

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Katalis

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

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

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

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

Zeolit kristalin merupakan sebagai bahan dasar bangunan (semen) seperti : Alumina, Silika dan Kalsium.

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

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

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

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

P ₂ O ₅	%	N/A	0,23	0,14	0,23
SO ₃	%	N/A	0,20	0,04	0,04
H ₂ O	%	N/A	6,61	3,08	0,56
LOI	%	N/A	20,25	4,70	4,29

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

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

N/A Dulu tidak Tersedia

2.2 Penelitian Tentang Limbah Katalis

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

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

ditetapkan, sehingga lebih aman untuk lingkungan. Berdasarkan hal tersebut katalis bekas tidak dapat digolongkan dalam limbah B3. Karena tidak memenuhi uji karakteristik penggolongan secara kimia.

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

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

2.3 Pengolahan Limbah Padat

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

1. Pengkonsentrasian

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

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

2. Pengurangan kadar air

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

3. Stabilisasi

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

4. Pembakaran

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

sempurna dan tidak dihasilkan hasil samping yang akan membahayakan lingkungan.

2.4 Identifikasi Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun

2.4.1 Definisi Limbah B3

Limbah adalah bahan yang tidak diinginkan atau sisa dari suatu proses produksi, atau yang dibuang dari pemukiman penduduk atau komunitas hewan. Limbah bahan berbahaya dan beracun, disingkat B3 adalah setiap limbah yang mengandung bahan berbahaya dan/atau beracun karena sifat dan/atau konsentrasinya dan/atau jumlahnya, baik secara langsung atau tidak langsung dapat merusak dan/atau mencemarkan lingkungan hidup dan/atau dapat membahayakan kesehatan manusia.

2.4.2 Identifikasi Limbah Berdasarkan Karakteristik

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

2.4.2.1 Mudah Meledak

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

2.4.2.2 Mudah Terbakar

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

2.4.2.3 Limbah Reaktif

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

2.4.2.4 Limbah Beracun

Limbah beracun adalah limbah yang mengandung racun yang berbahaya bagi manusia dan lingkungan. Limbah B3 dapat menyebabkan kematian dan sakit serius. Apabila masuk kedalam tubuh melalui pernafasan, kulit, atau mulut. Prosedure ekstraksi untuk menentukan senyawa organik dan anorganik (TCLP) dapat digunakan untuk identifikasi limbah ini. Limbah ynag menunjukkan karakteristik beracun yaitu jika diekstraksi dari sampel yang mewakili mengandung kontaminan lebih besar .

2.4.2.5 Limbah Infeksi

Limbah yang menyebabkan infeksi, yaitu bagian tubuh yang diamputasi dan cairan dari tubuh manusia yang terkena infeksi, limbah dari laboratorium atau limbah lain yang terkena infeksi kuman penyakit yang menular.

2.4.2.6 Limbah Korosif

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

2.4.3 Klasifikasi Limbah B3

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

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

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

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

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

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

Polutan Terbesar. Pada tahun 1979, menurut Hukum Federal Pengontrol Polusi Air sebagai pengganti Hukum Air Bersih (1977), EPA US, dibutuhkan untuk mempersiapkan daftar polutan toksin yang terbukti berbahaya pada

kesehatan manusia. Empat kriteria yang digunakan untuk mengklasifikasikan polutan-polutan tersebut :

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

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

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

Untuk mengklasifikasikan limbah yang tergolong B3 yaitu harus mengidentifikasi karakteristik limbah yang dihasilkan, namun demikian karakteristik dan prosedur analitik merupakan hal yang penting dalam identifikasi limbah B3 pada suatu jenis industri atau kegiatan lain yang menghasilkan limbah B3.

Unsur-unsur yang tergolong dalam limbah B3 didominasi oleh unsur-unsur logam berat seperti tembaga (Copper-Cu), timbal (Plumbum), merkuri (Hg), kadmium (Cd), kromium (Cr) dan lain-lain. Perbedaan logam berat dengan biasa dapat ditentukan berdasarkan karakteristiknya yaitu memiliki *specific gravity* yang sangat besar (lebih dari 4) mempunyai nomor atom 22-23 dan 40-50 serta unsur-unsur lantanida dan aktinida memiliki respon biokimia khas (spesifik) pada organisme hidup, logam-logam yang dengan mudah mengalami reaksi kimia bila bertemu dengan unsur oksigen atau disebut juga dengan *Oxygen Seeking metal*, logam-logam yang mudah mengalami reaksi kimia bila bertemu dengan unsur-unsur nitrogen atau unsur belerang (sulfur) atau disebut juga *nitrogen sulfur seeking metal* dan dari logam antara atau logam transisi yang memiliki sifat khusus sebagai logam pengganti (ion pengganti) untuk ion-ion logam dari kelas A dan logam dari kelas B.

2.5 Logam Berat

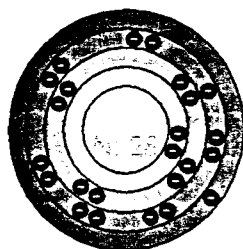
Logam berat adalah komponen alamiah lingkungan yang mendapatkan perhatian berlebih akibat ditambahkan ke dalam tanah dalam jumlah yang semakin meningkat dan bahaya yang mungkin ditimbulkan. Logam berat menunjuk pada logam yang mempunyai berat jenis lebih tinggi dari 5 atau 6 g/cm³. Namun pada kenyataannya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

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

2.5.1 Kromium (Cr)

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

Atomic Structure



Gambar 2.1 Struktur Atom Cr

Tabel 2.2. Beberapa Sifat Fisik Logam Kromium

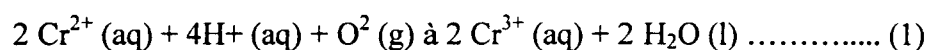
Nama	Kromium
Simbol	Cr
Nomor atom	24
Massa atom relative	51,996 g.mol ⁻¹
Titik leleh	1857.0 °C (2130.15 °K, 3374.6 °F)
Titik didih	2672.0 °C (2945.15 °K, 4841.6 °F)
Nomor Proton/Elektron	24
Nomor Neutron	28
Klasifikasi	Logam Transisi
Struktur Kristal	Kubik
Densitas @ 293 K	7.19 g/cm ³
Warna	Abu-abu

(Sumber : Anonim, 2005).

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

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

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



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

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

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

2.5.1.1 Efek Krom Bagi Kesehatan

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

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

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

2.5.1.2 Efek Krom Pada Lingkungan

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

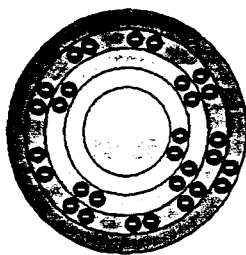
Aktivitas utama manusia yang meningkatkan konsentrasi logam kromium (III) adalah pabrik kulit dan tekstil. Aktivitas utama manusia yang meningkatkan konsentari logam kromium (VI) adalah yang memproduksi bahan kimia, tekstil, kulit, elektro dan penggunaan kromium (VI) lainnya dalam industri. Sebagian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

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

2.5.2 Seng (Zn)

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

Atomic Structure



Gambar 2.2 Struktur Atom Zn

Tabel 2.3. Beberapa Sifat Fisik Logam Seng

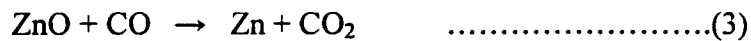
Nama	Seng (Zn)
Simbol	Zn
Nomor atom	30
Massa atom relative	65.39 g.mol ⁻¹
Titik Didih	419.58°C (692.73°K, 787.24396 °F)
Titik Leleh	907.0 °C (1180.15 °K, 1664.6 °F)
Nomor Proton/Elektron	30
Klasifikasi	Logam Transisi
Struktur Kristal	Hexagonal
Densitas @ 293 K	7.133 g/cm ³
Warna	Kebiru-biruan

(Sumber : Anonim, 2005).

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

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

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



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

2.5.2.1 Efek Seng bagi Kesehatan

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

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

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

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

2.5.2.2 Efek Seng Pada Lingkungan

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

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

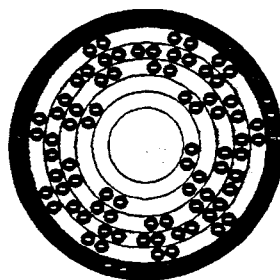
Beberapa ikan dapat mengumpulkan seng di dalam badan mereka, ketika mereka tinggal di terusan *zinc-contaminated*. Ketika seng masuk ke badan dari ikan tersebut bisa memperbesar bio rantai makanan.

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

2.5.3 Timbal (Pb)

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

Atomic Structure



Gambar 2.3 Struktur Atom Pb

Tabel 2.4. Beberapa Sifat Fisik Timbal

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

(Sumber : (Anonim, 2005).

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

2.5.3.1 Efek Timbal bagi Kesehatan

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

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

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

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

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

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

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

2.5.3.2 Efek Timbal Pada Lingkungan

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

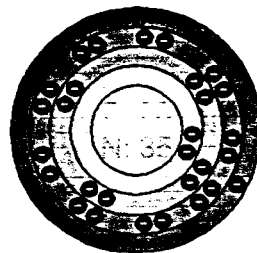
Timbal dapat terjadi dalam tanah dan air melalui korosi pipa saluran pada sistem transport air dan melalui karatan cat. Ini tidak bisa dihancurkan, hanya dapat dikonversi ke bentuk lain. Timbal terkumpul di dalam tubuh organisme air dan tanah. Organisme tersebut akan mempengaruhi kesehatan akibat dari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

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

2.5.4 Tembaga (Cu)

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

Atomic structure



Gambar 2.4 Struktur Atom Cu

Tabel 2.5 Beberapa sifat fisik Tembaga

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

(Sumber : Anonim, 2005).

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

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

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

2.5.4.1 Efek Tembaga Bagi Kesehatan

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

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

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

2.5.4.2 Efek Tembaga Pada Lingkungan

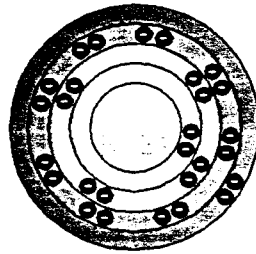
Tembaga yang masuk ke dalam tatanan lingkungan perairan dapat berasal dari peristiwa-peristiwa alamiah sebagai efek samping dari aktivitas yang dilakukan oleh manusia. Aktifitas manusia seperti pembuangan limbah industri, pertambangan Cu, industri galangan kapal dan bermacam aktivitas pelabuhan lainnya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

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

2.5.5 Nikel (Ni)

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

Atomic structure



Gambar 2.5 Struktur Atom Ni

Tabel 2.6 Beberapa Sifat Fisik Nikel

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

(Sumber : Anonim, 2005).

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

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

2.5.5.1 Efek Nikel Bagi Kesehatan

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

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

1. Kontak langsung dengan larutan garam nikel, ini terjadi pada daerah pengolahan/peleburan biji besi atau *galvanisasi*, dapat menyebabkan *dermatitis*.

2. Menghirup persenyawaan Ni-karbonil yang merupakan gas yang beracun, menimbulkan *bronchopneumonia*, *hermorrahagika* hingga kematian.
3. Menghirup debu nikel, ini akan menimbulkan tumor ganas (kanker) pada paru-paru.

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

2.5.5.2 Efek Nikel Pada Lingkungan

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

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

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

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

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

2.6 Keramik

2.6.1 Umum

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

2.6.2 Tanah Liat

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

2.6.3 Macam-macam Tanah Liat (Bahan Plastis)

1. Kaolin

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

Sifat dan keadaan bahan :

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

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

Bahan ini dipakai dalam :

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

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

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

2. *Fire clay* (Tahan Api)

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

Sifat dan keadaan bahan :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

2. *Samot*/Grog

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

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

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

2.6.5 Pembentukan

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

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

2.6.6 Pengeringan

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

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

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

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

Beberapa cara pengeringan yang baik antara lain adalah :

1. Diangin-anginkan

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

2. Dipanaskan

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

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

2.6.7 Pembakaran

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

2.6.8 Jenis Bahan Keramik Menurut Kepadatan

1. Gerabah (*Earthenware*)

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

2. Keramik Batu (*Stoneware*)

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

3. Porselin (*Porcelain*)

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

4. Keramik Baru (*New Ceramic*)

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

2.7. Solidifikasi/Stabilisasi

2.7.1. Solidifikasi/Stabilisasi

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

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

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

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

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



Produk stabilisasi diharapkan memiliki karakteristik sebagai berikut :

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

Bahan aditif yang ditambahkan untuk stabilisasi/solidifikasi harus bersifat:

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

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

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

Prosedur stabilisasi/solidifikasi adalah sebagai berikut :

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

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

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

Proses stabilisasi biasa digunakan untuk :

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

Jenis-jenis proses stabilisasi yang banyak digunakan antara lain :

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

2.7.2. *Extraction Procedure Toxicity Test*

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

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

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

Tabel 2.6. Metode Tes Lindi

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

2.7.3. *Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP)*

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

2.8. Kuat Lentur

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

Rumus :

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

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

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

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

Dimana :

σ = Kuat Lentur

M = Momen

I = Inersia

Y = Tinggi momen

P = Beban Patah (Hasil Uji)

L = Panjang Benda Uji

h = Tinggi Benda Uji

2.9 Daya Serap Air

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

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