

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

(Sumber: Anonim, 2005)

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	BO D 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

(Sumber: Jumiati, 2005)

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.

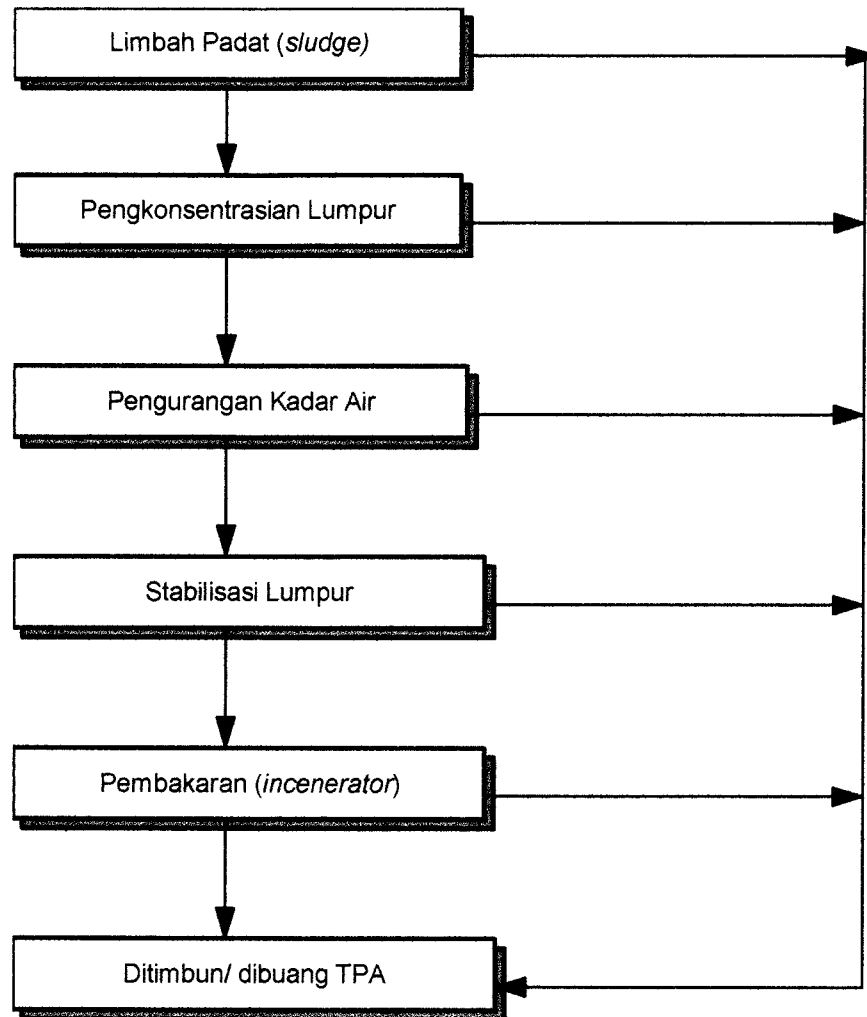
3. Stabilisasi

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 SiO_2 dan Al_2O_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 (SiO_2) dan alumina (Al_2O_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°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_2O_3 (16.47%), *Aluminium* Al_2O_3 (16%), Sul-phur SO_3 (11.85%), Magnesium MgO (7.9%), Sodium Na_2O (1.37%), *Titanium* TiO_2 (0.6%), *Manganese* Mn_3O_4 (0.18%), dan *Phosphorus* P_2O_5 (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

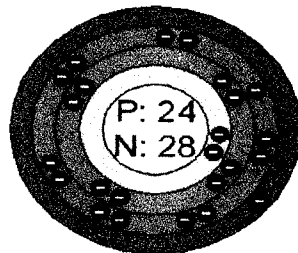
Logam berat adalah komponen alamiah lingkungan yang mendapatkan perhatian berlebih akibat ditambahkan ke dalam tanah dalam jumlah yang semakin

meningkat dan bahaya yang mungkin ditimbulkan. Logam berat menunjuk pada logam yang mempunyai berat jenis lebih tinggi dari 5 atau 6 g/cm^3 . Namun pada kenyataannya dalam pengertian logam berat ini, dimasukkan pula unsur-unsur metaloid yang mempunyai sifat berbahaya seperti logam berat sehingga jumlah seluruhnya mencapai lebih kurang 40 jenis. Beberapa logam berat yang beracun tersebut adalah As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni, dan Zn. (Jumiati, Wild, 1995).

2.5.1. 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 2.2. Struktur Atom Cr

Tabel 2.3. Beberapa Sifat Fisik Kromium

Nama	Kromium
Simbol	Cr
Nomor atom	24
Massa atom relative	51,996 g.mol ⁻¹
Konfigurasi elektron	3d ⁵ 4s ¹
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 ⁻¹
Kerapatan	7,19 g cm ⁻³
Titik leleh	1857°C
Titik didih	2672°C
Bilangan oksidasi	2, 3, 6
Potensial standar	- 0.71 V (Cr ³⁺ / Cr)

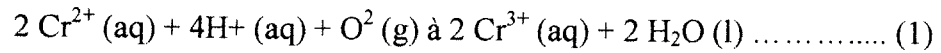
(Sumber : www.Lenntech.com, 2005).

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 3d⁵4s¹, sangat keras, mempunyai titik leleh dan titik didih tinggi diatas titik leleh dan titik didih unsur-unsur transisi deret pertama lainnya. Bilangan oksidasi yang terpenting adalah +2, +3 dan +6. jika dalam keadaan murni melarut dengan lambat sekali dalam asam encer membentuk garam kromium (II). (Achmad, Hiskia, 1992).

Senyawa-senyawa yang dapat dibentuk oleh kromium mempunyai sifat yang berbeda-beda sesuai dengan valensi yang dimilikinya. Senyawa yang terbentuk

dari logam Cr^{2+} akan bersifat basa, dalam larutan air kromium (II) adalah reduktor kuat dan mudah dioksidasi diudara menjadi senyawa kromium (III) dengan reaksi :



Senyawa yang terbentuk dari ion kromium (III) atau Cr^{3+} bersifat amporter dan merupakan ion yang paling stabil di antara kation logam transisi yang lainnya serta dalam larutan, ion ini terdapat sebagai $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ yang berwarna hijau. Senyawa yang terbentuk dari ion logam Cr^{6+} akan bersifat asam. Cr^{3+} dapat mengendap dalam bentuk hidroksida. Krom hidroksida ini tidak terlarut dalam air pada kondisi pH optimal 8,5–9,5 akan tetapi akan melarut lebih tinggi pada kondisi pH rendah atau asam. Cr^{6+} sulit mengendap, sehingga dalam penanganannya diperlukan zat pereduksi dari Cr^{6+} menjadi Cr^{3+} . (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 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* (Anonim 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 bagi 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

at Fisik
Seng
Zn
30
65,37
3d¹⁰
0,117
0,074
1,6
904,5
1723
7.11
420 °
907 °
-0,76
h.com

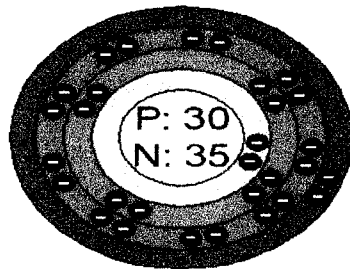
pembakaan batu bara juga terdapat kromium diudara dan melalui *waste disposal* kromium juga ada di tanah.

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 2.3 Struktur Atom Zn

suatu l
guna
eng ya
pada su
udara p
(Zn) te
dalam l
ang did
gan karl
ology u
nurni.
→ Zn +

Tabel 2.4. Beberapa Sifat Fisik Seng

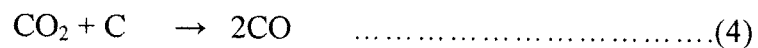
Nama	Seng
Simbol	Zn
Nomor atom	30
Massa atom relative	65.37 g.mol ⁻¹
Konfigurasi elektron	3d ¹⁰ 4s ² (Ar)
Jari-jari atom	0,117 nm
Jari-jari Ion	0,074 nm (+2)
Keelektronegatifan	1,6
Energi Ionisasi 1	904,5 kJ mol ⁻¹
Energi Ionisasi 2	1723 kJ mol ⁻¹
Kerapatan	7.11 g.cm ⁻³ at 20°C
Titik leleh	420 °C
Titik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

(Sumber : 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 konduktur 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 Bagi 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.

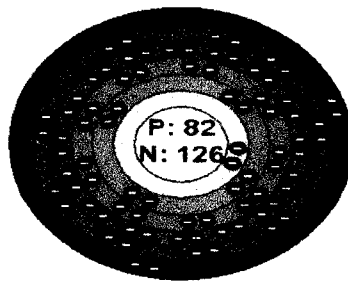
Beberapa ikan dapat mengumpulkan seng di dalam badan mereka, ketika mereka tinggal di terusan *zinc-contaminated*. Ketika seng masuk ke badan dari ikan tersebut bisa memperbesar bio rantai makanan.

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, 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 2.4 Struktur Atom Pb

Tabel 2.5. Beberapa Sifat Fisik Timbal

Nama	Timbal
Simbol	Pb
Nomor atom	82
Massa atom relative	207.2 g.mol ⁻¹
Konfigurasi elektron	[Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ²
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 ⁻¹
Energi Ionisasi 2	1450.0 kJ.mol ⁻¹
Energi Ionisasi 3	3080.7 kJ.mol ⁻¹
Energi Ionisasi 4	4082.3 kJ.mol ⁻¹
Energi Ionisasi 5	6608 kJ.mol ⁻¹
Kerapatan	11.34 g.cm ⁻³ 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 $(\text{CH}_3)_4\text{Pb}$ dan $(\text{C}_2\text{H}_5)_4\text{Pb}$ 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 (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 lamban 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 Bagi 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.. Disisi lain aktivitas manusia seperti pembakaran bahan bakar, proses industri dan pembakaran limbah padat juga mempengaruhi.

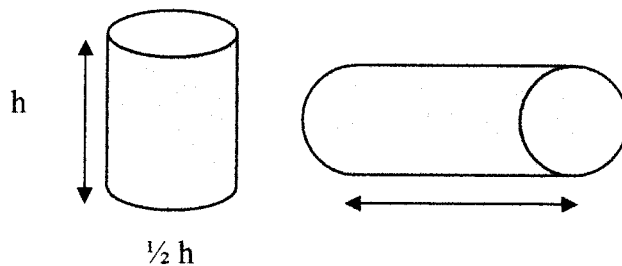
Timbal dapat terjadi dalam tanah dan air melalui korosi pipa pada sistem transport air dan karatan cat. Ini tidak bisa dihancurkan, hanya dapat dikonversi ke bentuk lain. Timbal terkumpul di dalam tubuh organisme air dan tanah. Pengaruh

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 sangat tinggi. Organisme di dalam tanah juga dapat terganggu karena timbal beracun tersebut (Anonim, 2005).

2.6. Beton

Beton merupakan campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan membentuk masa padat, kuat tekan beton disyaratkan f_c^o adalah kuat tekan beton yang ditetapkan oleh perencanaan struktur (benda uji berbentuk silinder diameter (150 mm dan tinggi 300 mm) dipakai dalam perencanaan struktur beton, dinyatakan dalam mega paskal (MPa),



Gambar 2.5 Model sample silinder beton *fly ash*

2.7. Semen (*Portland Cement*)

Semen Portland adalah semen *hidrolis* yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat–silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan (PUBI – 1982).

Menurut SII 0031–81 (Evariani Sulastri, Tjokrodinuljo, 1995) semen Portland dibagi menjadi 5 jenis sebagai berikut :

Jenis I : Semen untuk penggunaan umum tidak memerlukan persyaratan khusus

Jenis II : Semen untuk beton tahan sulfat dan mempunyai hidrasi sedang

Jenis III : Semen untuk beton dengan kekuatan awal tinggi (cepat mengeras)

Jenis IV : Semen untuk beton yang memerlukan panas hidrasi rendah

Jenis V : Semen untuk beton yang tahan terhadap sulfat

Jenis–jenis semen tersebut mempunyai laju kenaikan kekuatan yang berbeda. Fungsi semen adalah untuk merekatkan butiran–butiran agregat agar terjadi suatu massa yang kompak/padat, walaupun semen hanya kira–kira mengisi 10–30 % dari volume beton (Anonim, 1995).

Kandungan silikat dan aluminat pada semen merupakan unsur utama pembentuk semen yang mana apabila bereaksi dengan air akan menjadi media perekat. Media perekat ini kemudian akan memadat dan membentuk massa yang keras. Proses hidrasi ini terjadi bila semen bersentuhan dengan air. Proses ini berlangsung 2 arah yakni keluar dan kedalam, maksudnya hasil hidrasi mengendap di

bagian luar dan inti semen yang belum terhidrasi di bagian dalam secara bertahap terhidrasi (Anonim, 1995).

Jumlah kandungan semen berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Jika terjadi faktor air semen sama (nilai *slam* berubah) beton dengan jumlah kandungan semen tertentu mempunyai kuat tekan tertinggi. Pada jumlah semen terlalu sedikit berarti jumlah air juga sedikit sehingga adukan beton sulit dipadatkan sehingga kuat tekan beton rendah. Namun jika jumlah semen berlebihan berarti jumlah air juga berlebihan sehingga beton mengandung banyak pori dan akibatnya kuat tekan beton rendah.

Jika nilai *slam* sama (nilai faktor air semen berubah) beton dengan kandungan semen lebih banyak mempunyai kuat tekan lebih tinggi. Hal ini karena pada nilai *slam* sama jumlah air sama sehingga penambahan semen berarti pengurangan nilai faktor air semen yang berakibat penambahan kuat tekan beton.

Semen merupakan unsur terpenting dalam pembuatan beton karena semen berfungsi sebagai bahan pengikat untuk mempersatukan bahan agregat halus dan kasar menjadi satu massa yang kompak dalam artian menjadi satu dan padat. Semen akan berfungsi sebagai pengikat apabila diberi air, sehingga semen tergolong bahan pengikat hidrolis.

Reaksi kimia antara semen *portland* dengan air menghasilkan senyawa – senyawa yang disertai pelepasan panas. Kondisi ini mengandung resiko besar terhadap penyusutan kering beton dan kecenderungan retak pada beton. Reaksi semen dengan air dibedakan menjadi dua yaitu periode pengikatan dan periode pengerasan. Pengikatan merupakan peralihan dari keadaan plastis ke keadaan keras, sedangkan

pengerasan adalah penambahan kekuatan setelah pengikatan selesai. Dikehendaki pengikatan semen berlangsung lambat, jika tidak adukan sulit dikerjakan karena spesifikasi semen portland mensyaratkan tidak boleh terjadi kurang satu jam (Anonim,1995).

Semen Portland sebagai penyusun beton mempunyai sifat sebagai berikut:

a. Susunan Kimia

Ketika semen dicampur dengan air akan menimbulkan reaksi kimia unsur-unsur penyusunan semen dengan air. Reaksi ini menghasilkan bermacam-macam senyawa kimia yang menyebabkan ikatan dan pengerasan. Unsur penyusun semen tersebut seperti pada tabel

3.2 berikut berikut ini.

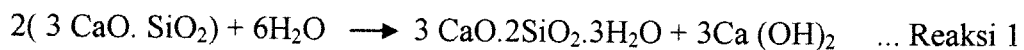
Tabel 2.6 Unsur – unsur penyusun semen

Nama Unsur	Simbol	Komposisi Kimia	(%)
Trikalsium Silikat	C ₃ S	3CaO.SiO ₂	50
Dikalsium Silikat	C ₂ S	2CaO.SiO ₂	25
Trikalsium Aluminat	C ₃ A	3CaO.Al ₂ O ₃	12
Tetrakalsium aluminoferrite	C ₄ AF	4CaO.Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	8

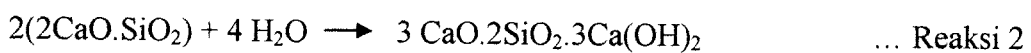
Sumber: Anonim, 1995

Reaksi – reaksi yang terjadi dalam beton adalah sebagai berikut :

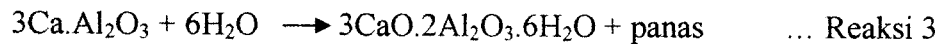
- ◆ Reaksi Trikalsium silikat dengan air :



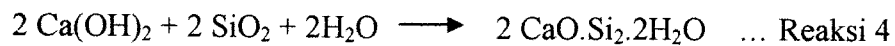
- ◆ Reaksi Dikalsium silikat dengan air :



◆ Reaksi semen Portland dalam beton dengan membentuk ikatan awal adalah :



Unsur-unsur $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ dan $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ adalah bagian yang terpenting dalam semen hidrasi karena kedua unsur ini dengan adanya air merupakan pengikat pada proses hidrasi dan membentuk kalsium silikat hidrat atau C-S-H. Dari persamaan reaksi di atas terlihat adanya $\text{Ca}(\text{OH})_2$ bebas. Dengan adanya Spent katalis dalam beton dengan campuran semen Portland, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ bebas akan diikat oleh senyawa silikat yang terkandung di dalamnya, dengan reaksi sebagai berikut:



reaksi Pozzolan

Dengan reaksi tersebut campuran beton akan menjadi lebih padat (*impermeable*) dan lebih kuat serta tahan sulfat.

b. Hidrasi semen

Apabila semen bersentuhan dengan air maka proses hidrasi berlangsung, dalam arah keluar dan kedalam, maksudnya hidrasi mengendap di bagian dalam secara bertahap terhidrasi sehingga volumenya mengecil. Reaksi tersebut berlangsung lambat, antara 2-5 jam sebelum mengalami percepatan setelah kulit permukaan pecah. Pada tahap hidrasi berikutnya, pasta semen terdiri dari gel dan sisa-sisa semen yang tak bereaksi, Kalsium Hidroksida $\text{Ca}(\text{OH})_2$, air dan beberapa senyawa lain.

c. Kekuatan Pasta semen dalam faktor air semen

Kekuatan semen yang telah mengeras tergantung pada jumlah air yang dipakai waktu 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 yang berlebihan memang akan memudahkan pencampuran beton secara baik, memudahkan pengadukan dan dapat dicetak tanpa rongga yang besar (tidak keropos). Akan tetapi hendaknya selalu diusahakan jumlah air sedikit mungkin agar kekuatan beton tidak terlalu rendah.

d. Sifat Fisik Semen

Sifat fisik semen antara lain kehalusan butiran, waktu ikat dan berat jenis semen. Kehalusan butiran semen akan meningkatkan daya kohesi pada beton segar dan mengurangi *bleeding*, tetapi akan mempunyai sifat susut yang lebih besar dan retak mudah terjadi waktu ikat semen dan air dipengaruhi oleh jumlah air, kehalusan semen, temperatur dan penambahan zat kimia tertentu.

2.8. Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. agregat ini kira-kira menempati sebanyak 70% volume beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan beton karena sangat berpengaruh terhadap sifat dan mutu beton.

Agregat halus berupa pasir alam, terbentuk dari pecahan batu yang diperoleh dari sumber endapan yang bermacam-macam kondisinya, agregat halus pasir sedangkan agregat dengan ukuran maksimum 4,75 mm, sedangkan agregat kasar

adalah agregat dengan ukuran butiran lebih besar dari 4,75 mm. Agregat halus berupa pasir sedangkan agregat kasar dapat berupa kerikil atau batu pecah.

Untuk mendapatkan mutu beton yang baik agregat yang akan digunakan harus memenuhi persyaratan yaitu :

1. Agregat harus bersih dan tidak mengandung zat yang berbahaya terhadap beton, seperti :
 - a. Partikel lebih kecil dari 200 mass
 - b. Zat organik
 - c. Garam - garam Khlorida
 - d. Sulfat
2. Agregat harus keras
3. Agregat harus kekal (tidak mudah berubah bentuk)
4. Agregat tidak boleh bersifat reaktif terhadap alkali

2.9. Air

Air merupakan bahan dasar penyusun beton yang diperlukan untuk bereaksi dengan semen dan untuk bahan antara agregat, agar dapat dengan mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi dengan semen, air yang dibutuhkan hanya 30% dari berat semen, tapi pada kenyataannya nilai faktor air semen yang dipakai sulit kurang dari 0,35. Kelebihan air dapat dipakai sebagai pelumas. Secara umum air akan dapat

digunakan untuk pencampuran beton adalah air yang bila dipakai akan dapat menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90%.

Menurut PUBI 1982, dalam pemakaian untuk adukan beton sebaiknya air memenuhi syarat sebagai berikut.

- a. Tidak mengandung lumpur (benda-benda melayang lainnya) > 2 gram/liter)
- b. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, dan lainnya)
- c. Tidak mengandung Klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
- d. Tidak mengaduk senyawa sulfat lebih sulfat dari 1 gram/liter.

2.10. Lindi (*Leachate*)

Lindi/leachate adalah cairan yang keluar dari suatu cairan yang terkontaminasi oleh zat –zat pencemar yang ditimbulkan dari limbah yang mengalami proses pembusukan. Menurut EPA *Leachate* adalah suatu cairan yang mencakup semua komponen di dalamnya yang terkandung di dalam cairan tersebut sehingga cairan tersebut tersaring dari limbah yang berbahaya.

Perlindian merupakan parameter yang sangat menentukan terhadap kualitas hasil solidifikasi kaitannya dengan pencemaran lingkungan adalah kualitas lindi yang dikeluarkan mengingat hasil solidifikasi yang akan digunakan sebagai bahan bangunan. Salah satu metode untuk melihat kualitas lindi dari ligam berat adalah dengan uji TCLP (*Toxicity Chaacteristic Leaching Procedure*).

2.11. 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

2.12. 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 2.9. 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 2.7. 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>

Sumber: Anonim, 1995

2.13. 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).

2.14. Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton merupakan besarnya beban persatuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani gaya tekan tertentu. Kekuatan tekan beton terutama dipengaruhi oleh perbandingan air dan semennya. Semakin rendah perbandingan air dan semennya semakin tinggi kuat tekan beton. Disamping itu kuat tekan beton pada umumnya dipengaruhi oleh hal-hal sebagai berikut:

1. Sifat - sifat dari bahan pembentuknya

2. Perbandingan bahan - bahannya
3. Cara pengadukan dan penuaan
4. Cara pemadatan
5. Perawatan selama proses pengerasan, dan
6. Umur beton

Pengujian kuat tekan/desak beton dilakukan terhadap benda uji beton dengan ukuran 10 x 20 cm. Pengujian beton/*concrete* berdasarkan atas benda uji berumur 28 hari.

Untuk menghitung kekuatan tekan/desak masing-masing beton dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(5)$$

dengan: P = Beban maksimum (kg)

A = Luas penampang benda uji (cm²)

Hasil pengujian pada beton perlu diperiksa perkiraan kuat tekan dari keseluruhan benda uji beton yang telah diuji.

Sedangkan pengujian nilai kuat tekan rata-rata (*mean*) dihitung berdasarkan perhitungan sebagai berikut:

$$\sigma_t = \sum \frac{\sigma}{n} \dots\dots\dots(6)$$

dengan: n = Jumlah seluruh nilai hasil pengujian

σ = Kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing uji (Kg/cm²)

σ_{rt} = kuat tekan concrete/ beton rata - rata (Kg/cm²)

Faktor-faktor yang sangat mempengaruhi kuat tekan beton adalah (Evariani S, Tjokrodimulyo,1995):

1. Faktor Air semen

Faktor air semen adalah perbandingan antara berat air dan berat semen dalam campuran beton.

2. Jenis Semen

Tiap jenis semen akan memberikan kuat tekan yang berbeda-beda jika digunakan dalam campuran adukan beton.

3. Jumlah Semen

Pada beton dengan fas sama, kandungan semen lebih banyak belum tentu mempunyai kekuatan lebih tinggi. Hal ini disebabkan karena jumlah air yang banyak, demikian pula pastinya, menyebabkan kandungan pori lebih banyak daripada beton dengan kandungan semen yang lebih sedikit. Jumlah semen dalam beton mempunyai nilai optimum tertentu yang memberikan kuat tekan tinggi.

4. Umur Beton

Kekuatan beton akan meningkat sejalan dengan bertambahnya umur yang dihitung sejak beton dibuat. Laju kenaikan beton mula-mula cepat, kemudian lajunya semakin lambat sebagai standar kekuatan beton adalah 28 hari.

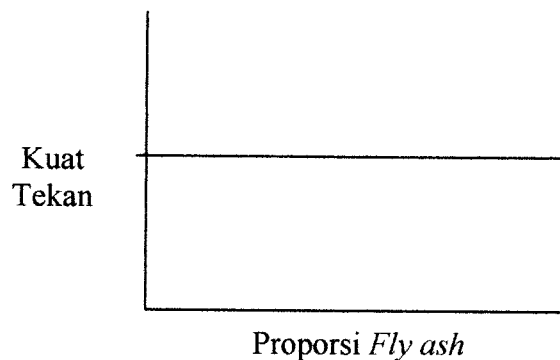
5. Sifat Agregat

Sifat agregat yang paling berpengaruh terhadap kekuatan beton adalah kekasaran permukaan dan ukuran maksimum butir agregat.

2.15. Hipotesis

Dari tinjauan pustaka di atas maka dapat ditarik hipotesa pada penelitian kali ini. Hipotesa ini menurut variasi yang akan dilakukan. Dimana variasi yang dimaksud dapat dilihat pada grafik berikut

Oleh karena sifat-sifat *Fly ash* yang hampir sama dengan pasir, maka diduga penggantian pasir dengan *Fly ash* tidak akan mempengaruhi kuat tekan beton.



Gambar 2.6. Hipotesa Hubungan Penambahan Proporsi *Fly ash* terhadap Pasir dengan Uji Kuat Tekan

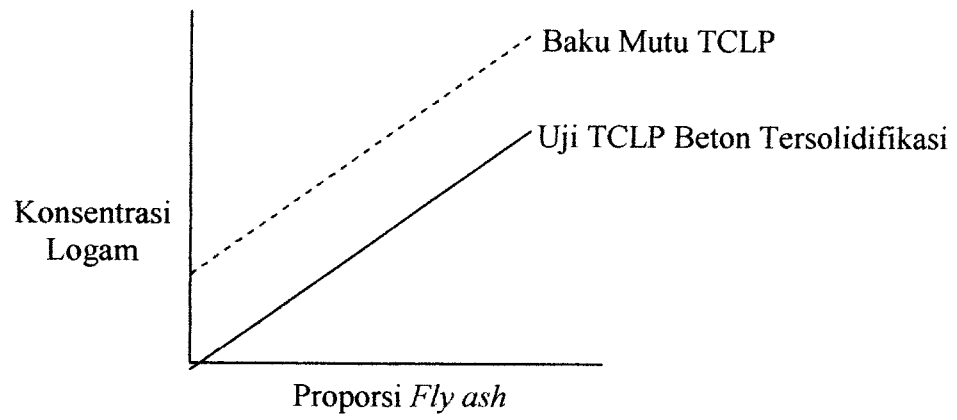
H0 : Tidak terjadi perubahan kuat tekan pada penambahan katalis

H1 : Terjadi perubahan kuat tekan pada penambahan katalis

Dengan proses solidifikasi, maka logam akan terimobilisasi. Oleh karena itu diduga hasil Uji TCLP masih memenuhi baku mutu.

H0 : Uji TCLP beton tersolidifikasi di bawah Baku mutu Uji TCLP

H1 : Uji TCLP beton tersolidifikasi sama atau di atas Baku Mutu Uji TCLP



Gambar 2.7. Hipotesa Hubungan Penambahan Proporsi *Fly ash* terhadap Pasir dengan Uji TCLP