

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 produk 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 *cryptobalite*. Sampai tahap ini telah mulai terjadi *vitrifikasi* 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.

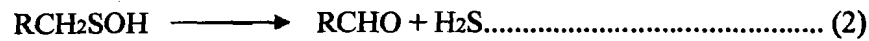
3) Pengapuran

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.

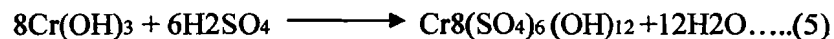


Proses selanjutnya adalah pengikisan protein dengan menggunakan ammonium sulfat untuk menghilangkan sisa-sisa akar bulu, pigmen, lemak dan kapur. Untuk menghentikan pengikisan protein, menghilangkan flek-flek kulit, menyesuaikan pH kulit dan pH penyamakan dilakukan proses pengemasan kulit dengan menggunakan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

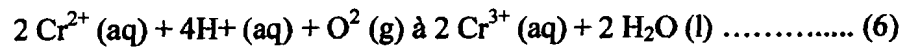
2.7. Kromium (Cr)

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 amporter dan merupakan ion yang paling stabil di antara kation logam transisi yang lainnya serta dalam larutan, ion ini terdapat sebagai $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ yang berwarna hijau. Senyawa yang terbentuk dari ion logam Cr^{6+} akan bersifat asam. Cr^{3+} dapat mengendap dalam bentuk hidroksida. 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+} . (Palaz, 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 perlintian 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/cm^2 hingga penambahan katalis 20% mempunyai kuat lentur sebesar 109.13 kg/cm^2 . 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 pembeding yang ada di pasaran yaitu keramik Mulia, KIA dan Diamond sebesar $29,25 \text{ kg/cm}^2$, $31,69 \text{ kg/cm}^2$, $21,94 \text{ kg/cm}^2$. 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 sebeum 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, pyrophillit
5. Bahan mentah glasier

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 : $\text{Na}_2/\text{K}_2\text{O}$, 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 diglasirkan 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	75
		Kaolin	5
		Kuarsa	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 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

