

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Industri Tekstil**

Di Indonesia industri tekstil merupakan salah satu penyumbang yang cukup besar terhadap pencemaran air sungai karena fluktuasi limbah cairnya yang sering berwarna-warni. Keadaan ini sering dijumpai di beberapa daerah penghasil tekstil terbesar seperti daerah, Pekalongan Solo, Bandung dan lain-lainnya khususnya pada musim kemarau. Karakteristik limbah cair industri tekstil disamping mempunyai fluktuasi volume yang besar dan beranekaragam pencemar juga mempunyai nilai pencemaran organik seperti BOD, COD dan TSS yang cukup tinggi dan juga mengandung bahan yang toksis (logam berat) yang berasal dari proses pewarnaan bahan.

Zat warna yang biasanya dipakai dalam industri tekstil pada umumnya terdiri dari dua komponen yaitu chromophore yang merupakan inti dari zat warna tersebut dan auxochrome yang merupakan zat yang berfungsi sebagai pengikat antara zat dengan fiber. Jenis zat yang biasa dipakai jumlahnya mencapai ratusan dan jenis ini dibagi dalam beberapa golongan berdasarkan struktur kimianya. Adapun jenis golongan pewarna tersebut adalah sebagai berikut :

Tabel 2.1. Golongan Warna

No.	Golongan	Zat Warna
1.	Hidrokarbon aromatic	Benzena, toluena, o-xilena, m-xilena, p-xilena, naftalena
2.	Fenol dan turunannya	Fenol, o-kresol, m-kresol, p-kresol, difenilenaoksida
3.	Senyawa nitrogen	Piridin, kinoline, kinaldina

Menurut “Colour Index Number” zat warna pada industri tekstil digolongkan berdasarkan sistem kerjanya (*Mode of Action*) yaitu kelompok *Reactive dyes*, *Acid & Base dyes*, *Direct dyes*, *metal complex dyes*, *Mordant dyes*, *Sulfur dyes*, *Dipperse dyes* dan sebagainya.

Dalam proses pewarnaan tidak semua zat warna yang ditambahkan akan terserap semua dalam kain dan sebagian zat warna yang tidak terserap oleh kain tersebut akan terikut dalam air limbah. Dibawah ini kandungan air limbah rata-rata industri tekstil pewarnaan.

Tabel 2.2. Karakteristik Air Limbah Pewarnaan Tekstil

Jenis Zat warna	Jenis kain	BOD mg/l	TOC mg/l	TSS mg/l	TDS mg/l	Cd mg/l	Cr mg/l	Pb mg/l	Hg mg/l	Zn mg/l
Acid	Polyamide	240	315	14	2028	0.02	0.08	0.21	0.38	1.39
Basic	Polyester	1470	1120	4	1360	0.05	0.05	0.26	0.43	0.46
Disperse	Polyester	234	300	39	914	0.05	0.10	0.18	0.99	1.53
Reaktif	Cotton	102	230	9	6910	0.20	0.12	0.54	0.62	0.65
Sulfur	Cotton	990	400	34	2000	0.01	0.08	0.28	1.15	0.54
Vat	Cotton	294	265	41	3945	0.05	0.07	0.42	2.20	0.83
Basic	Acrylic	210	255	13	1469	0.03	0.03	0.12	0.39	1.06
Disperse/Vat	Cotton	360	350	9	691	0.05	0.04	0.27	0.50	1.54

Secara umum untuk mengolah air limbah industri tekstil ini dikenal ada 3 (tiga) macam pengolahan yaitu pengolahan secara fisika (*physical treatment*), pengolahan secara kimia (*chemical treatment*) dan pengolahan secara biologi (*biological treatment*).

Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mengendapkan zat warna yang terikut dalam air limbah industri tekstil yaitu dengan proses oksidasi, koagulasi, adsorpsi, ion exchange dan teknologi membran (Venceslau MC 1994). Namun yang umum dilakukan pada hampir semua industri tekstil di Jawa Tengah dengan cara koagulasi dengan menambah koagulan seperti aluminium sulfat, fero sulfat, PAC dan sebagainya. Dengan proses koagulasi ini diharapkan semua komponen dalam zat warna akan mengendap sehingga akan memudahkan proses pengolahan air limbah selanjutnya (*biological treatment*). Endapan yang terjadi dipisahkan dan kemudian dikeringkan dalam *drying bed*.

## 2.2. Karakteristik Limbah Padat Industri tekstil

Selain limbah cair proses pengolahan industri tekstil juga menghasilkan *sludge* (limbah padat) yang berasal dari padatan terlarut dan tersuspensi dan yang paling utama penghasil limbah padat ini adalah proses pengolahan flokulasi dan koagulasi yang digunakan dalam proses pengolahan air limbah. Limbah padat dari pengolahan koagulasi dan flokulasi ini mengandung unsur pencemar kimia yang pada umumnya limbah berwarna gelap dan kadang-kadang berwarna merah kecoklatan bila mengandung besi. *Sludge* ini biasanya berupa material semi padat dengan kandungan zat padatnya antara 25-45%,

tergantung pada operasi dan proses yang digunakan. Akan tetapi jika *sludge* telah dikeringkan densitas *sludge* akan meningkat.

Beberapa zat yang terkandung dalam *sludge* hasil proses pengendapan kimia antara lain :

1. Pigmen dan zat warna
2. Pelarut organik
3. Hidrogen terhalogenasi (dari proses dressing dan finishing)
4. Logam-logam berat (As, Cd, Cr, Pb, Cu, Zn, Al dan Fe)
5. Zat-zat tensioaktif (Surfactant)

Zat-zat diatas merupakan bahan yang berbahaya bagi lingkungan karena kandungan logam-logam berat yang tergolong limbah B3.

### **2.3. Pengolahan Limbah Padat**

Proses pengolahan limbah padat industri dikelompokkan berdasarkan fungsinya yaitu pengkonsentrasian, pengurangan kadar air, stabilisasi dan pembakaran dengan *incinerator*. 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 grafitasi 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

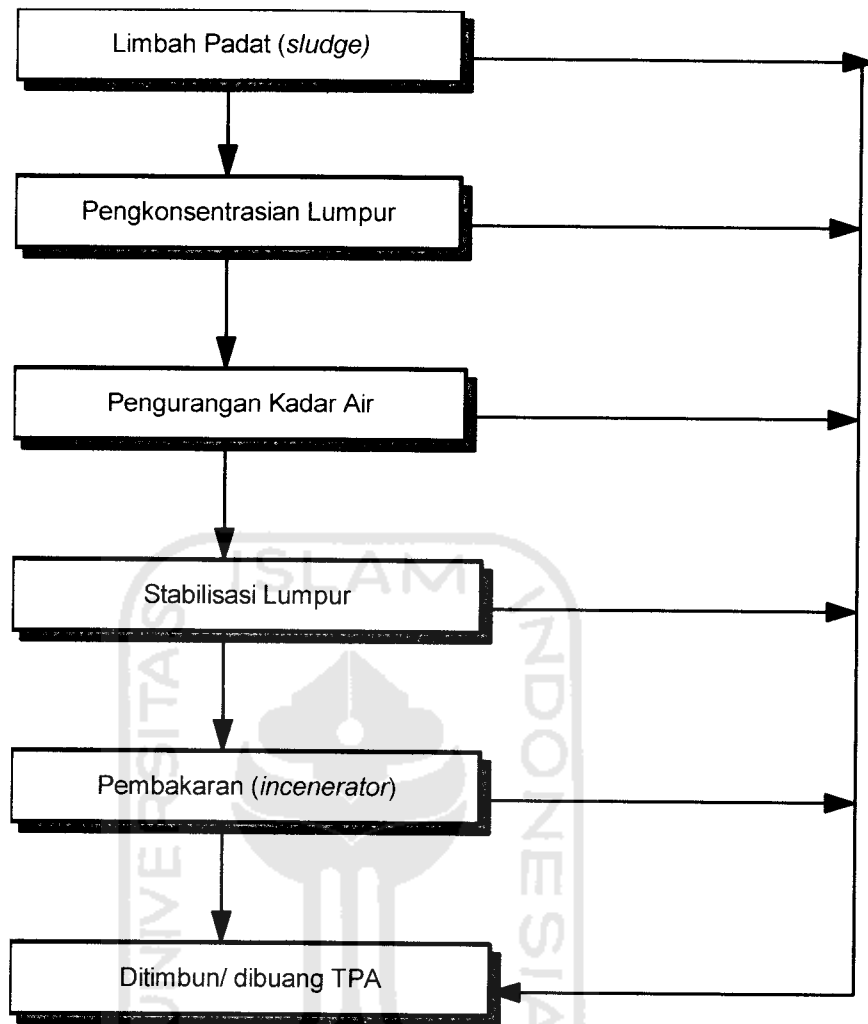
Proses ini bertujuan untuk mengurangi kadar air sehingga sludge dapat lebih kering lagi sehingga memudahkan dalam transportasi. Filtrasi vakum, filter press dan sentrifugasi banyak digunakan dalam proses ini.

## 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 perliindian (*leached*). Proses stabilitasi 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. (JA. Slim and Wakefield, 1991).

## 4. Pembakaran

adalah pembakaran sludge dengan suhu tinggi ( $> 900^{\circ}\text{C}$ ). Dalam proses pembakaran limbah padat ini harus digunakan peralatan yang khusus seperti insenerator karena dengan pembakaran pada suhu tersebut dapat sempurna dan tidak dihasilkan hasil samping yang akan membahayakan lingkungan.



Gambar 2.1. Skema Pengolahan Limbah Padat

#### 2.4. Fly Ash

Pembakaran *sludge* dengan *incenerator* akan menghasilkan limbah abu padat. Abu tersebut dapat diklasifikasi menjadi dua jenis, yaitu abu dasar (*bottom ash*) dan abu terbang (*fly ash*).

#### 1. Abu dasar

Abu dasar merupakan fraksi yang lebih kasar dan memiliki warna abu-abu gelap. Setelah melalui proses pembakaran abu dasar akan jatuh dan terkumpul di dasar tungku pembakaran (*furnance*). Berdasarkan sifatnya, abu dasar ini dapat digunakan sebagai campuran agregat kasar atau sebagai *filler*.

#### 2. Abu terbang

Abu terbang merupakan fraksi yang halus dan memiliki warna lebih terang serta memiliki butiran yang lebih bundar dibandingkan dengan abu dasar. Setelah proses pembakaran, abu terbang akan turut terbawa oleh gas buang, selanjutnya abu terbang akan dipisahkan dari gas buang oleh presipator elektro-statik, silikon atau kantung-kantung filter.

##### 2.4.1. Komposisi Kimia dan Mineral *Fly Ash*

Komposisi kimia abu layang secara keseluruhan erat kaitannya dengan komponen mineral yang ada pada batu bara dari proses pembakaran yang berlangsung sampai pengabuan. Komposisi kimia abu layang hampir sama dengan abu dasar dengan komponen utama  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  serta banyak mengandung fase *amorf*.

Secara mineralogi abu terbang tersusun oleh fase gelas amorf, fasa kristalin, komponen sekunder dan unsur-unsur jejak/trace elements, dimana senyawa utama dalam gelas adalah silika ( $\text{SiO}_2$ ) dan alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) (Akbar, 1996). Gelas silikat atau gelas kuarsa merupakan silikat *amorf* (tidak berbalur-balur/tidak berhablur). Sifat *amorf* adalah suatu sifat yang apabila salah satu

bentuk belum dipanaskan diatas titik leburnya ia akan menjadi cairan yang sangat kental. Karena kekentalannya itu maka untuk mengeluarkan gelembung-gelembung udara perlu dipanaskan sampai  $500^{\circ}\text{C}$  diatas titik leburnya. Apabila cairan itu didinginkan karena kental tidak dapat dibentuk lagi menjadi balur-balur, tetapi seolah-olah menjadi cairan yang beku. (Sugiono dan Sukirman, 1979).

Sedangkan secara kimia abu terbang terdiri dari *Calcium* CaO (22.98%), *Silicon* SiO (21.92%), *Iron* Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (16.47%), *Aluminium* Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (16%), Sul-phur SO<sub>3</sub> (11.85%), Magnesium MgO (7.9%), Sodium Na<sub>2</sub>O (1.37%), *Titanium* TiO<sub>2</sub> (0.6%), *Manganese* Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (0.18%), dan *Phosphorus* P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (0.11%). Berdasarkan sifat-sifat tersebut, maka abu terbang memiliki potensi yang besar untuk digunakan dalam berbagai bentuk bahan konstruksi dan bahan bangunan.

Dari hasil penelitian, abu terbang (*fly ash*) dapat dimanfaatkan sebagai matriks padat berupa beton, keramik, gypsum dan lain-lain.

## 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  $6 \text{ g/cm}^3$ . 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.

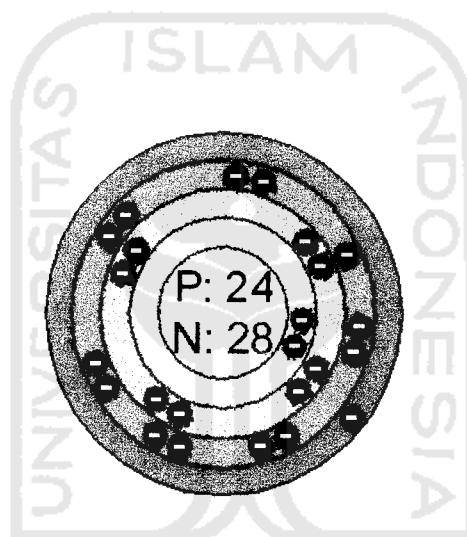


Beberapa logam berat yang beracun tersebut adalah As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni, dan Zn. (Wild, 1995).

### 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*



Tabel 2.3. Beberapa Sifat Fisik Logam Kromium

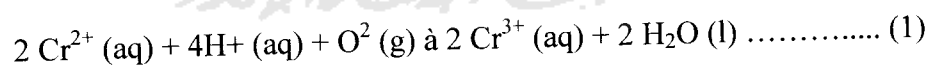
Nama	Kromium
Simbol	Cr
Nomor atom	24
Massa atom relative	51,996 g.mol <sup>-1</sup>
Konfigurasi elektron	3d <sup>5</sup> 4s <sup>1</sup>
Jari-jari atom	0,117 nm
Jari-jari Ion	0,069 nm (+3) ; 0,044 nm (+6)
Keelektronegatifan	1,6
Energi Ionisasi	659 kJ mol <sup>-1</sup>
Kerapatan	7,19 g cm <sup>-3</sup>
Titik leleh	1857°C
Titik didih	2672°C
Bilangan oksidasi	2, 3, 6
Potensial standar	- 0.71 V (Cr <sup>3+</sup> / Cr)

(Sumber : www.Lenntech.com, 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.  $\text{Cr}^{6+}$  sulit mengendap, sehingga dalam penanganannya diperlukan zat pereduksi dari  $\text{Cr}^{6+}$  menjadi  $\text{Cr}^{3+}$ . (Palar,1994).

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

#### 2.5.1.1.Efek Cr 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* ([www.chemicalelements.com](http://www.chemicalelements.com), 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 Cr dalam 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.

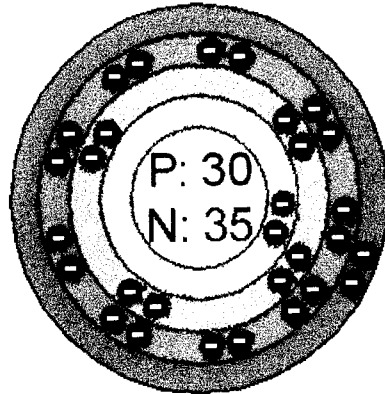
Aktivitas utama manusia yang meningkatkan konsentrasi logam kromium (III) adalah pabrik kulit dan tekstil. Aktivitas utama manusia yang meningkatkan konsentrasi logam kromium (VI) adalah yang memproduksi bahan kimia, tekstil, kulit, elektro dan penggunaan kromium (VI) lainnya dalam industri. Sebagian besar penggunaan ini akan meningkatkan konsentrasi logam kromium dalam air. Melalui pembakaran 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 ([www.chemicalelements.com](http://www.chemicalelements.com), 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



Tabel 2.4. Beberapa Sifat Fisik Logam Seng

Nama	Seng
Simbol	Zn
Nomor atom	30
Massa atom relative	65.37 g.mol <sup>-1</sup>
Konfigurasi elektron	3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> (Ar)
Jari-jari atom	0,117 nm
Jari-jari Ion	0,074 nm (+2)
Keelektronegatifan	1,6
Energi Ionisasi 1	904,5 kJ mol <sup>-1</sup>
Energi Ionisasi 2	1723 kJ mol <sup>-1</sup>
Kerapatan	7.11 g.cm <sup>-3</sup> at 20°C
Titik leleh	420 °C
Titik didih	907 °C
Potensial standar	-0,763 V

(Sumber : [www.Lenntech.com](http://www.Lenntech.com), 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*, ZnSO<sub>4</sub>. Solusi dari elektrolisi ZnSO<sub>4</sub> 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 ([www.chemicalelements.com](http://www.chemicalelements.com), 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.

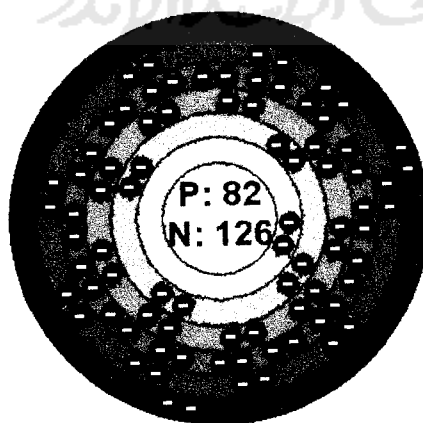
Beberapa ikan dapat mengumpulkan seng di dalam badan mereka, ketika mereka tinggal di terusan *zinc-contaminated*. Ketika seng masuk ke badan dari ikan tersebut bisa memperbesar bio rantai makanan.

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 ([www.chemicalelements.com](http://www.chemicalelements.com), 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*





Tabel 2.5. Beberapa Sifat Fisik Timbal

Nama	Timbal
Simbol	Pb
Nomor atom	82
Massa atom relative	207.2 g.mol <sup>-1</sup>
Konfigurasi elektron	[ Xe ] 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> 6p <sup>2</sup>
Jari-jari atom	0.154 nm
Jari-jari Ion	0.132 nm (+2) ; 0.084 nm (+4)
Keelektronegatifan	1,8
Energi Ionisasi 1	715.4 kJ.mol <sup>-1</sup>
Energi Ionisasi 2	1450.0 kJ.mol <sup>-1</sup>
Energi Ionisasi 3	3080.7 kJ.mol <sup>-1</sup>
Energi Ionisasi 4	4082.3 kJ.mol <sup>-1</sup>
Energi Ionisasi 5	6608 kJ.mol <sup>-1</sup>
Kerapatan	11.34 g.cm <sup>-3</sup> at 20°C
Titik leleh	327 °C
Titik didih	1755 °C

(Sumber : www.Lenntech.com, 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 (CH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>Pb dan (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>4</sub>Pb 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 ([www.chemicalelements.com](http://www.chemicalelements.com), 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 sangat tinggi. Organisme di dalam tanah juga dapat terganggu karena timbal beracun tersebut ([www.chemicalelements.com](http://www.chemicalelements.com), 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 ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) dengan oksida silika ( $\text{SiO}_2$ ) dan air ( $\text{H}_2\text{O}$ ). 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 ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), 47% oksida silinium ( $\text{SiO}_2$ ) dan 14% air ( $\text{H}_2\text{O}$ ). (Gatot Wahyu, 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  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}_3$  dan lain-lain.

Mineral yang termasuk dalam kelompok kaolin adalah *kaolinit*, *nakritm diskrit* dan *halosit* dengan kaolinit sebagai mineral utama. (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  $\text{MZ}_4\text{O}_8$ , dimana M adalah kation-kation  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ , atau  $\text{Ca}^+$ , sedangkan komponen Z adalah kation-kation  $\text{Al}^{3+}$ , dan  $\text{Si}^{4+}$  tetapi sebagian digantikan dengan  $\text{Fe}^{3+}$ . Rumus kimia *feldspar* adalah  $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$  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 ke 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 pembentukan dapat dibagi dalam 2 golongan, yaitu teknik pembentukan dengan tangan dan teknik pembentukan dengan mesin. Teknik pembentukan dengan mempergunakan mesin dilakukan dengan digerakkan oleh tangan yaitu pembentukan dengan teknik putar. Disamping kedua macam teknik ini, masih ada alternatif lain yaitu teknik pembentukan dengan cetakan.

Teknik pembentukan 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 massal.

#### **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 Badan 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 ( $1200^{\circ}\text{C}$ - $1300^{\circ}\text{C}$ ). 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  $1350^{\circ}\text{C}$  atau  $1400^{\circ}\text{C}$ , bahkan ada yang lebih tinggi lagi hingga mencapai  $1500^{\circ}\text{C}$ . 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 pengelasan 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 kejutan seperti isolator, bahan pelapis dan komponen teknis lainnya ([www.lpteknet.com](http://www.lpteknet.com), 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/m<sup>2</sup> 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*.

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 penngatur, 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*.

## 2.8. Kuat Lentur

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

$$\rho = \frac{3 PL}{2.b(h)^2} \dots\dots(6)$$

Keterangan :

P = Beban patah

L = Jarak tumpuan

b = Lebar benda coba

h = Tebal benda coba