

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)

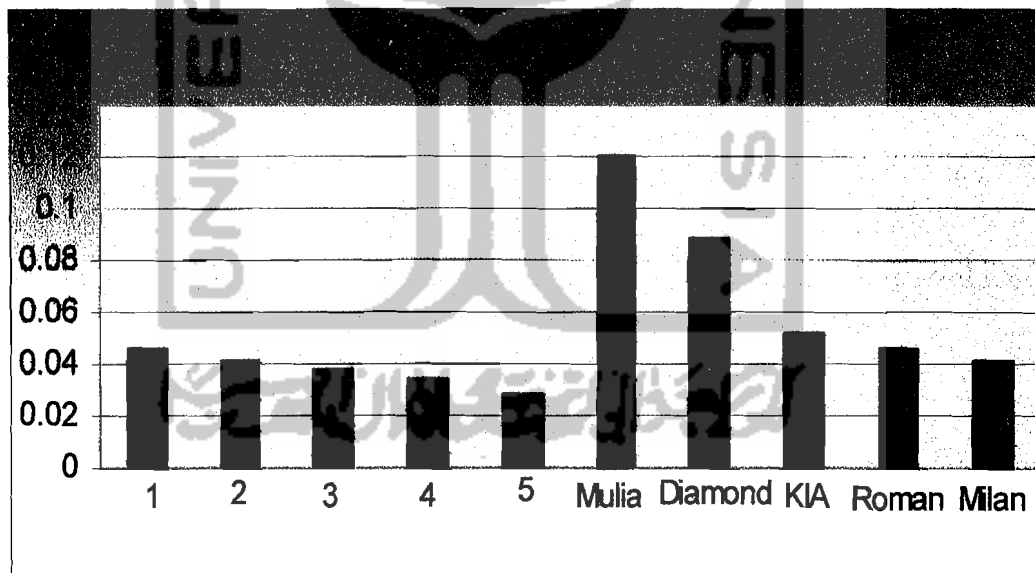
4.1.2. Uji Keausan

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					
2	F2	0.0411					
3	F3	0.0374	0.1204	0.0877	0.0515	0.0462	0.0417
4	F4	0.0344					
5	F5	0.0278					

(Sumber : Hasil Penelitian, 2006)



Gambar 4.1 Grafik Keausan

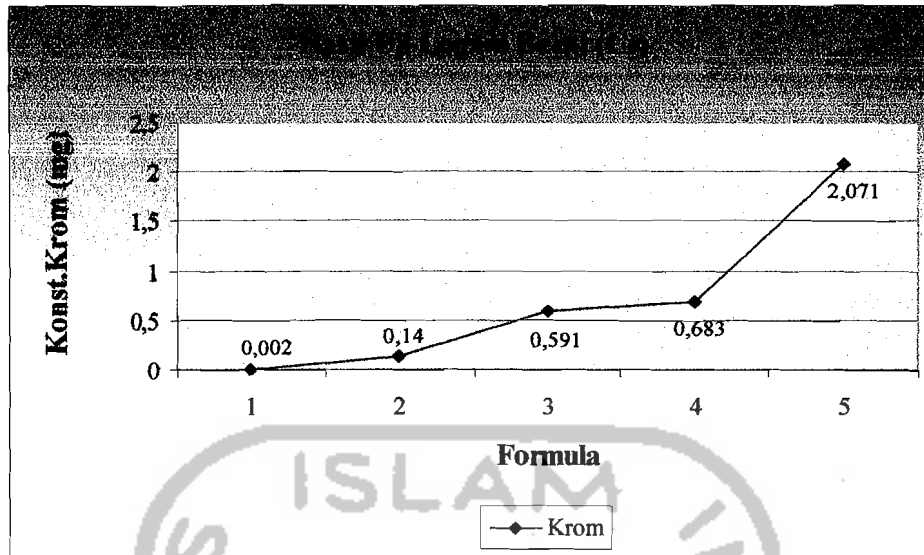
4.1.3 Uji *Leachete* Dengan Metode TCLP

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

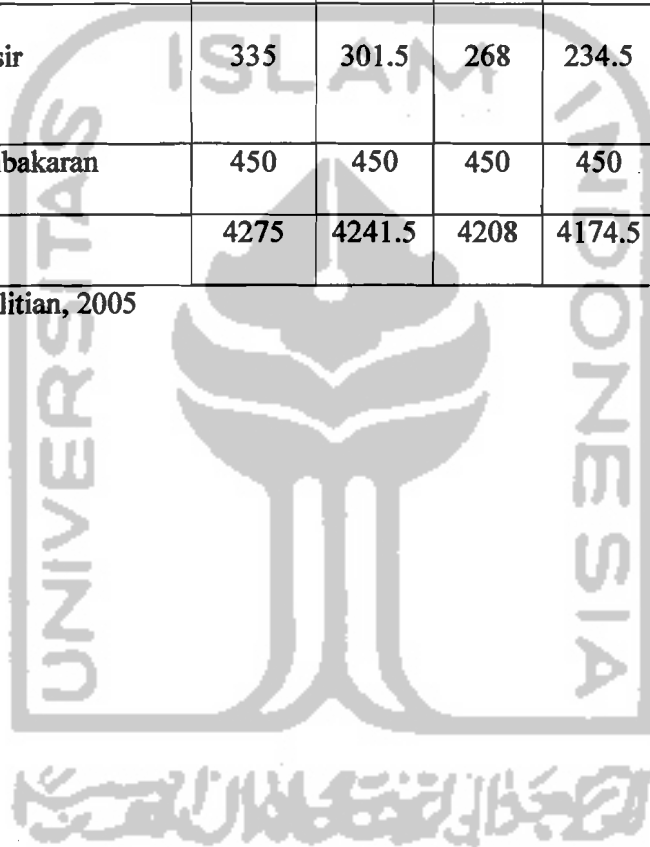
4.1.6 Biaya Pembuatan Keramik dan glasir Tiap Biji Untuk Setiap Formula

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	Glafir	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

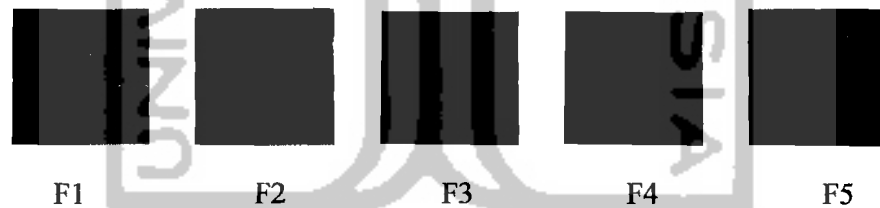
Dalam pembuatan keramik, digunakan campuran bahan-bahan dasar pembuat keramik seperti *fire clay*, *samot/grog*, tanah liat, kaolin dan *feldspar*. Bahan-bahan dasar ini dicampurkan dengan katalis dan bahan tambahan air dan di mixer sampai merata agar campuran ini benar-benar tercampur dan menjadi plastis 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 cm² dan nilai kuat keausan terendah terjadi pada glasir A yaitu sebesar 0.0461 gr/2 cm² 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 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 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 *lachete* 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

