir

Peranan flux pada pengglasiran yaitu bahwa flux dapat mengubah jaringan struktur atom dari bahan yang dicampurinya. Karena glasir merupakan lapisan gelas yang tipis maka pengaruhnya dapat direntangkan bahwasannya pada pembuatan glass yang hanya ada silika (SiO_2), maka glass akan menjadi kaku. Silika lebur misalnya, sangat kental meskipun dipanasi di daerah suhu dimana ia merupakan benda cair. Satuan struktur bersifat ganda dan struktur jaringannya berikatan saling silang (silika lebur sangat berguna dalam pemakaian tertentu karena nilai muainya rendah). Maka dengan adanya flux maka akan mengubah jaringan tersebut. Sebelum diberikan flux maka atom-atom oksigen pada silika berfungsi sebagai atom penghubung yang mengakibatkan ikatan sangat kuat sehingga titik leburnya relatif menjadi tinggi. Dengan adanya flux ini maka akan mengubah fungsi dari ion oksigen penghubung yang terikat pada silikon menjadi ion oksigen bukan penghubung. Adanya ion oksigen bukan penghubung ini akan mengurangi energi aktivasi yang diperlukan sebuah atom untuk bergerak. (Vlack, 1984)

Dalam hal lain dapat diterangkan dengan menggunakan dasar energi bebas pembentuk oksida-oksida logam. Makin tinggi suhu yang digunakan untuk pembentukannya maka akan semakin besar energi yang dihasilkan, Maka pemberian flux akan menurunkan suhu peleburan, dengan ini energi yang dibutuhkan atom untuk bergerak makin kecil sehingga campuran bahan glasir dapat melebur jauh dibawah titik lebur dari komponen penyusunnya. (Guy, 1960).

Pada proses pembakaran terjadi peleburan dimana bahan yang titik leburnya rendah (flux) akan meleleh terlebih dahulu dan mengisi pori-pori yang

ada. Flux yang meleleh ini lama kelamaan berupa cairan sehingga bahan-bahan yang masinh berupa padatan akan mudah larut olehnya, sehingga cairan akan semakin banyak (Shand, 1958).

Untuk mendapatkan kekuatan pada bahan-bahan keramik biasanya dilakukan dengan cara firing (*Vitreous sintering*). Cara ini bertujuan untuk mengelompokkan butiran menjadi lebih besar, akhirnya mendapat kekuatan. Caranya bahan yang dipanaskan sampai suhu euterik. (Vlack, 1984)

Melting adalah proses termal dimana phase padat dan cair terjadi keseimbangan disebut titik lebur. Jika semua senyawa yang terlibat didalam peristiwa melting sudah lebur maka akan terjadi proses lanjutan yang disebut fusion, yang merupakan hasil akhir dari rangkaian pembakaran. (Norton, 1952)

Temperatur masuk dari glasir terletak pada daerah sekitar titik lebur, maka dalam proses pengglasiran titik lebur merupakan suatu hal yang sangat penting. Titik lebur dari bahan glasir relatif tinggi , maka perlu diturunkan. Untuk menurunkan titik lebur ini biasa dilakukan dengan menambahkan bahan-bahan yang biasa di pakai untuk menurunkan titik lebur glasir yang di sebut flux, disini flux yang dipakai adalah borax (Norton, 1952).

2.13 Kaolin

Kaolin adalah tanah liat yang mengandung mineral kaolinit sebagai sebagai bagian yang terbesar, dan termasuk jenis tanah liat primer. Kaolin mempunyai komposisi hidros aluminium silikat ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$) 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

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

2.14 Keausan

Keausan adalah merupakan suatu uji karakteristik fisik yang mana dilakukan untuk mengetahui kekuatan benda (glasir) terhadap gesekan atau goresan. Uji keausan ini dilakukan dengan cara menselisihkan berat benda uji, dalam hal ini (glasir keramik) sebelum diauskan dan sesudah diauskan

Angka Keausan = Berat sebelum diauskan- berat setelah diauskan.....(7)

2.15 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).

2.16 Hipotesa

Berdasarkan rumusan masalah dan tinjauan pustaka maka dapat disusun hipotesa sebagai berikut :

1. Dengan penambahan *sludge* krom pada campuran glasir mendapatkan tingkat immobilisasi logam berat (*lechate*) yaitu Krom (Cr) yang optimal pada pembuatan keramik glasir
2. Dengan memvariasikan komposisi Glasir dan limbah *sludge* krom untuk mendapatkan efisiensi penurunan kadar krom dan keausan yang optimal.
3. Dengan penambahan *sludge* krom pada campuran glasir mendapatkan nilai produksi yang lebih baik dari glasir tanpa campuran limbah *sludge* krom



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Secara keseluruhan, limbah sludge krom yang digunakan sebagai glasir diambil dari penyamakan krom tanning, yang mana lokasi industri penyamakan kulit di sitimulyo, piyungan Bantul, Jogjakarta dari penyamakan kulit di Sitimulyo Bantul jogjakarta. Sedangkan untuk analisis laboratorium dilakukan di:

1. Laboratorium Bahan Teknik, Jurusan Teknik Mesin UGM jogjakarta.
2. Burat Kriasta, Sentana Desa Wisata Kasongan jogjakarta.
3. Laboratorium Kimia analitik, Jurusan Kimia, FMIPA, UGM jogjakarta.
4. Laboratorium Kualitas Air, Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP, UII jogjakarata.

3.2. Variabel Penelitian

Variabel penenelitian ini adalah:

1. Variabel bebas
 - a. Pemberian limbah katalis sebesar 10% pada campuran keramik.
 - b. Pemberian limbah sludge krom sebesar 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dari berat campuran glasir
 - c. Pembakaran pada suhu 1150°C
2. Variabel terikat : uji keausan, uji logam berat dengan metode TCLP

3.3. Bahan dan Alat penelitian

1. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian sebagai berikut:

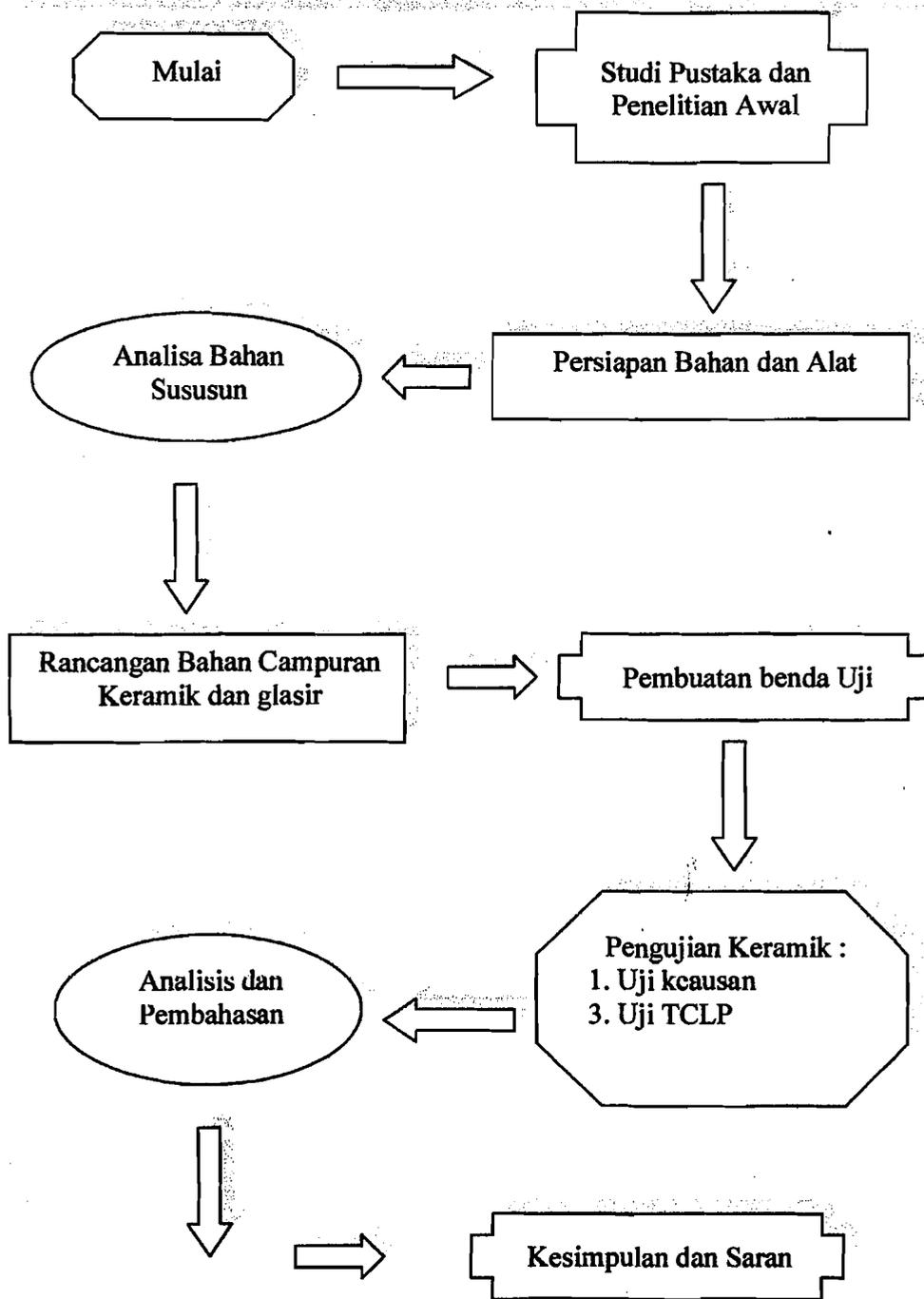
- a. Pasir silika
- b. Borax
- c. Kaolin
- d. Limbah sludge krom
- e. Bahan kimia untuk uji lindi
- f. Keramik limbah katalis dengan komposisi 10%

2. Alat yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

- a. Mesin Uji Keausan
- b. AAS (Atomic Absorption Spent)
- c. Oven
- d. Filter

3.4 Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Penelitian yang dilakukan termasuk dalam penelitian eksperimen yang berada pada skala laboratorium dengan tahapan-tahapan yang sesuai literatur, seperti ditunjukkan pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram alir pelaksanaan penelitian

3.4.1. Persiapan Bahan

Dalam penelitian ini, Limbah katalis yang digunakan untuk pembuatan keramik diambil dari hasil penyulingan minyak bumi dari PT.PERTAMINA UP.II Balongan, sedangkan limbah sludge krom yang digunakan sebagai glasir diambil dari penyamakan krom tanning, yang mana lokasi industri penyamakan kulit di sitimulyo, piyungan Bantul, jogjakarta sedangkan untuk bahan glasir (pasir kwarsa, Borax, Kaolin) didapat dari toko Ngasem Baru jogjakarta

3.4.2. Rancangan Campuran

Rencana campuran keramik dibuat sesuai dengan berat dan banyaknya keramik yang dibuat, dengan berat 130 gram tiap keramik dan ukuran 10cmx10cmx0.5cm. Banyaknya sampel yang dibuat adalah 42 keramik, penelitian ini diambil proporsi limbah katalis sebanyak 10%, dan untuk Rencana campuran glasir dibuat 10 gram tiap glasir jumlah glasir yang dibuat berjumlah 7 glasir untuk setiap variasi campuran, variasi perbandingan campuran dalam penelitian ini diambil proporsi limbah sludge krom sebanyak 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dari berat bahan glasir. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 3.1 dan 3.2 dibawah ini :

Tabel 3.1 Komposisi Bahan Pembuat Keramik

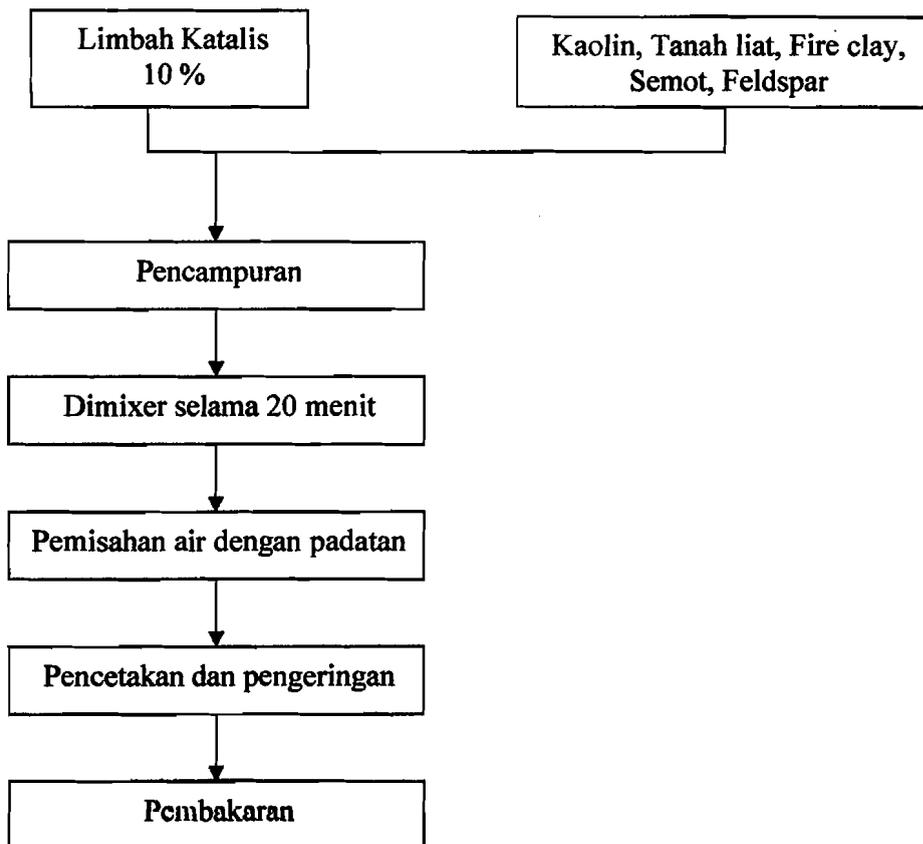
Fomula	Bahan Mentah Keramik						Jumlah Sampel
	Katalis (gr)	Kaolin (10%) (gr)	Tanah Liat (20%) (gr)	<i>Fire Clay</i> (10%) (gr)	<i>Samoot</i> (12%) (gr)	<i>Felspar</i> (38%) (gr)	
F1(10%)	13	13	26	13	15.6	49.4	42

Tabel 3.2 Komposisi bahan glasir dan limbah Krom

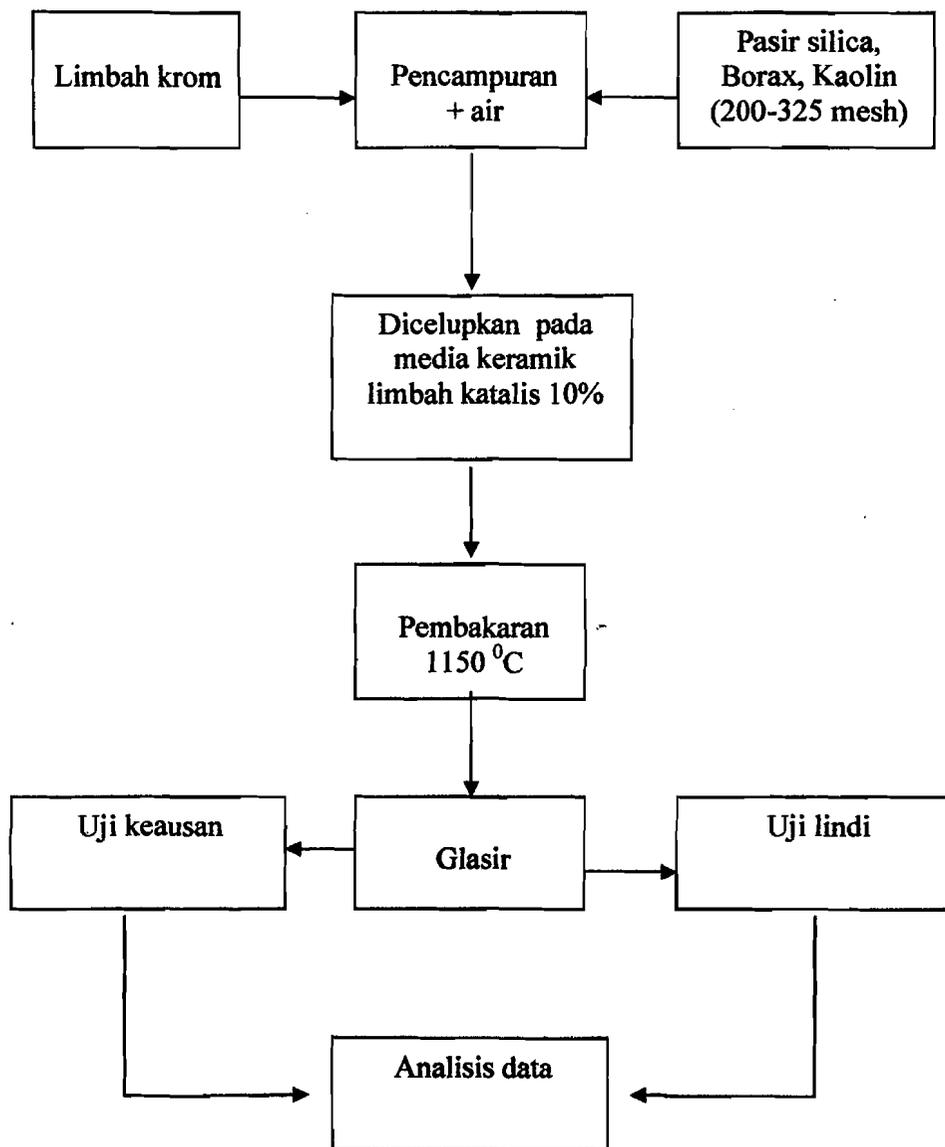
Variasi	Bahan glasir suhu bakar 1150-1200 C (gr)			
	pasir silica	Borax	Kaolin	Limbah Sludge krom
F1 (0%)	2	7.5	0.5	0
F2(10%)	1.8	6.75	0.45	1
F3(20%)	1.6	6	0.4	2
F4(30%)	1.4	5.25	0.35	3
F5(40%)	1.2	4.5	0.3	4

3.4.3. Skema Pembuatan Keramik dan glasir

Adapun langkah-langkah dalam pembuatan keramik dan glasir dapat dilihat pada gambar 3.2 dan 3.3 dibawah ini:



Gambar 3.2. Skema Pembuatan Keramik



Gambar 3.3 Skema pembuatan glasir

3.4.4 Pengujian Benda Uji

Setelah sampel glasir dibuat dilakukan pengujian terhadap sampel glasir.

Pengujian yang dilakukan meliputi :

1. Uji Keausan

Uji keausan salah satu cara pengujian yang digunakan untuk menentukan seberapa besar tingkat keausan benda terhadap gesekan atau goresan. Dalam pengujian keausan ini glasir yang digunakan sebanyak 7 glasir untuk setiap variasi.

Cara kerja uji keausan

- a. Siapkan alat dan bahan
- b. Timbang sampel sebelum diauskan
- c. Letakkan ampelas dengan No.220 di piringan yang berputar
- d. Letakkan sampel di pemegang (pelipis)
- e. Hidupkan mesin
- f. Benda bergeser dengan tegak lurus di tepi selama 30 detik
- g. Matikan mesin
- h. Timbang berat setelah diauskan

3. Uji Logam Berat/Leachate

Uji Lindi merupakan suatu cara untuk mengetahui kadar zat pencemar yang terlindi dari sebuah glasir dalam suatu cairan. Pengujian lindi ini menggunakan alat AAS. Langkah – langkahnya mengacu pada ketentuan yang telah ditetapkan US EPA.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Karakteristik Limbah Katalis dan sludge krom

Karakteristik fisik dan kimia Limbah Katalis dan sludge krom dapat dilihat pada tabel dibawah 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

(Sumber : Data sekunder 2005)

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	-

(Sumber : Data sekunder 2005)

Tabel 4.3 Karakteristik Fisik Limbah Sludge krom

No	Parameter	Data Penelitian
1	Berat Jenis	2.094 gr/mL
2	Modulus Kehalusan	0.5425
3	Berat Volume	0.7566 gr/cm ³

(Sumber : Data sekunder 2005)

Tabel 4.4 Karakteristik Kimia Limbah *Sludge* krom

No	Sampel	Parameter	Hasil pengukuran (ppm)			Metode	Rata-rata (ppm)
			I	II	III		
1	Sludge	Cr	35492.218	34322.513	34155.412	AAS	34656.71

(Sumber : Data sekunder 2005)

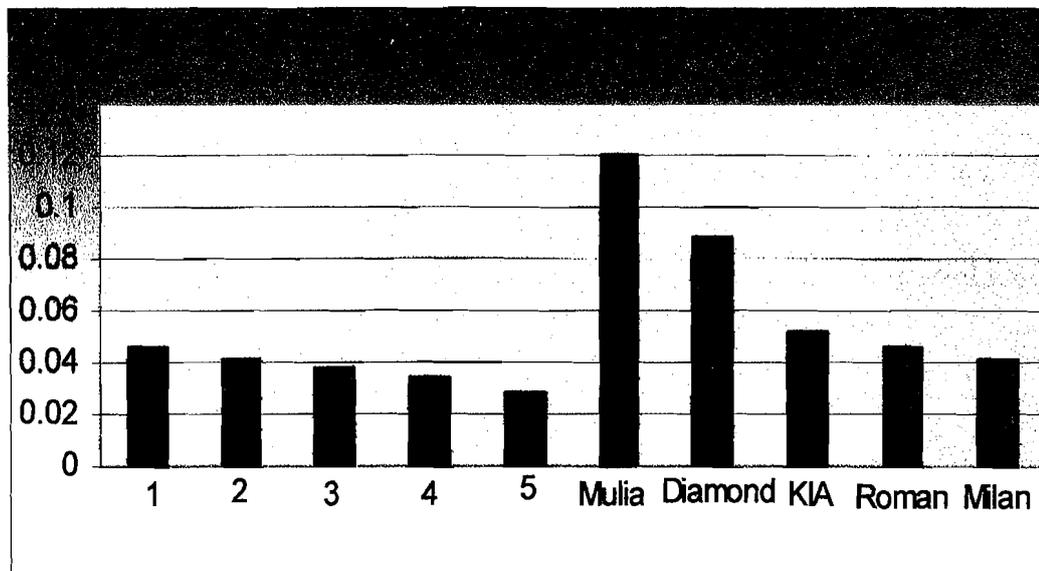
4.1.2. Uji Keausan

Uji keausan Glasir dilakukan dengan cara menghitung selisih berat sebelum diauskan dengan setelah diauskan. Pada uji keausan Glasir sampel yang digunakan 5 sampel, setiap sample 6 biji, sehingga jumlah keseluruhannya 30 buah. Untuk sebagai pembanding glasir dilakukan juga pengujian terhadap glasir pada keramik pasaran. Data hasil pengujian dapat disajikan pada table 4.5 dan gambar 4.1

Tabel 4.5 Hasil pengujian keausan Glasir rata-rata

No	Formula	Rata-rata Uji Keausan	Pembanding uji Keausan($\text{gr}/2 \text{ cm}^2$)				
		($\text{gr}/2 \text{ cm}^2$)	Mulia	Diamond	KIA	Roman	Milan
1	F1	0.0462	0.1204	0.0877	0.0515	0.0462	0.0417
2	F2	0.0411					
3	F3	0.0374					
4	F4	0.0344					
5	F5	0.0278					

(Sumber : Hasil Penelitian, 2006)



Gambar 4.1 Grafik Keausan

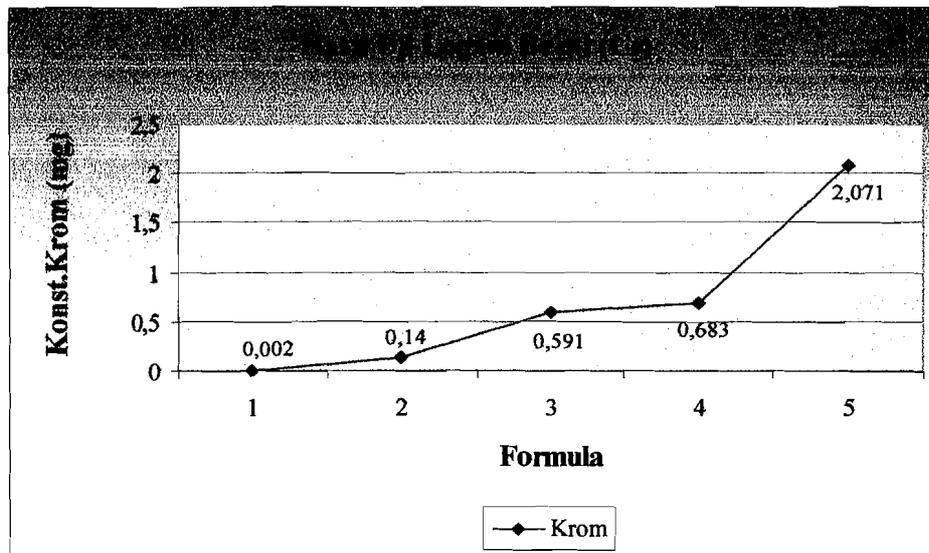
4.1.3 Uji *Leachete* Dengan Metode TCLP

Dari hasil uji TCLP yang telah dilakukan, diperoleh kandungan logam berat pada ekstraksi seperti ditampilkan pada table 4.6 dan gambar 4.2 di bawah ini :

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

No	Benda Uji	pH	Kandungan Logam
			Berat (mg/l)
			Cr
1	F0	4.34	ttd
1	F1	4.32	0.002
2	F2	4.41	0.14
3	F3	4.46	0.591
4	F4	4.54	0.683
5	F5	4.79	2,071
StandartTCLP(P.P 85/1999)			5

(Sumber : Hasil Penelitian, 2006)



Gambar 4.2 Grafik Uji Logam berat (cr)

4.1.4 Perbandingan Kadar Logam Berat Masuk (*Input*) dan Logam Berat Keluar (*output*) Pada Glasir

Dari hasil Penelitian yang telah dilakukan, diperoleh perbedaan konsentrasi masuk (*input*) dengan konsentrasi yang keluar (*output*) dari glasir yang cukup signifikan, seperti yang ditampilkan pada table 4.7.

Tabel 4.7 Perbandingan Konsentrasi Logam Masuk dan Keluar

No	Formula	Parameter	Konsentrasi Logam Berat (mg)	
			Masuk	Keluar
1	F1	Cr	-	0.0020
2	F2	Cr	3465.671	0.1400
3	F3	Cr	6931.342	0.5910
4	F4	Cr	10397.013	0.6830
5	F5	Cr	13862.684	2.0710

(Sumber : Hasil Penelitian, 2006)

4.1.5 Efisiensi Immobilisasi Logam-logam Berat (Cr) Dalam Glasir

Efisiensi immobilisasi logam Cr, pada glasir 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 (%)
		Cr
1	F1 (0%)	-
2	F2 (5%)	99.99
3	F3 (10%)	99.99
4	F4 (15%)	99.99
5	F5 (20%)	99.99

4.1.6 Biaya Pembuatan Keramik dan glasir Tiap Biji Untuk Setiap Formula

Dalam pembuatan sample keramik dan glasir, dibutuhkan biaya seperti tercantum pada table 4.9. Disini akan terlihat berapa biaya yang dibutuhkan mulai dari glasir tanpa sludge krom hingga glasir dengan pencampuran sludge krom 40%

Tabel 4.9 Rincian Biaya Pembuatan Keramik Tiap Biji.

No	Jenis Barang/Jasa	Harga jadi /biji (10x10x0.5)cm				
		A	B	C	D	E
1	Keramik	3490	3490	3490	3490	3490
2	Glisir	335	301.5	268	234.5	201
3	Pembakaran	450	450	450	450	450
Total/biji		4275	4241.5	4208	4174.5	4141

(Sumber : Penelitian, 2005)

4.2 Pembahasan

4.2.1 Karakteristik Limbah Katalis Dan Limbah Sludge Krom

Sebelum dilakukan proses pembuatan keramik dan glasir untuk solidifikasi logam berat, maka tahapan awal yang perlu dilakukan adalah melakukan pemeriksaan fisik dan kimia dari limbah katalis yang akan digunakan. Pada penelitian terdahulu diperoleh karakteristik fisik dan kimia seperti yang di tampilkan pada table 4.1, 4.2, 4.3, dan 4.4 Tujuan dari pemeriksaan ini adalah untuk mengetahui kandungan logam berat yang terdapat pada limbah katalis yang nantinya akan digunakan untuk pembuatan keramik.

Pada penelitian terdahulu 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, dan untuk karakteristik pada limbah sludge krom berat volume 0.7566 gr/mL , berat jenis : 2.094 gr/mL dan modulus kehalusan : 0.5424 juga sangat berpotensi dalam pembuatan glasir sebagai bahan campuran.

Hasil uji kimia menunjukkan kandungan krom yang terdapat pada limbah katalis dan sludge krom cukup tinggi. Ini dikarenakan kandungan logam berat (Cr) yang terdapat pada limbah katalis dan limbah sludge krom 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. dan 4.4 Dengan kata lain limbah katalis dan sludge krom sangat berbahaya dan mesti diolah sebelum dibuang ke alam.

4.2.2 Rancangan Campuran Keramik dan Glasir

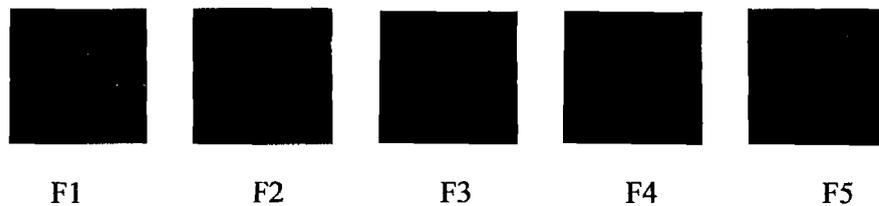
Dalam pembuatan keramik, digunakan campuran bahan-bahan dasar pembuat keramik seperti *fire clay*, *samot/grog*, tanah liat, kaolin dan *feldspar*. Bahan-bahan dasar ini dicampurkan dengan katalis dan bahan tambahan air dan di mixer sampai merata agar campuran ini benar-benar tercampur dan menjadi plastis sehingga 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 adalah ; katalis 10%, kaolin 10%, 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 0.5) cm dengan berat 130 gr. Jumlah keramik yang dibuat sebanyak 42 keramik.

Dan dalam pembuatan glasir, digunakan campuran bahan-bahan dasar pembuat glasir pada suhu bakar 1150-1200°C seperti *pasir silika*, *borax*, dan kaolin. Bahan-bahan dasar ini dicampurkan dengan sludge krom dan bahan tambahan air dan dalam proses pembuatan glasir, keramik limbah katalis di celupkan kedalam glasir selama 5 detik setelah itu dikeringkan dan selanjutnya keramik yang telah di glasir di bakar kedalam tungku dengan suhu 1150°C. Jumlah glasir yang dibuat berjumlah 7 glasir untuk setiap variasi campuran, variasi perbandingan campuran dalam penelitian ini diambil proporsi limbah sludge krom sebanyak 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dari berat bahan pembuat glasir.

Dari hasil-hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penambahan campuran limbah akan seiring dengan nilai keausan lebih besar pada benda yang dihasilkan. Hal ini juga terjadi pada penelitian ini. Dimana sampel glasir yang mengandung sludge krom dengan konsentrasi yang tinggi mempunyai nilai kuat keausan yang lebih besar dibandingkan dengan keramik yang konsentrasi sludge krom lebih sedikit.

4.2.3 Warna

Dari hasil penelitian dengan pembakaran 1150°C dan berbagai variasi komposisi limbah sludge krom ternyata muncul warna hijau pada glasir, yaitu semakin banyak adanya limbah sludge krom warna glasir akan semakin hijau. Hal ini dapat dilihat pada gambar 4.3



Gambar 4.3. Warna Keramik

4.2.4 Uji Keausan

Dari data yang diperoleh seperti terlihat pada table 4.5 dan gambar 4.1 menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan limbah sludge krom berpengaruh terhadap nilai keausan pada glasir. Nilai kuat keausan glasir tertinggi dicapai pada glasir E dimana konsentrasi limbah 40% yaitu sebesar 0.0278 gr/2 cm^2 dan nilai kuat keausan terendah terjadi pada glasir A yaitu sebesar 0.0461 gr/2 cm^2 dimana glasir tersebut tidak menggunakan limbah sludge krom. Sedangkan untuk perbandingan keausan glasir keramik pasaran nilai keausannya lebih besar, yaitu Mulia 0.1204 gr/2 cm^2 , Diamond 0.0877 gr/2 cm^2 , KIA 0.0515 gr/2 cm^2 , Roman 0.0462 gr/2 cm^2 dan Milan 0.0417 gr/2 cm^2 yang nilai keausannya lebih bagus dari glasir A.

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 dan glasir yang mengandung limbah sludge krom. Logam berat yang diuji adalah Cr. Hasil dari analisa yang dilakukan dapat dilihat pada tabel 4.6.

Dari hasil analisa yang diperoleh terhadap kandungan logam berat (Cr) yang terlepas sangat kecil, jauh dibawah stabdart 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 pembuatan keramik glasir.

Pada proses pembuatan glasir digunakan kuarsa, Borax, Kaolin, terhadap limbah sludge krom menyebabkan logam berat dalam limbah terikat sempurna oleh bahan glasir. Pengikatan ini menyebabkan perubahan struktur bahan dari bentuk struktur antar partikel menjadi suatu bentuk yang homogenitas (ikatan fisik). Diikuti dengan proses pemanasan, yaitu pembakaran glasir yang tinggi dengan suhu 1150°C, ikatan glasir yang terjadi antara partikel-partikel dengan limbah sludge krom akan semakin kuat, hal ini karena suhu pembakaran berpengaruh pada proses vitrifikasi, yaitu proses terjadinya peleburan bagian-bagian dari mineral tertentu dari bahan glasir. Bagian-bagian mineral yang melebur terutama silika (SiO₂), Borax (Na₂O·2B₂O₃·10H₂O), Kaolin (Al₂O₃·2SiO₂·2H₂O) pada suhu 1150 °C menyebabkan limbah sludge krom melekat satu dengan yang lain membentuk ikatan kuat. Ikatan yang terjadi pada proses ini adalah ikatan kimia.

Selain terjadi ikatan pada senyawa di atas, pada proses pembakaran juga terjadi ikatan logam berat (Cr) 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.



Dari uji *leachete*/lindi yang dilakukan dapat dilihat bahwa logam yang terkandung dalam keramik dan glasir menjadi lebih stabil. Hal ini menunjukkan

bahwa proses solidifikasi yang terjadi pada keramik glasir cukup berhasil hal ini ditandai dengan rendahnya logam berat yang terlepas setelah dilakukan uji TCLP terhadap sampel glasir (Tabel 4.6). Logam berat yang terlepas jauh di bawah standart baku mutu yang ditetapkan pemerintah melalui PP No 85 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Berbahaya dan Beracun (B3). Ini berarti dengan proses solidifikasi dengan menggunakan glasir dapat mengikat logam berat yang terdapat dalam sludge krom, sehingga logam berat lebih stabil dan aman untuk lingkungan. Dari hasil yang diperoleh masih ada beberapa logam berat yang terlepas pada saat dilakukan uji TCLP. Hal ini disebabkan pada proses solidifikasi sebagai glasir 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 Keausan, maupun dari aspek lingkungan yang ditimbulkan.

4.2.6 Perbandingan Optimum Ditinjau Dari Uji Keausan dan TCLP dan Biaya.

Jika kita lihat dari hasil uji kuat keausan yang telah dilakukan, terjadi Kenaikan nilai keausan seiring dengan penambahan komposisi *sludge* krom pada glasir (Tabel 4.5). Sedangkan pada hasil uji TCLP, terjadi kecendrungan

peningkatan konsentrasi seiring dengan penambahan limbah sludge ke dalam komposisi glasir. Dari data diatas, dapat ditarik kesimpulan bahwa perbandingan optimum antara kuat lentur dan uji TCLP tidak sejalan. Karena seiring penambahan limbah sludge krom semakin baik nilai keausannya, sedangkan di sisi lain terjadi peningkatan konsentrasi logam berat (Cr) pada hasil uji TCLP.

Apabila dibandingkan antara hasil uji TCLP dengan Keausan diperoleh formula yang memiliki kualitas yang lebih baik adalah formula 2 (penambahan sludge krom 10%). Ini dikarenakan nilai keausan yang dihasilkan dengan penambahan sludge krom lebih baik dibanding formula yang lain (dengan penambahan sludge krom) dan nilai konsentrasi uji TCLP yang dihasilkan juga sedikit lebih baik dengan konsentrasi ; Cr 0.14 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, keausan yang dihasilkan juga jauh diatas keramik pembeding yang dijual di pasaran. Untuk biaya produksi yang dihasilkan setiap satu buah keramik, ternyata glasir dengan campuran sludge krom 20% lebih ekonomis (Rp 4141,-) jika dibandingkan dengan glasir tanpa sludge (Rp 4275,-). Ini dikarenakan limbah sludge diperoleh tanpa menggunakan biaya (gratis). Berarti dengan menggunakan sludge krom, kita dapat menghemat biaya Rp 134,- setiap buahnya dengan mutu dan kualitas yang tidak jauh berbeda dari glasir tanpa sludge krom.

Tabel 4.10 Perbandingan Optimum di Tinjau dari Uji Keausan dan Uji TCLP

No	Formula	Pengujian		Biaya Produksi
		Keausan (gr/2cm ²)	TCLP (mg/l)	
			Cr	Rp
1	F1	0.0462	0.002	335
2	F2	0.0411	0.14	301.5
3	F3	0.0374	0.591	268
4	F4	0.0344	0.683	234.5
5	F5	0.0278	2	201

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian solidifikasi limbah sludge krom sebagai glasir dapat disimpulkan :

1. Tingkat immobilisasi logam berat (*leachete*) pada pembuatan keramik glasir cukup tinggi. Dari hasil penelitian yang diperoleh tingkat immobilisasi mencapai 99-100% (Tabel 4.8). Dengan kata lain logam berat yang terlepas kemungkinannya cukup kecil. Hal ini menjadikan glasir sangat cocok digunakan untuk mengimmobilisasi logam berat dan aman digunakan.
2. Apabila dibandingkan antara hasil uji TCLP dengan Keausan diperoleh formula yang memiliki kualitas yang lebih baik adalah formula 2 (penambahan sludge krom 10%). Ini dikarenakan nilai keausan yang dihasilkan dengan penambahan sludge krom lebih baik dibanding formula yang lain (dengan penambahan sludge krom), untuk warna yang dihasilkan juga baik dan nilai konsentrasi uji TCLP yang dihasilkan juga sedikit lebih baik dengan konsentrasi Cr 0.14 mg.
3. Untuk biaya produksi yang dihasilkan setiap satu buah keramik, ternyata glasir dengan campuran sludge krom 20% lebih ekonomis (Rp 4141,-) jika dibandingkan dengan glasir tanpa sludge (Rp 4275,-). Ini dikarenakan limbah sludge diperoleh tanpa menggunakan biaya (gratis). Berarti dengan menggunakan sludge krom, kita dapat menghemat biaya Rp 134,- setiap

buahnya dengan mutu dan kualitas yang tidak jauh berbeda dari glasir tanpa sludge krom.

5.2 Saran

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

1. Untuk penelitian selanjutnya disarankan dalam pembuatan keramik glasir dengan menggunakan mesin agar mendapatkan hasil yang baik
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut terhadap immobilisasi logam berat dengan menggunakan limbah dan campuran glasir yang berbeda
3. Perlu adanya pengujian fisik glasir selain keausan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 85 Tahun 1999 Tentang Pengolahan Limbah Bahan Beracun dan Berbahaya*, Badan Pengendali Dampak Lingkungan, Jakarta, 1994.
- 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. 1978. *Effects of cadmium on the biota : influence of environmental factors*. *Edv. Appl. Microbiol.* 23 : 55 – 117
- Gatot Bidiyanto. Drs, 2003, *Mengenal Tanah Liat*, Pusat Pengembangan Dan Penataran Guru Kesenian Yogyakarta.
- Hidayat, *Pemanfaatan Limbah Sludge Krom Penyamakan Kulit Sebagai Bahan Pewarna Glasir*, 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.

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.

www.Chemicalelements.com

www.Ipteknet.com

www.Lenntech.com

HASIL ANALISIS

No. : 1270/HA-KA/07/06
 Pengirim : Fendika Dwi Cahyono, Teknik Lingkungan UII Yogyakarta.
 Jumlah sampel : 6
 Penentuan : Kadar Cr dalam sampel air limbah.
 Tgl. Analisis : 24 Juli 2006

NO	KODE SAMPEL	PARA METER	HASIL PENGUKURAN (ppm)			METODE
			I	II	III	
1.	F0	Cr	ttd	ttd	ttd	Atomic Absorption Spect.
2.	F1	"	0,002	0,002	0,002	"
3.	F2	"	0,155	0,125	0,140	"
4.	F3	"	0,586	0,586	0,601	"
5.	F4	"	0,709	0,647	0,693	"
6.	F5	"	2,138	2,000	2,077	"

Ket.:

ttd = tidak terdeteksi/di bawah batas deteksi alat.

Hasil Penelitian Terdahulu

Limbah Katalis :

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

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	-

Limbah Sludge Krom :

Karakteristik Fisik Limbah Sludge krom

No	Parameter	Data Penelitian
1	Berat Jenis	2.094 gr/mL
2	Modulus Kehalusan	0.5425
3	Berat Volume	0.7566 gr/cm ³

Karakteristik Kimia Limbah *Sludge* krom

No	Sampel	Parameter	Hasil pengukuran (ppm)			Metode	Rata-rata (ppm)
			I	II	III		
1	Sludge	Cr	35492.218	34322.513	34155.412	AAS	34656.71

Hasil Keausan Keramik Pasaran Dibawah ini :

Hasil Perbandingan Pengujian Keausan Glasir Keramik Pasaran

Jenis Keramik	Type	Berat(gr)	I	II	III	IV	Rata-rata(gr)
Mulia	20x25 Regencia Tosca Kw 1	Awal	3.7388	3.5644	3.9131	4.2278	3.8610
		Akhir	3.6666	3.5143	3.8493	3.9325	3.7407
		Selisih	0.0722	0.0501	0.0638	0.2953	0.1204
Diamond	10x20 Light Green Kw 1	Awal	4.1604	4.6842	4.1688	4.3592	4.3432
		Akhir	4.0818	4.6474	4.0593	4.2333	4.2555
		Selisih	0.0786	0.0368	0.1095	0.1259	0.0877
KIA	20x25 White Flat Kw 1	Awal	3.5672	3.3158	3.3381	3.5411	3.4406
		Akhir	3.5263	3.2608	3.2746	3.4945	3.3891
		Selisih	0.0409	0.0550	0.0635	0.0466	0.0515
Roman	20x25 Lavenia light Blue Kw 1	Awal	2.9733	2.996	3.0279	3.2774	3.0687
		Akhir	2.9343	2.9377	2.9895	3.2283	3.0225
		Selisih	0.0390	0.0583	0.0384	0.0491	0.0462
Milan	30x30 Fuji Pink Kw 1	Awal	4.1571	4.0166	4.0153	4.3362	4.1313
		Akhir	4.1197	3.9746	3.9655	4.2985	4.0896
		Selisih	0.0374	0.0420	0.0498	0.0377	0.0417

Uji Keausan

Glas A	1	2	3	4	5	6	Rata-rata (gr)
Awal (gr)	7,564	7,965	8,265	7,698	8,346	8,333	8,0285
Akhir (gr)	7,5182	7,9185	8,2183	7,6514	8,3001	8,2877	7,9824
Selisih (gr)	0,0458	0,0465	0,0467	0,0466	0,0459	0,0453	0,0461

Glas B	1	2	3	4	5	6	Rata-rata (gr)
Awal (gr)	7,223	7,458	8,301	7,895	8,436	8,212	7,9208
Akhir (gr)	7,1821	7,4167	8,2608	7,854	8,395	8,17	7,8798
Selisih (gr)	0,0409	0,0413	0,0402	0,041	0,041	0,042	0,0411

Glas C	1	2	3	4	5	6	Rata-rata (gr)
Awal (gr)	7,963	7,856	8,535	7,977	8,665	8,497	8,2488
Akhir (gr)	7,926	7,8184	8,4978	7,9428	8,627	8,4593	8,2119
Selisih (gr)	0,037	0,0376	0,0372	0,0342	0,038	0,0377	0,037

Glas D	1	2	3	4	5	6	Rata-rata (gr)
Awal (gr)	8,651	9,02	8,321	7,931	8,012	8,007	8,3237
Akhir (gr)	8,6172	8,9845	8,2879	7,8963	7,9799	7,97	8,2893
Selisih (gr)	0,0338	0,0355	0,0331	0,0347	0,0321	0,037	0,0344

Glas E	1	2	3	4	5	6	Rata-rata (gr)
Awal (gr)	8,211	7,633	8,001	7,139	8,122	8,007	7,8522
Akhir (gr)	8,1837	7,6051	7,9729	7,1114	8,0943	7,9788	7,8244
Selisih (gr)	0,0273	0,0279	0,0281	0,0276	0,0277	0,0282	0,0278

Sampel	Sampel	Konsentrasi pengukuran	Massa pengukuran	Sludge krom	Input	Konsentrasi pengukuran	Massa pengukuran	cuplikan glasir	sampel glasir	output	
		(ml/kg)	(mg/kg)	(kg)	(mg)	(ml/kg)	(mg/kg)	(kg)	(kg)	(mg)	(%)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
F1	1	34656.71	3465671	0	0	0.002	0,2	0.005	0.01	0.0020	99.99
F2	1	34656.71	3465671	0.001	3465.671	0,14	14	0.005	0.01	0.1400	99.99
F3	1	34656.71	3465671	0.002	6931.342	0,591	59	0.005	0.01	0.5910	99.99
F4	1	34656.71	3465671	0.003	10397.013	0,683	68	0.005	0.01	0.6830	99.99
F5	1	34656.71	3465671	0.004	13862.684	2,071	207	0.005	0.01	2.0710	99.99

Keterangan

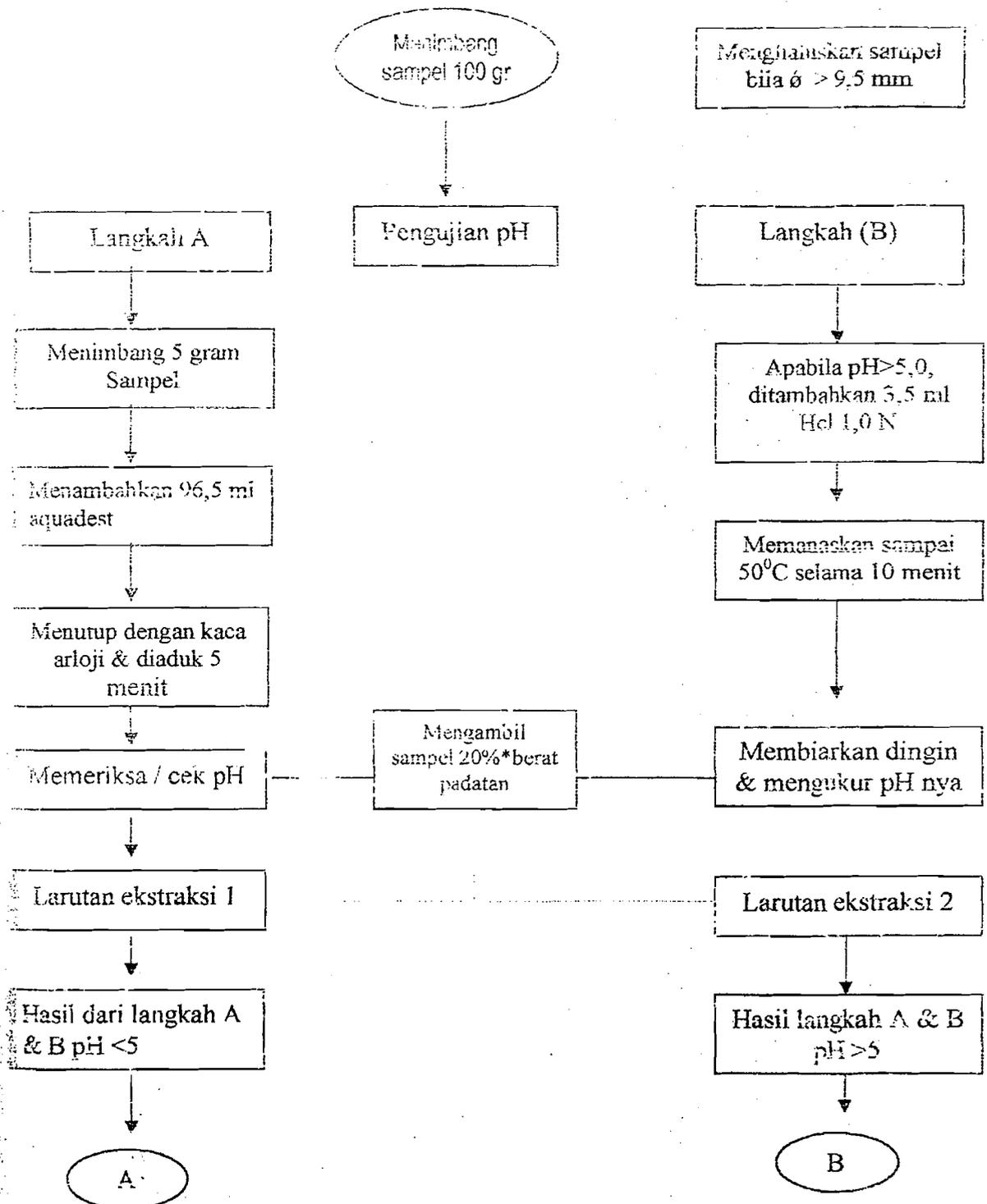
Kolom 4 = kolom 3 x 100

Kolom 6 = (kolom 4 x kolom 5)

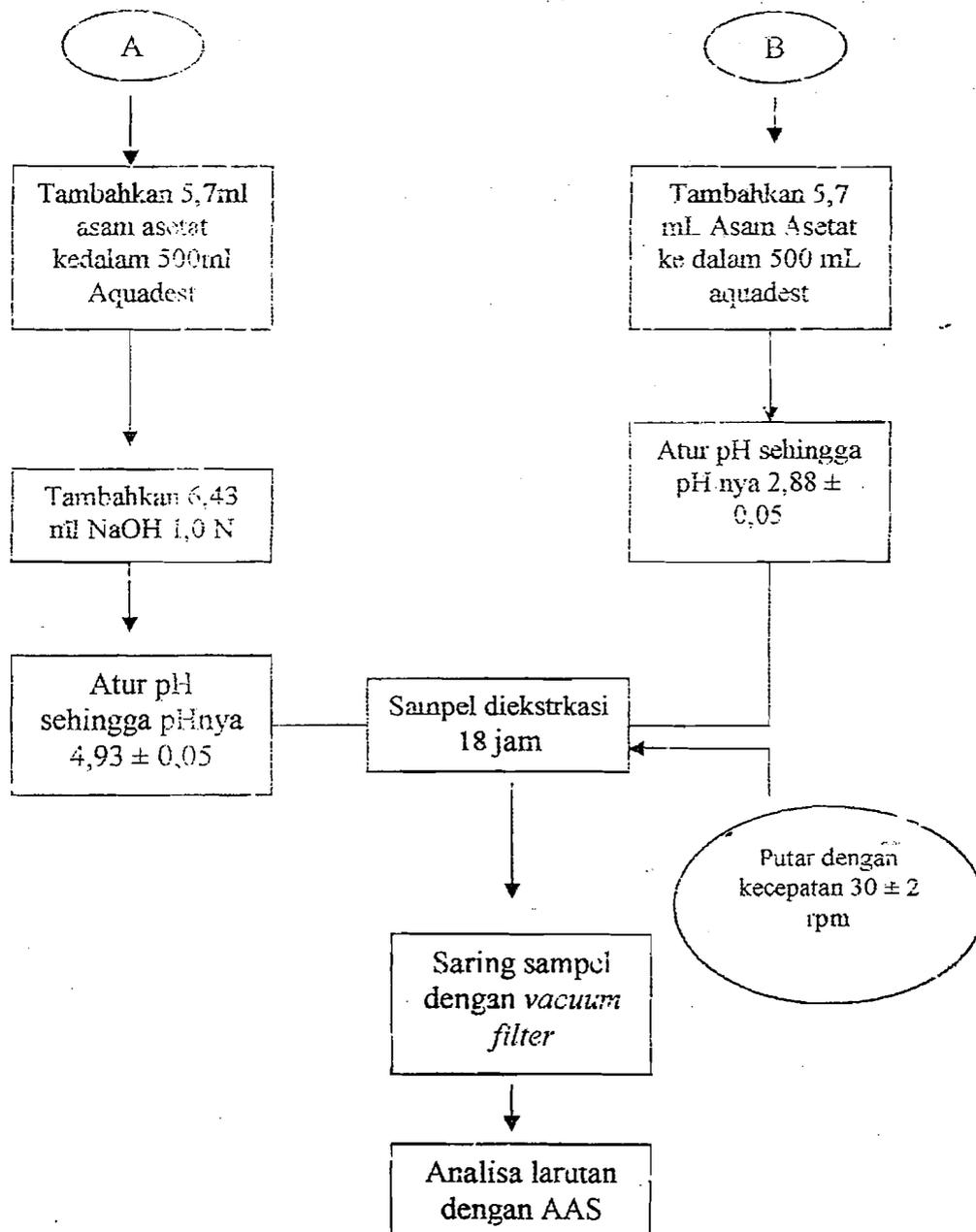
Kolom 8 = kolom 7 x 100

Kolom 11 = (kolom 8 x kolom 9) x (kolom 10/ kolom 9)

Kolom 12 = (kolom 6- kolom 11)/(kolom 6) x 100%



Gambar 3.5. Tahapan pengujian TCLP



Gambar 3.5. Tahapan pengujian TCLP (lanjutan)

LEMBARAN NEGARA REPUBLIK INDONESIA TAHUN 1999

NOMOR 190

PENJELASAN

ATAS

PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK INDONESIA

NOMOR 85 TAHUN 1999

TENTANG PERUBAHAN ATAS PERATURAN PEMERINTAH NOMOR 18 TAHUN
1999 TENTANG PENGELOLAAN LIMBAH BAHAN BERBAHAYA DAN BERACUN

UMUM

Kegiatan pembangunan bertujuan meningkatkan kesejahteraan hidup rakyat yang dilaksanakan melalui rencana pembangunan jangka panjang yang bertumpu pada pembangunan di bidang industri. Pembangunan di bidang industri tersebut di satu pihak akan menghasilkan barang yang bermanfaat bagi kesejahteraan hidup rakyat, dan di lain pihak industri itu juga akan menghasilkan limbah. Di antara limbah yang dihasilkan oleh kegiatan industri tersebut terdapat limbah bahan berbahaya beracun (limbah B3).

Untuk mengidentifikasi limbah sebagai limbah B3 diperlukan uji karakteristik dan uji toksikologi atas limbah tersebut. Pengujian ini meliputi karakterisasi limbah atas sifat-sifat mudah meledak dan atau mudah terbakar dan atau bersifat reaktif, dan atau beracun dan atau menyebabkan infeksi, dan atau bersifat korosif. Sedangkan uji toksikologi digunakan untuk mengetahui nilai akut dan atau kronik limbah. Penentuan sifat akut limbah dilakukan dengan uji hayati untuk mengetahui hubungan dosis-respon antara limbah dengan kematian hewan uji untuk menetapkan nilai LD50. Sedangkan sifat kronis limbah B3 ditentukan dengan cara mengevaluasi sifat zat pencemar yang terdapat dalam limbah dengan menggunakan metodologi tertentu. Apabila suatu limbah tidak tercantum dalam Lampiran I Peraturan Pemerintah ini, lolos uji karakteristik limbah B3, lolos uji LD50, dan tidak bersifat kronis maka limbah tersebut bukan limbah B3, namun pengelolaannya harus memenuhi ketentuan.

Limbah B3 yang dibuang langsung ke dalam lingkungan dapat menimbulkan bahaya terhadap lingkungan dan kesehatan manusia serta makhluk hidup lainnya. Mengingat resiko tersebut, perlu diupayakan agar setiap kegiatan industri dapat meminimalkan limbah B3 yang dihasilkan dan mencegah masuknya limbah B3 dari luar Wilayah Indonesia. Pemerintah Indonesia dalam pengawasan perpindahan lintas batas limbah B3 telah meratifikasi Konvensi Basel pada tanggal 12 Juli 1993 dengan Keputusan Presiden Nomor 61 Tahun 1993. Untuk menghilangkan atau mengurangi resiko yang dapat ditimbulkan dari limbah B3 yang dihasilkan maka limbah B3 yang telah dihasilkan perlu dikelola secara khusus. Pengelolaan limbah B3 merupakan suatu rangkaian kegiatan yang mencakup penyimpanan, pengumpulan, pemanfaatan, pengangkutan, dan pengolahan limbah B3 termasuk penimbunan hasil pengolahan tersebut. Dalam rangkaian kegiatan tersebut terkait beberapa pihak yang masing-masing merupakan mata rantai dalam pengelolaan limbah B3, yaitu:

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

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

Dalam melakukan pengelolaan limbah B3 perlu diperhatikan hirarki pengelolaan limbah B3 antara lain dengan mengupayakan reduksi pada sumber, pengolahan bahan, substitusi bahan, pengaturan operasi kegiatan, dan digunakannya teknologi

bersih. Bilamana masih dihasilkan limbah B3 maka diupayakan pemanfaatan limbah B3. Pemanfaatan limbah B3, yang mencakup kegiatan daur ulang (recycling) perolehan kembali (recovery) dan penggunaan kembali (reuse) merupakan satu mata rantai penting dalam pengelolaan limbah B3. Dengan teknologi pemanfaatan limbah B3 di satu pihak dapat dikurangi jumlah limbah B3 sehingga biaya pengolahan limbah B3 juga dapat ditekan dan di lain pihak akan dapat meningkatkan kemanfaatan bahan baku. Hal ini pada gilirannya akan mengurangi kecepatan pengurasan sumber daya alam.

PASAL DEMI PASAL

Pasal 1

Angka 1

Pasal 6

Langkah pertama yang dilakukan dalam pengelolaan limbah B3 adalah mengidentifikasi limbah dari penghasil tersebut apakah termasuk limbah B3 atau tidak. Mengidentifikasi limbah ini akan memudahkan pihak penghasil, pengumpul, pengangkut, pemanfaat, pengolah, atau penimbun dalam mengenali limbah B3 tersebut sedini mungkin. Mengidentifikasi limbah sebagai limbah B3 dilakukan melalui tahapan sebagai berikut:

- a. Mencocokkan jenis limbah dengan daftar jenis limbah B3 sebagaimana pada Lampiran I Peraturan Pemerintah ini, dan apabila cocok dengan daftar jenis limbah B3 tersebut, maka limbah tersebut termasuk limbah B3;
- b. Apabila tidak cocok dengan daftar jenis limbah B3 sebagaimana pada Lampiran I Peraturan Pemerintah ini maka diperiksa apakah limbah tersebut memiliki karakteristik: mudah meledak, dan atau mudah terbakar, dan atau beracun, dan

atau bersifat reaktif, dan atau menyebabkan infeksi, dan atau bersifat korosif.

- c. Apabila kedua tahapan tersebut sudah dilakukan dan tidak memenuhi ketentuan limbah B3, maka dilakukan uji toksikologi. Angka 2 Pasal 7 Ayat (1) Huruf a Limbah B3 dari sumber tidak spesifik adalah limbah B3 yang pada umumnya berasal bukan dari proses utamanya, tetapi berasal dari kegiatan pemeliharaan alat, pencucian, pencegahan korosi (inhibitor korosi), pelarutan kerak, pengemasan, dan lain-lain. Huruf b Limbah B3 dari sumber spesifik adalah limbah B3 sisa proses suatu industri atau kegiatan yang secara spesifik dapat ditentukan berdasarkan kajian ilmiah. Huruf c Limbah B3 dari bahan kimia kadaluarsa, tumpahan, bekas kemasan, dan buangan produk yang tidak memenuhi spesifikasi, karena tidak memenuhi spesifikasi yang ditentukan atau tidak dapat dimanfaatkan kembali, maka suatu produk menjadi limbah B3 yang memerlukan pengelolaan seperti limbah B3 lainnya. Hal yang sama juga berlaku untuk sisa kemasan limbah B3 dan bahan-bahan kimia yang kadaluarsa.

Ayat (2)

Cukup jelas

Ayat (3)

Pengujian karakteristik limbah dilakukan sebelum limbah tersebut mendapat perlakuan pengolahan. Limbah diidentifikasi sebagai limbah B3 apabila memenuhi salah satu atau

lebih karakteristik limbah B3. Dalam ketentuan ini yang dimaksud dengan:

a. Limbah mudah meledak adalah limbah yang pada suhu dan tekanan, standar (25 derajat C, 760 mmHg) dapat meledak atau melalui reaksi kimia dan atau fisika dapat menghasilkan gas dengan suhu dan tekanan tinggi yang dengan cepat dapat merusak lingkungan sekitarnya.

b. Limbah mudah terbakar adalah limbah-limbah yang mempunyai salah satu sifat-sifat sebagai berikut:

1) Limbah yang berupa cairan yang mengandung alkohol kurang dari 24% volume dan atau pada titik nyala tidak lebih dari 600C (1400F) akan menyala apabila terjadi kontak dengan api, percikan api atau sumber nyala lain pada tekanan udara 760 mmHg.

2) Limbah yang bukan berupa cairan, yang pada temperatur dan tekanan standar (250C, 760 mmHg) dapat mudah menyebabkan kebakaran melalui gesekan, penyerapan uap air atau perubahan kimia secara spontan dan apabila terbakar dapat menyebabkan kebakaran yang terus menerus.

3) Merupakan limbah yang bertekanan yang mudah terbakar.

4) Merupakan limbah pengoksidasi.

c. Limbah yang bersifat reaktif adalah limbah-limbah yang mempunyai salah satu sifat-sifat sebagai berikut:

1) Limbah yang pada keadaan normal tidak stabil dan dapat menyebabkan perubahan tanpa peledakan.

- 2) Limbah yang dapat bereaksi hebat dengan air.
 - 3) Limbah yang apabila bercampur dengan air berpotensi menimbulkan ledakan, menghasilkan gas, uap atau asap beracun dalam jumlah yang membahayakan bagi kesehatan manusia dan lingkungan.
 - 4) Merupakan limbah Sianida, Sulfida atau Amoniak yang pada kondisi pH antara 2 dan 12,5 dapat menghasilkan gas, uap atau asap beracun dalam jumlah yang membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan.
 - 5) Limbah yang dapat mudah meledak atau bereaksi pada suhu dan tekanan standar (25°C, 760 mmHg).
 - 6) Limbah yang menyebabkan kebakaran karena melepas atau menerima oksigen atau limbah organik peroksida yang tidak stabil dalam suhu tinggi.
- d. Limbah beracun adalah limbah yang mengandung pencemar yang bersifat racun bagi manusia atau lingkungan yang dapat menyebabkan kematian atau sakit yang serius apabila masuk ke dalam tubuh melalui pernafasan, kulit atau mulut. Penentuan sifat racun untuk identifikasi limbah ini dapat menggunakan baku mutu konsentrasi TCLP (Toxicity Characteristic Leaching Procedure) pencemar organik dan anorganik dalam limbah sebagaimana yang tercantum dalam

Lampiran II Peraturan Pemerintah ini. Apabila limbah mengandung salah satu pencemar yang terdapat dalam Lampiran II Peraturan Pemerintah ini, dengan konsentrasi sama atau lebih besar dari nilai dalam Lampiran II Peraturan Pemerintah ini, maka limbah tersebut merupakan limbah B3. Bila nilai konsentrasi zat pencemar lebih kecil dari nilai ambang batas pada Lampiran II Peraturan Pemerintah ini maka dilakukan uji toksikologi.

- e. Limbah yang menyebabkan infeksi yaitu bagian tubuh manusia yang diamputasi dan cairan dari tubuh manusia yang terkena infeksi, limbah dari laboratorium atau limbah lainnya yang terinfeksi kuman penyakit yang dapat menular. Limbah ini berbahaya karena mengandung kuman penyakit seperti hepatitis dan kolera yang ditularkan pada pekerja, pembersih jalan dan masyarakat di sekitar lokasi pembuangan limbah.
- f. Limbah bersifat korosif adalah limbah yang mempunyai salah satu sifat sebagai berikut:
 - 1) Menyebabkan iritasi (terbakar) pada kulit.
 - 2) Menyebabkan proses pengkaratan pada lempeng baja (SAE 1020) dengan laju korosi lebih besar dari 6,35 mm/tahun dengan temperatur pengujian 550C.

- 3) Mempunyai pH sama atau kurang dari 2 untuk limbah bersifat asam dan sama atau lebih besar dari 12,5 untuk yang bersifat basa.

Ayat (4)

Penentuan sifat akut limbah dilakukan dengan uji hayati untuk mengukur hubungan dosis-respons antara limbah dengan kematian hewan uji, untuk menetapkan nilai LD50. Yang dimaksud dengan LD50 (Lethal Dose fifty) adalah dosis limbah yang menghasilkan 50 % respons kematian pada populasi hewan uji. Nilai tersebut diperoleh dari analisis data secara grafis dan atau statistik terhadap hasil uji hayati tersebut. Metodologi dan cara penentuan nilai LD50 ditetapkan oleh instansi yang bertanggung jawab. Apabila nilai LD50 secara oral lebih besar dari 50 mg/kg berat badan, maka terhadap limbah yang mengandung salah satu zat pencemar pada Lampiran III Peraturan Pemerintah ini dilakukan evaluasi sifat kronis. Sifat kronis limbah (toksik, mutagenik, karsinogenik, teratogenik dan lain-lain) ditentukan dengan cara mencocokkan zat pencemar yang ada dalam limbah tersebut dengan Lampiran III Peraturan Pemerintah ini. Apabila limbah tersebut mengandung salah satu dan atau lebih zat pencemar yang terdapat dalam Lampiran III Peraturan Pemerintah ini, maka limbah tersebut merupakan limbah B3 setelah mempertimbangkan faktor-faktor di bawah ini:

- 1) Sifat racun alami yang dipaparkan oleh zat pencemar;
- 2) Konsentrasi dari zat pencemar;



- 3) Potensi bermigrasinya zat pencemar dari limbah ke lingkungan bilamana tidak dikelola dengan baik;
- 4) Sifat persisten zat pencemar atau produk degradasi racun pada zat pencemar;
- 5) Potensi dari zat pencemar atau turunan/degradasi produk senyawa toksik untuk berubah menjadi tidak berbahaya;
- 6) Tingkat dimana zat pencemar atau produk degradasi zat pencemar terbioakumulasi di ekosistem;
- 7) Jenis limbah yang tidak dikelola sesuai ketentuan yang ada yang berpotensi mencemari lingkungan;
- 8) Jumlah limbah yang dihasilkan pada satu tempat atau secara regional atau secara nasional berjumlah besar;
- 9) Dampak kesehatan dan pencemaran/kerusakan lingkungan akibat pembuangan limbah yang mengandung zat pencemar pada lokasi yang tidak memenuhi persyaratan;
- 10) Kebijakan yang diambil oleh instansi Pemerintah lainnya atau program peraturan perundang-undangan lainnya berdasarkan dampak pada kesehatan dan lingkungan yang diakibatkan oleh limbah atau zat pencemarnya;
- 11) Faktor-faktor lain yang dapat dipertanggungjawabkan merupakan limbah B3. Metodologi untuk evaluasi Lampiran III Peraturan Pemerintah ini ditetapkan oleh instansi yang bertanggung jawab setelah berkoordinasi dengan instansi teknis dan lembaga penelitian terkait. Apabila setelah dilakukan uji penentuan toksisitas baik akut maupun kronis dan tidak memenuhi ketentuan di atas, maka

limbah tersebut dapat dinyatakan sebagai limbah non B3, dan pengelolaannya dilakukan berdasarkan ketentuan yang ditetapkan oleh instansi yang bertanggung jawab setelah berkoordinasi dengan instansi teknis terkait.

Ayat (5)

Cukup jelas

Angka 3

Pasal 8

Cukup jelas

Pasal II

Cukup jelas

TAMBAHAN LEMBARAN NEGARA REPUBLIK INDONESIA

NOMOR 3910

2. Ketentuan Pasal 7 diubah, sehingga keseluruhannya berbunyi sebagai berikut:

"Pasal 7

- (1) Jenis limbah B3 menurut sumbernya meliputi:
 - a. Limbah B3 dari sumber tidak spesifik;
 - b. Limbah B3 dari sumber spesifik;
 - c. Limbah B3 dari bahan kimia kadaluarsa, tumpahan, bekas kemasan, dan buangan produk yang tidak memenuhi spesifikasi.
 - (2) Perincian dari masing-masing jenis sebagaimana dimaksud pada ayat (1) seperti tercantum dalam Lampiran I Peraturan Pemerintah ini.
 - (3) Uji karakteristik limbah B3 meliputi:
 - a. mudah meledak;
 - b. mudah terbakar;
 - c. bersifat reaktif;
 - d. beracun;
 - e. menyebabkan infeksi; dan
 - f. bersifat korosif.
 - (4) Pengujian toksikologi untuk menentukan sifat akut dan atau kronik.
 - (5) Daftar limbah dengan kode limbah D220, D221, D222, dan D223 dapat dinyatakan limbah B3 setelah dilakukan uji karakteristik dan atau uji toksikologi."
3. Ketentuan Pasal 8 diubah, sehingga keseluruhannya berbunyi sebagai berikut:

"Pasal 8

- (1) Limbah yang dihasilkan dari kegiatan yang tidak termasuk dalam Lampiran I, Tabel 2 Peraturan Pemerintah ini, apabila terbukti memenuhi Pasal 7 ayat (3) dan atau ayat (4) maka limbah tersebut merupakan limbah B3.
- (2) Limbah B3 dari kegiatan yang tercantum dalam Lampiran I, Tabel 2 Peraturan Pemerintah ini dapat dikeluarkan dari daftar tersebut oleh instansi yang bertanggung jawab, apabila dapat dibuktikan secara ilmiah bahwa limbah tersebut bukan limbah B3 berdasarkan prosedur yang ditetapkan oleh instansi yang bertanggung jawab setelah berkoordinasi *28022 dengan instansi teknis, lembaga penelitian terkait dan penghasil limbah.
- (3) Pembuktian secara ilmiah sebagaimana dimaksud pada ayat (2) dilakukan berdasarkan: a. Uji karakteristik limbah B3; b. Uji toksikologi; dan atau c. Hasil studi yang menyimpulkan bahwa limbah yang dihasilkan tidak menimbulkan pencemaran dan gangguan kesehatan terhadap manusia dan makhluk hidup lainnya.
- (4) Ketentuan lebih lanjut sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dan ayat (3) akan ditetapkan oleh instansi yang bertanggung jawab setelah berkoordinasi dengan instansi teknis dan lembaga penelitian terkait.

Pasal II

Peraturan Pemerintah ini mulai berlaku pada tanggal diundangkan.

Agar setiap orang mengetahuinya, memerintahkan pengundangan Peraturan Pemerintah ini dengan penempatannya dalam Lembaran Negara Republik Indonesia.

Ditetapkan di Jakarta
pada tanggal 7 Oktober 1999

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

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

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

Cyanida (bebas)	20,0
2,4-D	10,0
1,4-Dichlorobenzene	7,5
1,2- Dichloroethane	0,5
1,1-Dichloroethylene	0,7
2,4- Dinitrotoluene	0,13
Endrin	0,02
Fluorides	150
Heptachlor + Heptachlor Epoxide	0,008
Hexachlorobenzene	0,13
Hexachloroethane	0,5
Lead	5,0
Lindane	0,4
Mercury	0,2
Methoxychlor	10,0
Methyl Parathion	0,3
Methyl Ethyl Ketone	0,7
Nitrate + Nitrite	1000
Nitrite	100
Nitrobenzene	2,0
Pentachlorophenol	100
Pyridine	5,0
PCBs	0,3

Selenium	1,0
Silver	5
Tetrachloroethylene (TCE)	0,7
Phenol	2
DDT	1
Chlorophenol (total)	1
Chloronaphtalene	1
Trihalomethanes	35
2,4,5-Trichlorophenol	400
2,4,6-Trichlorophenol	2
Vynll Chloride	0,2
Zinc	50

**PRESIDEN REPUBLIK
INDONESIA**

ttd.

**BACHARUDDIN JUSUF
HABIBIE**

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO	NAMA	NO.MHS	PRODI
1	Fendika D.C.	01513001	Teknik Lingkungan
2			

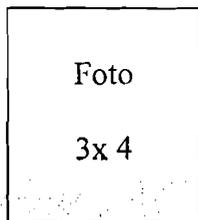
JUDUL TUGAS AKHIR : Pemanfaatan Limbah Sludge Khrom Sebagai Pewarna Glasir Pada Keramik Campuran Limbah Katalis

PERIODE : III
TAHUN : Genap 2005/2006

No	kegiatan	Bulan Ke ;					
		Mei	Juni	Juli	Agt	Sep	Nov
1	Pendaftaran	■					
2	Penentuan Dosen pembimbing	■					
3	Pembuatan Proposal		■				
4	Seminar proposal		■	■			
5	Konsultasi Penyusunan TA			■	■	■	■
6	Sidang - sidang					■	■
7	Pendadaran						■

DOSEN PEMBIMBING I : Ir. H. Kasam, MT
DOSEN PEMBIMBING II : Andik Yulianto, ST
DOSEN PEMBIMBING III ;

Yogyakarta, 25 Juni 2006
Koordinator TA



(Eko Siswoyo, ST)

Catatan

Seminar
Sidang
Pendadaran

PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK INDONESIA

NOMOR 65 TAHUN 1999

TENTANG

PERUBAHAN ATAS PERATURAN PEMERINTAH NOMOR 18 TAHUN 1999
TENTANG PENGELOLAAN LIMBAH BAHAN BERBAHAYA DAN BERACUN

PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA

- Menimbang : a. bahwa lingkungan hidup perlu dijaga kelestariannya sehingga tetap mampu menunjang pelaksanaan pembangunan yang berkelanjutan;
- b. bahwa dengan meningkatnya pembangunan di segala bidang, khususnya pembangunan di bidang industri, semakin meningkat pula jumlah limbah yang dihasilkan termasuk yang berbahaya dan beracun yang dapat membahayakan lingkungan hidup dan kesehatan manusia;
- c. bahwa untuk mengenali limbah yang dihasilkan secara dini diperlukan identifikasi berdasarkan uji toksikologi dengan penentuan nilai akut dan atau kronik untuk menentukan limbah yang dihasilkan termasuk sebagai limbah bahan berbahaya dan beracun;
- d. bahwa sehubungan dengan hal tersebut di atas, dipandang perlu mengubah dan menyempurnakan beberapa ketentuan Peraturan Pemerintah Nomor 18 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun;

- Mengingat : 1. Pasal 5 ayat (2) Undang-Undang Dasar 1945;
2. Undang-undang Nomor 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1997 Nomor 68, Tambahan Lembaran Negara Nomor 3699);
3. Peraturan Pemerintah Nomor 18 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1999 Nomor 31, Tambahan Lembaran Negara Nomor 3815);

MEMUTUSKAN:

Menetapkan : PERATURAN PEMERINTAH TENTANG PERUBAHAN ATAS PERATURAN PEMERINTAH NOMOR 18 TAHUN 1999 TENTANG PENGELOLAAN LIMBAH BAHAN BERBAHAYA DAN BERACUN.

Pasal I

Mengubah ketentuan Pasal 6, Pasal 7, dan Pasal 8 Peraturan Pemerintah Nomor 18 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, sebagai berikut:

1. Ketentuan Pasal 6 diubah, sehingga keseluruhannya berbunyi sebagai berikut:

"Pasal 6

Limbah B3 dapat diidentifikasi menurut sumber dan atau uji karakteristik dan atau uji toksikologi."

2. Ketentuan Pasal 7 diubah, sehingga keseluruhannya berbunyi sebagai berikut:

"Pasal 7

- (1) Jenis limbah B3 menurut sumbernya meliputi:
 - a. Limbah B3 dari sumber tidak spesifik;
 - b. Limbah B3 dari sumber spesifik;
 - c. Limbah B3 dari bahan kimia kadaluarsa, tumpahan, bekas kemasan, dan buangan produk yang tidak memenuhi spesifikasi.
 - (2) Perincian dari masing-masing jenis sebagaimana dimaksud pada ayat (1) seperti tercantum dalam Lampiran I Peraturan Pemerintah ini.
 - (3) Uji karakteristik limbah B3 meliputi:
 - a. mudah meledak;
 - b. mudah terbakar;
 - c. bersifat reaktif;
 - d. beracun;
 - e. menyebabkan infeksi; dan
 - f. bersifat korosif.
 - (4) Pengujian toksikologi untuk menentukan sifat akut dan atau kronik.
 - (5) Daftar limbah dengan kode limbah D220, D221, D222, dan D223 dapat dinyatakan limbah B3 setelah dilakukan uji karakteristik dan atau uji toksikologi."
3. Ketentuan Pasal 8 diubah, sehingga keseluruhannya berbunyi sebagai berikut:

"Pasal 8

- (1) Limbah yang dihasilkan dari kegiatan yang tidak termasuk dalam Lampiran I, Tabel 2 Peraturan Pemerintah ini, apabila terbukti memenuhi Pasal 7 ayat (3) dan atau ayat (4) maka limbah tersebut merupakan limbah B3.
- (2) Limbah B3 dari kegiatan yang tercantum dalam Lampiran I, Tabel 2 Peraturan Pemerintah ini dapat dikeluarkan dari daftar tersebut oleh instansi yang bertanggung jawab, apabila dapat dibuktikan secara ilmiah bahwa limbah tersebut bukan limbah B3 berdasarkan prosedur yang ditetapkan oleh instansi yang bertanggung jawab setelah berkoordinasi *28022 dengan instansi teknis, lembaga penelitian terkait dan penghasil limbah.
- (3) Pembuktian secara ilmiah sebagaimana dimaksud pada ayat (2) dilakukan berdasarkan: a. Uji karakteristik limbah B3; b. Uji toksikologi; dan atau c. Hasil studi yang menyimpulkan bahwa limbah yang dihasilkan tidak menimbulkan pencemaran dan gangguan kesehatan terhadap manusia dan makhluk hidup lainnya.
- (4) Ketentuan lebih lanjut sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dan ayat (3) akan ditetapkan oleh instansi yang bertanggung jawab setelah berkoordinasi dengan instansi teknis dan lembaga penelitian terkait.

Pasal II

Peraturan Pemerintah ini mulai berlaku pada tanggal diundangkan.

Agar setiap orang mengetahuinya, memerintahkan pengundangan Peraturan Pemerintah ini dengan penempatannya dalam Lembaran Negara Republik Indonesia.

Ditetapkan di Jakarta
pada tanggal 7 Oktober 1999

PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA,

ttd

BACHARUDDIN JOSUF HABIBIE

Diundangkan di Jakarta
pada tanggal 7 Oktober 1999

MENTERI NEGARA SEKRETARIS NEGARA REPUBLIK INDONESIA,

ttd

MULADI

NONVOLATILE TCLP EXTRACTION

1. Perform the following calculations:
 - a. Amount of sample to generate the required TCLP extract volume for the procedure.
 - b. Amount of sample to generate the required TCLP extract volume for the procedure.
2. Transfer the sample to the filtration device and separate the liquid phase from the solid phase 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.
3. Record the pH of the extract. Aliquot and preserve the extract for sample extraction and analysis. Store extract at 4 °C.

The required TCLP extract volume is calculated as follows: $(\text{Required TCLP extract volume}) = (\text{Required TCLP extract volume}) \times (1 + 15 \times \text{Percent solids})$

Proceed to Particle size reduction if necessary to reduce the particle size 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.
 - a. **Note:** A plastic extraction vessel can be used for extracting inorganic analytes. A glass extraction vessel must be used for extracting the organic compounds.
2. Refer to Extraction fluid determination for the appropriate extraction fluid.
 - a. Two methods can be used to calculate the weight of extraction fluid. $\text{Wt. of extraction fluid} =$
 - i. $[20 \times (\text{Percent solids}) \times (\text{sample wt.})]$ if Percent solids is $\geq 100\%$.
 - ii. $[20 \times (\text{sample wt.} - \text{wt. of filtrate})]$ 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 2.98 ± 0.03 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.

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

1. Record the pH of the TCLP extract and aliquot and preserve the extract for sample extraction and analysis. Store extract at 4 °C.
2. If original sample contained one or more liquid phase(s) and the extract is miscible with the filtrate,
 - a. Combine the extract with filtrate, this becomes the TCLP extract.
 - b. 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 analyte concentrations in the TCLP extract with the levels defined in the appropriate regulations.

PRELIMINARY EVALUATIONS

Percent solids

1. Percent solids is defined as the fraction of a sample from which no liquid has been removed (at applied pressures) described above.
2. If the waste is a solid or a slurry, it should be subjected to pressure filtration (i.e., 200% water) followed by particle size reduction if the sample contains one or more liquid phases.
3. 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 extraction methods may require a certain amount of material that appears to be a liquid. Evaluate, applying vacuum or pressure filtration, the material and determine if the material is the liquid phase or if the material is a solid. Do not replace the filter during the percent solids determination.
5. Sample containers should be more than 2/3 full.
6. Weigh all the sample containers with the filter and filter.
7. Assemble the filtration device with the filter.
8. Weigh all the components of the sample (100% of the sample) and record the weight.
9. Gradually transfer the sample to the filtration device until the liquid has passed through the filter. Place the filtration device on a balance and determine the weight of the liquid that has passed through the filter.
10. Subtract the weight of the liquid that has passed through the filter from the total weight of the sample and record the weight of the solid phase.
11. Calculate the percent solids as follows: $\text{Percent Solids} = \frac{\text{Weight of Solid Phase}}{\text{Total Weight of Sample}} \times 100$.

Instructions for Filtering samples

1. Apply between 200 and 250 psi of pressure to the sample through the pressure filter (pressure from the pump will be applied to the sample through the pressure filter). Do not apply pressure to the filter directly.
2. If there is a large amount of liquid that has passed through the filter, the liquid should be removed from the filter and the sample should be reweighed and filtered again.
3. If the sample is a solid or a slurry, it should be subjected to pressure filtration (i.e., 200% water) followed by particle size reduction if the sample contains one or more liquid phases.
4. *Note:* Some extraction methods may require a certain amount of material that appears to be a liquid. Evaluate, applying vacuum or pressure filtration, the material and determine if the material is the liquid phase or if the material is a solid. Do not replace the filter during the percent solids determination.

Percent Dry Solids

- 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 $100^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ until two successive weighings of the filter are within $\pm 1\%$. Record the final weight.
$$100 - \left[\frac{\text{2nd wt. of dried filter}}{\text{1st wt. of dried filter}} \times 100 \right] \leq 1\%$$
 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: $\left[\frac{\text{((wt. of dry waste} \pm \text{filter)} - \text{(tare wt. of filter)})}{\text{(sample wt.)}} \right] \times 100$.
 5. If Percent dry solids is $\geq 0.5\%$, separate the liquid phase from the solid phase on a fresh aliquot of the sample and perform particle size reduction if necessary and determine the appropriate extraction fluid.

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

- If the Percent solids or Percent Dry solids is $\geq 0.5\%$, then determine if the solid phase requires particle size reduction.
1. Particle size reduction is required if the solid phase is incapable of passing through a 9.5 mm sieve or if the surface area per gram is less than $3.1 \text{ cm}^2/\text{g}$.
 2. *Note:* Surface area per gram criteria are meant for filamentous (paper, cloth, and similar) waste materials. Measure the surface area of a portion of the sample with a ruler. Weigh the measured portion of the sample. Divide the area by the weight to calculate surface area per gram and to determine if the reduction of the particle size for the sample is required.
 3. If particle size reduction is required, prepare the solid phase of the sample for extraction by grinding, crushing or cutting the solids to meet the particle size requirements.
 4. *Note:* If solids require the Volatile TCLP extraction, minimize the exposure of the solid phase to the atmosphere and do not generate heat during the particle size reduction step.

Extraction fluid determination

- 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°C and hold at 50°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