

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Pengertian Lindi

Lindi yaitu cairan yang meresap melalui sampah yang mengandung unsur-unsur yang terlarut dan tersuspensi (Tchobanoglous, 1993). Secara umum lindi adalah limbah cair dari suatu tempat penimbunan sampah padat atau air rembesan dari hasil dekomposisi sampah padat yang terakumulasi pada suatu timbunan sampah yang mengandung sejumlah zat-zat kimia beracun, bakteri pathogen, senyawa organik dan konstituen lainnya yang terlarut dan tersuspensi di dalam tanah (Anonim, 1995). Proses adanya lindi dapat terjadi karena dua hal, yaitu cairan yang berasal dari sampah itu sendiri dan cairan yang berasal dari luar, terutama dari air hujan yang jatuh ke lokasi penimbunan sampah. Cairan tersebut kemudian akan mengisi rongga-rongga pada sampah dan bila kapasitasnya sudah melebihi kapasitas tekanan air dari sampah, maka cairan tersebut akan keluar sebagai cairan lindi. Hasil dari proses tersebut maka lindi biasanya mengandung bahan - bahan organik terlarut serta ion-ion anorganik dalam konsentrasi tinggi (Damanhuri,1993).

Selain kuantitas, kualitas lindi juga penting diketahui dalam menentukan pengaruhnya yang potensial terhadap kualitas air permukaan dan air tanah disekitarnya, hal ini dikarenakan kontaminan yang terbawa sangat beragam. Kontaminan yang terbawa di dalam lindi adalah tergantung pada komposisi

sampahnya dan simultan aktifitas fisik, kimia dan biologi di dalam timbunan sampah.

### **2.1.1. Proses Pembentukan Lindi**

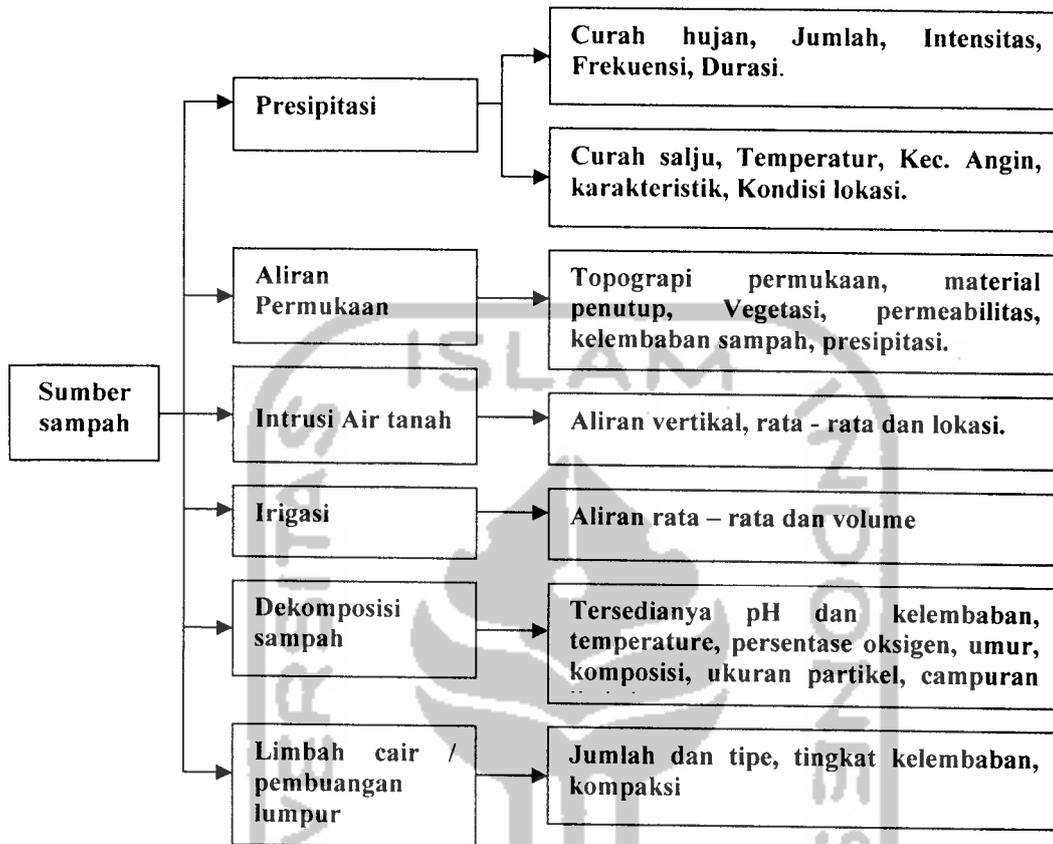
Proses dekomposisi terjadinya lindi yaitu ketika terjadinya penumpukan sampah yang ditandai dengan adanya perubahan secara fisik, biologis, dan kimia pada sampah. Proses yang terjadi (Chen, 1975), yaitu ;

- a) Penguraian biologis bahan organik secara aerob dan anaerob yang menghasilkan gas dan cairan.
- b) Oksidasi kimiawi.
- c) Pelepasan gas dari timbunan sampah.
- d) Pelarutan bahan organik dan anorganik oleh air dan lindi yang melewati timbunan sampah.
- e) Perpindahan materi terlarut karena gradien konsentrasi dan osmosis.
- f) Penurunan permukaan yang disebabkan oleh pemadatan sampah yang mengisi ruang kosong pada timbunan sampah.

Salah satu hasil dari rangkaian proses diatas adalah terbentuknya lindi yang berupa cairan. Kuantitas lindi yang ditimbulkan oleh timbunan sampah padat pada suatu tempat pembuangan akhir (TPA) dipengaruhi oleh :

1. Presipitasi atau aliran permukaan yang berinfiltrasi kedalam timbunan.
2. Air tanah dari sumber lain yang bergerak dalam arah horizontal melalui tempat penimbunan.

3. Kandungan dari sampah itu sendiri.
4. Air dari proses dekomposisi bahan organik pada sampah.



**Gambar 2.1** Faktor-faktor yang berpengaruh pada Pembentukan Lindi  
(Sumber : Qasim, 1994)

### 2.1.2. Karakteristik Limbah Cair Lindi

Karakteristik lindi sangat bervariasi tergantung dari proses dalam *landfill* yang meliputi proses fisik, kimiawi, dan biologis. Mikroorganisme di dalam sampah akan menguraikan senyawa yang terdapat dalam sampah menjadi senyawa organik yang sederhana. Sedangkan senyawa anorganik seperti besi dan logam lainnya yang dapat teroksidasi (Tchobanoglous, 1977).

Aktivitas didalam *landfill* umumnya mengikuti suatu pola tertentu, pada mulanya sampah terdekomposisi secara aerobik, tetapi setelah oksigen di dalam habis maka mikroorganisme utama yang bekerja adalah mikroorganisme fakultatif dan anaerob yang menghasilkan gas metan ( $\text{CH}_4$ ) yang tidak berbau dan berwarna.

Karakteristik penguraian secara aerobik adalah timbulnya karbondioksida, air dan nitrat, sedangkan penguraian secara anaerobik menghasilkan metan, karbondioksida, air, asam organik, nitrogen, amoniak, sulfida, besi, mangan dan lain-lain.

Dekomposisi sampah oleh aktivitas mikroba adalah sebagai berikut :

1. Degradasi dilakukan oleh mikroorganisme aerobik menjadi lebih sederhana yaitu karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan air ( $\text{H}_2\text{O}$ ).
2. Apabila oksigen yang tertangkap habis dikonsumsi oleh mikroorganisme aerobik dan diganti ( $\text{CO}_2$ ), maka proses degradasi diambil alih oleh organisme yang perkembangannya dengan atau tanpa adanya oksigen. Organisme ini akan memecah molekul organik menjadi lebih sederhana seperti ; Hidrogen, amonia, air, karbon dioksida dan asam organik.
3. Pada tahap ini organisme anorganik berkembang biak dan menguraikan asam organik menjadi gas metan ( $\text{CH}_4$ ) serta lainnya.

Pada fase anaerobik, lindi yang dihasilkan mempunyai kandungan organik yang tinggi, pH rendah, berbau dan perbandingan *BOD* dan *COD* yang tinggi. Tingginya konsentrasi *BOD* dan *COD* disebabkan oleh asam organik yang ada,

seperti ; asam asetat, butirat dan lain-lain. Pada fase *methagonesis*, sebagian besar karbon organik dirubah menjadi gas, sehingga konsentrasi *BOD* dan *COD* menjadi rendah, pada fase ini pH meningkat sekitar 6,8 – 7,2 ( Knox, 1985).

Karakteristik lindi dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain jenis dan golongan sampah yang dibuang, kontinyuitas pembuangan, parameter kimia yang terdapat dalam sampah, mikrobia yang berperan, topografi lahan dan keseimbangan air di tempat pembuangan akhir (TPA) (Anonim, 1995).

Karakteristik dari lindi ditunjukkan pada Tabel 2.1 sebagai berikut :

**Tabel 2.1** Data komposisi lindi baru dan matang dari *landfill*

Unsur pokok	Konsentrasi mg/l		
	Landfill baru (< 2 tahun)		Landfill lama (> 10 tahun)
	Range	Tipikal	
BOD <sub>5</sub>	2.000 - 30.000	10.000	100 - 200
TOC	1.500 - 20.000	6.000	80 - 160
COD	3.000 - 60.000	18.000	100 - 500
TSS	200 - 20.000	500	100 - 400
N organik	10 - 800	200	80 - 120
N amoniak	10 - 800	200	20 - 40
Nitrat	5 - 40	25	5 - 10
Total fospor	5 - 100	30	5 - 10
Ortho fospor	4 - 80	20	4 - 8
Alkalinitas (CaCO <sub>3</sub> )	1.000 - 10.000	3.000	200 - 1.000
pH	4,5 - 7,5	6	6,6 - 7,5
Total hardnes (CaCO <sub>3</sub> )	300 - 10.000	3.500	200 - 500
kalsium	200 - 3.000	1.000	100 - 400
Magnesium	50 - 1.500	250	50 - 200
Potassium	200 - 1.000	300	50 - 400
Sodium	200 - 2.500	500	100 - 200
klorida	200 - 3.000	500	100 - 400
Sulfat	50 - 1.000	300	20 - 50
Total besi	50 - 1.200	60	20 - 200

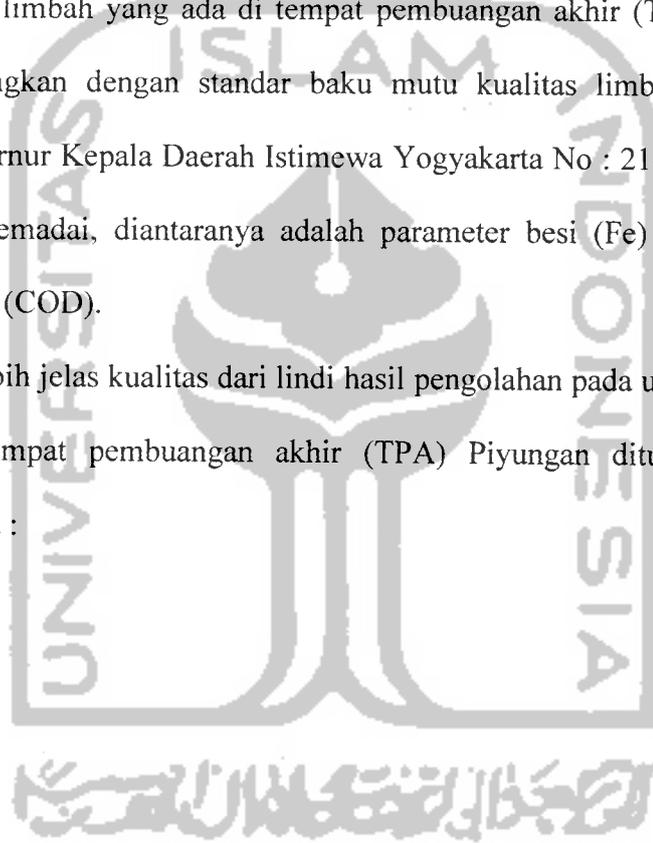
(Sumber : Tchobanoglous 1993)

Data pada tabel tersebut menunjukkan bahwa kisaran nilai konsentrasi untuk beberapa unsur mempunyai perbedaan yang besar. Dalam hal ini tidak terdapat nilai rata-rata yang diberikan untuk lindi sampah. Nilai tipikal yang ditunjukkan dimaksudkan hanya sebagai pedoman.

### **2.1.3. Kualitas Lindi TPA Piyungan**

Kualitas limbah cair lindi yang telah mengalami proses pengolahan pada unit pengolahan limbah yang ada di tempat pembuangan akhir (TPA) Piyungan apabila dibandingkan dengan standar baku mutu kualitas limbah cair dalam Keputusan Gubernur Kepala Daerah Istimewa Yogyakarta No : 214/ KPTS/ 1991 belum cukup memadai, diantaranya adalah parameter besi (Fe) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD).

Untuk lebih jelas kualitas dari lindi hasil pengolahan pada unit pengolahan yang ada di tempat pembuangan akhir (TPA) Piyungan ditunjukkan pada Tabel 2.2 berikut :



**Tabel 2.2** Hasil pemeriksaan limbah cair lindi TPA Piyungan

Parameter	Satuan	Kadar max	Metode uji	Pemeriksaan
a. Fisika				
Zat padat terlarut (TDS)	mg/L	2000	Gravimetri	7817
Temperatur	° C	30	Pemuaian	28
TSS	mg/L	200	Spektrofotometri	636
b. Kimia				
Air raksa	mg/L	0,002	AAS	Ttd
Arsen	mg/L	0,1	Spektrofotometri	Ttd
Barium	mg/L	2	AAS	0,009
Cadmium	mg/L	0,05	AAS	Ttd
Cromium	mg/L	0,1	Spektrofotometri	6,04
Tembaga	mg/L	2	AAS	0,41
Sianida	mg/L	0,05	Spektrofotometri	Ttd
Fluorida	mg/L	2	Spektrofotometri	< 0,5
Timbal	mg/L	0,1	Spektrofotometri	0,4051
Nikel	mg/L	0,2	AAS	Ttd
Nitrat	mg/L	20	Spektrofotometri	14,4476
Nitrit	mg/L	1	Spektrofotometri	0,8409
Ammonia	mg/L	1	Spektrofotometri	114,914
Besi	mg/L	5	Spektrofotometri	16,0
Mangan	mg/L	2	Spektrofotometri	4,0
Sulfida	mg/L	0,05	Spektrofotometri	-
Klorin bebas	mg/L	1	Gravimetri	0
Seng	mg/L	5	AAS	2,9
Crom total	mg/L	0,5	Spektrofotometri	10,64
BOD	mg/L	50	Titrimetri	2151,32
COD	mg/L	100	Titrimetri	4729,67
Phenol	mg/L	0,5	Spektrofotometri	70,47
Cobalt	mg/L	0,4	AAS	0,28

(Sumber : TPA Piyungan, 12 Desember 2005).

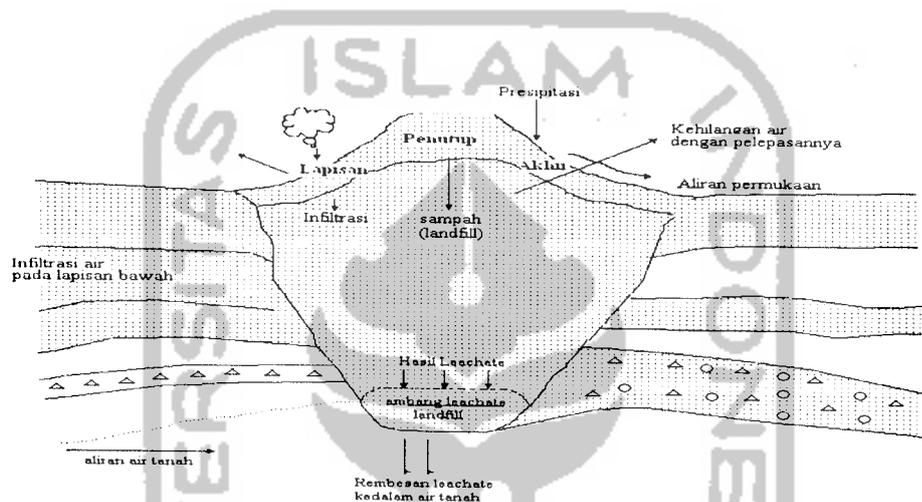
#### 2.1.4. Pengaruh Pencemaran Lindi

Pengaruh lindi terhadap polusi air adalah sebagai berikut :

- a. Air permukaan yang terpolusi oleh lindi dengan kandungan organik yang tinggi, pada proses penguraian secara biologis akan menghabiskan kandungan oksigen dalam air dan pada akhirnya seluruh kehidupan yang tergantung pada oksigen akan mati.

- b. Air tanah yang dicemari oleh lindi yang berkonsentrasi tinggi, polutan tersebut akan tetap berada pada air tanah dalam jangka waktu yang lama, karena terbatasnya oksigen yang terlarut. Sumber air bersih yang berasal dari air tanah terpolusi tersebut dalam jangka waktu yang lama tidak sesuai lagi untuk sumber air bersih.

Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar berikut :



**Gambar 2.2** Rembesan lindi ke dalam air tanah

( Sumber : Chatib, 1986)

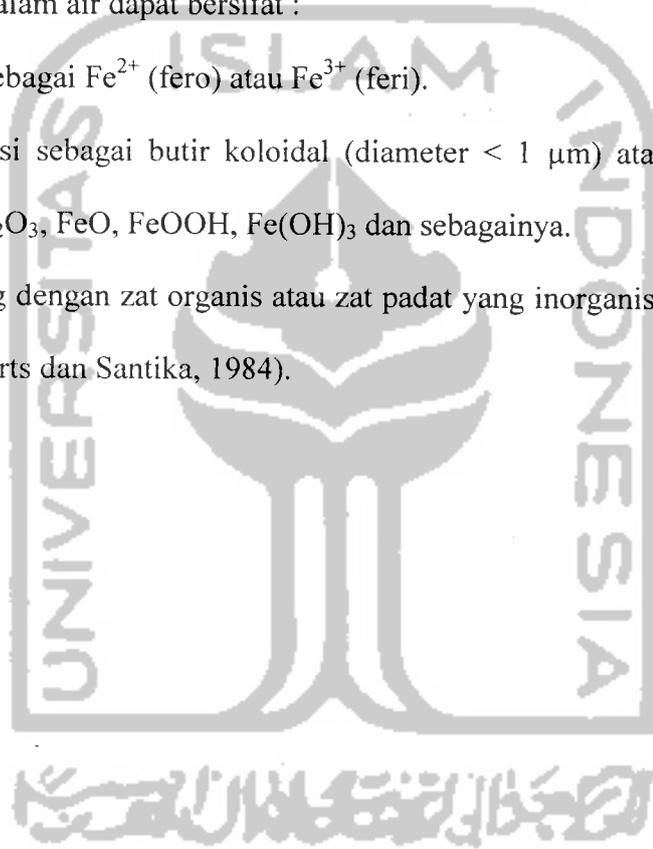
## 2.2. Besi (Fe)

Besi atau ferrum (Fe) adalah metal berwarna putih keperakan, liat dan dapat dibentuk. Besi merupakan salah satu elemen kimiawi yang dapat ditemui pada semua lapisan geologis dan semua badan air. Didalam air besi dapat ditemukan dalam berbagai bentuk persenyawaan, antara lain bentuk oksidasi

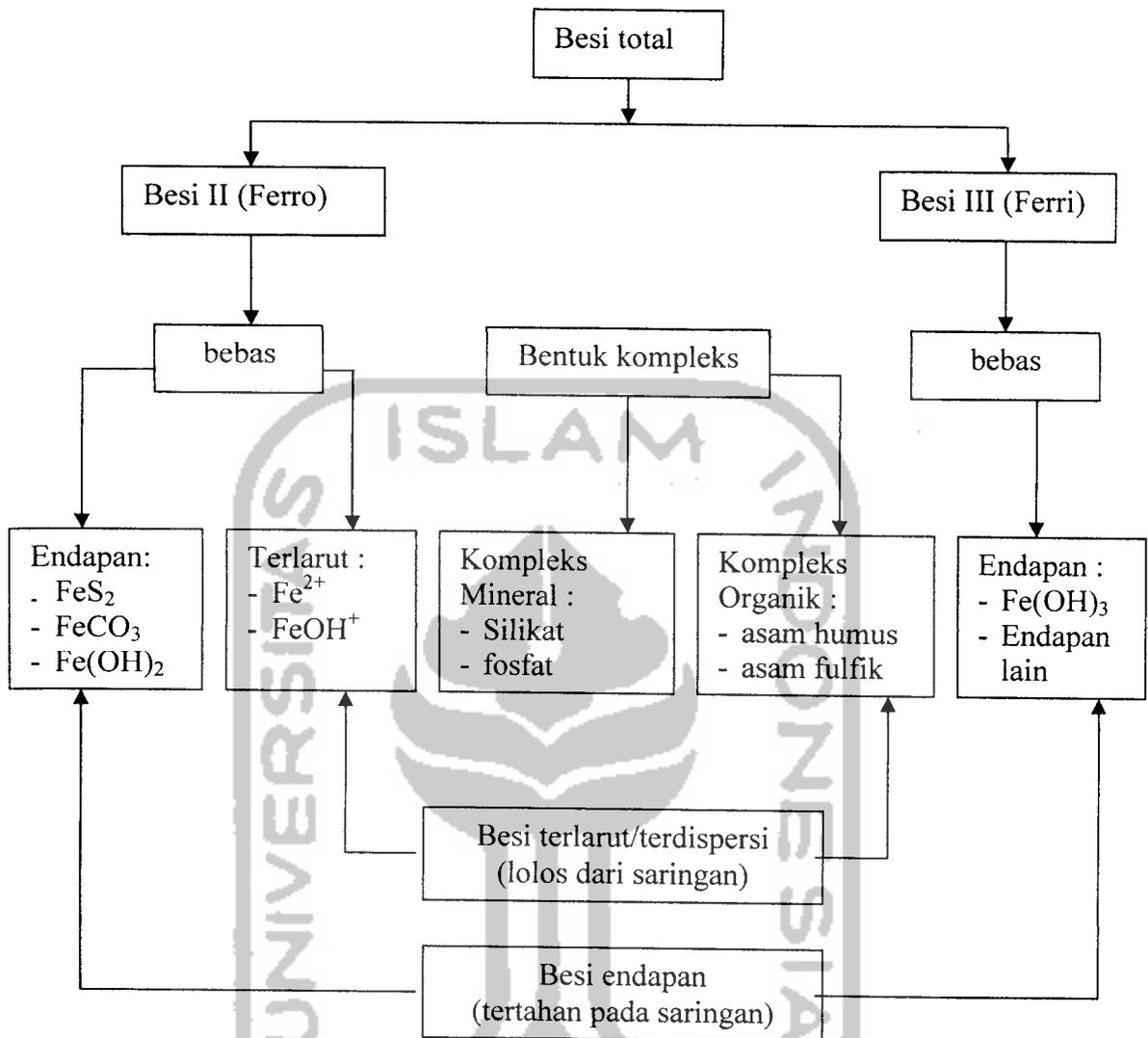
tetrahidrat, hermatit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), magneite ( $\text{FeO}_4$ ), goethite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{H}_2\text{O}$ ), karbonat, siderite ( $\text{FeCO}_3$ ) dan sulfida, pirit ( $\text{FeS}_2$ ).

Pada air yang mengandung oksigen ( $\text{O}_2$ ), besi berada sebagai  $\text{Fe}^{2+}$  yang cukup dapat terlarut, sedangkan yang mengalir atau yang terjadi aerasi,  $\text{Fe}^{2+}$  teroksidasi menjadi  $\text{Fe}^{3+}$ .  $\text{Fe}^{3+}$  ini sulit larut pada pH 6 sampai 8 (kelarutan hanya dibawah beberapa  $\mu\text{g/l}$ ), bahkan dapat menjadi ferihidroksida  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , atau salah satu jenis oksida yang merupakan zat padat dan bisa mengendap. Pada umumnya, besi yang ada didalam air dapat bersifat :

- Terlarut sebagai  $\text{Fe}^{2+}$  (fero) atau  $\text{Fe}^{3+}$  (feri).
- Tersuspensi sebagai butir koloidal (diameter  $< 1 \mu\text{m}$ ) atau lebih besar, seperti  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{FeOOH}$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  dan sebagainya.
- Tergabung dengan zat organik atau zat padat yang inorganik (seperti tanah liat) (Alaerts dan Santika, 1984).



Bentuk besi dalam air dapat dilihat dalam bagan berikut ini :



**Gambar 2.3** Bagan Bentuk Besi (Fe) di dalam air  
(Sumber : Degremond, 1979)

Pengaruh terhadap kesehatan dapat terjadi karena tercemarnya tanah dan air tanah oleh lindi dengan konsentrasi besi (Fe) yang tinggi. Kehadiran besi (Fe) yang berlebihan didalam air menimbulkan beberapa efek yaitu :

1. Presipitasi dari logam ini merubah air menjadi keruh berwarna kuning kecoklatan, kadang – kadang sampai hitam.

2. Kehadiran besi menyebabkan berkembangnya mikroorganisme pada sistem distribusi.
3. Deposit dari presipitat besi kadang-kadang tersuspensi kembali dengan bertambahnya *flow rate* dapat menimbulkan kekeruhan cukup tinggi.
4. Menyebabkan air berasa logam dan berbau.
5. Presipitasi dari logam-logam ini menimbulkan kesukaran pada proses pengolahan air misalnya *ion exchange* yang dapat mempercepat habisnya kapasitas penukaran ion.
6. Konsentrasi besi dalam air yang melebihi 2 mg/l akan menimbulkan noda-noda pada kain dan peralatan-peralatan dapur.
7. Besi juga dapat mengakibatkan endapan pada pipa-pipa logam.
8. Dalam dosis tinggi dapat merusak dinding usus, bahkan dapat menyebabkan kematian karena rusaknya dinding usus ini.
9. Debu besi (Fe) dapat diakumulasi di dalam alveoli, dan menyebabkan berkurangnya fungsi paru-paru.

Atas dasar pertimbangan tersebut diatas maka harus dilakukan proses pengolahan terhadap limbah cair lindi, yang diketahui mengandung konsentrasi besi (Fe) yang tinggi. *Effluen* dari proses pengolahan harus memenuhi standar baku mutu kualitas limbah cair yang telah ditetapkan, sehingga akan mengurangi tingkat pencemaran dari limbah cair lindi terhadap air tanah dan air permukaan disekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA), ataupun mencemari tanah dan air tanah yang dilewati oleh aliran lindi.

Air limbah yang mengandung besi (Fe) dapat dilakukan pengolahan dengan cara sebagai berikut :

1. Oksidasi, khlorinasi, atau ozonisasi atau dengan bahan kimia lain seperti kalium permanganat yang dilanjutkan dengan proses filtrasi atau proses pengendapan.
2. Koagulasi – flokulasi yang diikuti proses filtrasi atau pengendapan
3. Pertukaran ion (*ion exchange*)
4. Penghilangan besi dengan bakteri besi.

### **2.3. Chemical Oxygen Demand (COD)**

*Chemical Oxygen Demand* (COD) adalah banyaknya oksigen terlarut yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik yang ada didalam air limbah secara kimia (Metcalf and Eddy, 1991). Oksigen terlarut mengoksidasi zat organik menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O. Pada reaksi oksigen ini, hampir semua zat yaitu sekitar 85% dapat teroksidasi menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O dalam suasana asam (Fardiaz, 1976).

Kebanyakan air limbah memiliki nilai COD tinggi dan BOD rendah yang disebabkan karena adanya bahan organik yang tidak dapat dipecah secara biologik/ bahan beracun (Jenie dan Rahayu, 1993). Sehingga pengukuran nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) sangat diperlukan untuk mengukur kadar bahan organik pada air buangan yang mengandung senyawa/ unsur yang beracun bagi mikroorganisme. *Chemical Oxygen Demand* (COD) diukur dengan menggunakan senyawa oksidator kuat dalam kondisi asam. Kadar *Chemical Oxygen Demand*

COD) dalam lindi terdapat dalam konsentrasi tinggi, karena pada umumnya lebih banyak senyawa yang dapat dioksidasi secara kimia daripada secara biologis.

Perbedaan antara COD dan BOD (Benefield dan Randall, 1980), yaitu :

1. Angka BOD adalah jumlah komponen organik biodegradable dalam air buangan, sedangkan tes COD menentukan total organik yang dapat teroksidasi, tetapi tidak dapat membedakan komponen *biodegradable/ non biodegradable*.
2. Beberapa substansi inorganik seperti sulfat dan tiosulfat, nitrit dan besi ferrous yang tidak akan terukur dalam tes BOD akan teroksidasi oleh kalium dikromat membuat nilai COD inorganik, yang menyebabkan kesalahan dalam penetapan komposisi organik dalam laboratorium.
3. Hasil COD tidak tergantung pada aklimasi bakteri, sedangkan hasil tes BOD sangat dipengaruhi aklimasi seeding bakteri.

Hasil pengukuran *Chemical Oxygen Demand* (COD) tidak dapat membedakan antara zat organik yang stabil dan yang tidak stabil. *Chemical Oxygen Demand* (COD) tidak dapat menjadi petunjuk tentang tingkat dimana bahan-bahan secara biologis dapat diseimbangkan. Namun untuk semua tujuan yang praktis *Chemical Oxygen Demand* (COD) dapat dengan cepat sekali memberikan perkiraan yang teliti tentang zat-zat arang yang dapat dioksidasi dengan sempurna secara kimia (Mahida, 1984).

Besar kecilnya nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) akan mempengaruhi jumlah pencemar oleh zat organik yang secara alamiah dapat

dioksidasi melalui proses mikrobiologi dan mengakibatkan kurangnya jumlah oksigen terlarut dalam air.

Air limbah yang mengandung *Chemical Oxygen Demand* (COD) tinggi dapat dihilangkan atau diturunkan konsentrasinya antara lain dengan cara sebagai berikut :

1. Oksidasi oleh oksigen, diberikan kontak dengan oksigen.
2. Proses filtrasi atau proses pengendapan zat suspensi organik.
3. Degradasi bahan organik oleh mikroorganisme.

#### **2.4. Keramik**

Keramik berasal dari bahasa Yunani “Keramos” yang berarti periuk atau belanga yang dibuat dari tanah (Astuti, 1997). Yang dimaksud dengan keramik adalah segala macam benda yang dibuat dari tanah liat, setelah kering kemudian dibakar hingga pijar sampai suhu tertentu, setelah itu didinginkan sehingga mencapai keras.

Menurut golongannya, keramik dapat dibagi dalam dua kelompok yaitu :

1. Keramik bakaran rendah (gerabah lunak)

Keramik bakaran rendah adalah semua bahan keramik yang dibakar dan dapat mencapai suhu pembakaran antara 900° C sampai 1050° C, misalnya keramik Plered Purwakarta, Kasongan, Keramik Pajetan Bali dan lain-lain.

Keramik bakaran rendah pada umumnya berpori (*porous*), sehingga air didalamnya dapat merembes keluar melalui pori-pori dindingnya. Sering

kita jumpai sebuah kendi terbuat dari tanah liat merah setelah diisi air tampak basah bagian dinding luarnya.

## 2. Keramik bakaran tinggi (gerabah keras)

Keramik bakaran tinggi adalah semua barang keramik yang dibakar hingga mencapai suhu pembakaran antara  $1250^{\circ}\text{C}$  dan  $1350^{\circ}\text{C}$  atau lebih. Yang termasuk dalam kelompok gerabah keras diantaranya adalah *stoneware* (lempung batu) dan porselen. Pada umumnya barang-barang keramik hasil dari bakaran tinggi sangat baik untuk tempat menyimpan air. Air tidak akan merembes keluar dari dinding keramik, karena tidak berpori-pori. Bila dipukul-pukul suaranya berdenting nyaring serta tidak akan mudah pecah bila saling bersentuhan dengan benda lainnya. Benda-benda porselen dapat dibuat setipis mungkin, seperti misalnya cangkir porselen yang tipis sekali sehingga dapat ditembus cahaya lampu.

### 2.4.1. Bahan Baku Keramik

Bahan baku dari keramik (gerabah) pada penelitian ini merupakan bahan alami, yaitu bahan-bahan asli yang berasal dari alam dan belum mengalami proses pengolahan oleh manusia, yaitu mineral lempung seperti kaolinit  $(\text{Al}_2)(\text{Si}_2\text{O}_3)(\text{OH})_4$  dan bentonit  $(\text{Al, Na, Ca, Mg})(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_2$ ;  $\text{SiO}_2$  mengandung mineral (seperti pasir silica), pasir kuarsa, dan serbuk gergaji.

Pasir kuarsa adalah bahan campuran yang umum digunakan dalam pembuatan keramik, dengan komposisi campuran pasir kuarsa hanya sekitar 10% dari berat tanah lempung, untuk setiap 5 kg tanah lempung.

Serbuk gergaji adalah limbah padat yang selalu ada pada industri pengolahan kayu. Pada industri penggergajian, serbuk gergaji yang dihasilkan berkisar antara 11 – 15%, sedangkan pada industri kayu lapis dan molding biasanya lebih kecil. Besarnya presentase limbah serbuk gergaji yang dihasilkan pada proses pengolahan kayu seperti penggergajian, tergantung dari beberapa faktor seperti jenis kayu, tipe gergaji, tebal bilah gergaji (*kerf*), diameter log, kualitas yang ingin dihasilkan dan lain-lain.

Serbuk gergaji umumnya banyak dimanfaatkan untuk bahan baku tungku pemanas atau bila diperkirakan akan menguntungkan, dimanfaatkan sebagai bahan baku pada pembuatan papan partikel. Dapat juga dimanfaatkan sebagai media pertumbuhan di persemaian. Selain itu, serbuk gergaji dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan briket arang (Suprpto, 1995).

#### **2.4.2. Tanah Lempung**

Mineral lempung adalah mineral yang mempunyai komposisi silikat terhidrat alumunium dan magnesium dan mempunyai ciri-ciri sebagai berikut :

1. Berukuran lebih kecil dari 0,002 m
2. Struktur terutama berbentuk lapisan dan sebagian kecil berbentuk rantai.
3. Berdosiasi permukaan.

Beberapa lempung terdiri dari sebuah mineral tunggal, tetapi ada juga yang tersusun dari campuran beberapa mineral lempung. Beberapa bahan lempung mengandung variasi dari sejumlah mineral non lempung seperti kuarsa,

kalsit, pirit dan feldspar yang merupakan contoh-contoh penting. Selain itu juga, mengandung bahan-bahan organik dalam air (Grim, 1953).

Mineral lempung merupakan senyawa alumunium silikat yang terdiri dari satu atau dua unit dasar yaitu tetrahedral dan alumunium octahedral. Setiap unit tetrahedral (berisi empat) terdiri dari empat atom oksigen mengelilingi satu atom silicon. Kombinasi dari unit-unit silica tetrahedral membentuk lembaran silica (*silica sheet*).

Sifat plastisitas lempung dan air merupakan kunci metode dalam pembuatan keramik. Sifat plastisitas mempunyai cirri :

1. Mudah dibentuk tanpa patah
2. Timbul kerut pada saat pengeringan
3. Bertambah kuat pada saat air berkurang

#### 2.4.3. Klasifikasi Mineral Lempung

Berdasarkan strukturnya, mineral lempung dapat diklasifikasikan sebagai berikut (Grim, 1953) :

1. Amorf

Kelompok alofan.

2. Kristalin

- a. Tipe dua lapisan (struktur-struktur lembaran yang tersusun oleh satu lapisan silica tetrahedral dan satu lapisan alumunium octahedral).

- Ekuidimensional

Kelompok kaolinite : kaolinite, nacrite, dictrite.

- Memanjang

Kelompok halloysite.

- b. Tipe tiga lapisan (struktur-struktur lembaran tersusun oleh dua lapisan silica tetrahedron dan satu pusat lapisan dioktahedral atau tiohedral).

Berdasarkan kegunaannya ada tiga kelompok mineral lempung, yaitu sebagai berikut :

1. Kaolinit

Adalah lempung untuk membuat keramik putih

2. Illit

Adalah sebagai bahan dasar kermik untuk bangunan (untuk membuat batu bata, genteng)

3. Montmorilonit

Merupakan lempung dengan plastisitas tinggi.

#### **2.4.4. Pembuatan Keramik**

Pembuatan keramik dimulai dari proses pengolahan tanah, pembentukan badan kermik, pengeringan dan penyusunan dalam tungku pembakaran.

1. Pengolahan bahan baku

Bahan pembuat keramik harus diolah terlebih dahulu sebelum bahan siap dibentuk karena hamper semua bahan alami murni mengandung banyak *grit*. Pemisahan dapat dilakukan secara manual atau secara mekanis.

Bahan-bahan keramik alam dihancurkan, disaring dan diambil ukuran butir

bahan yang dikehendaki. Penyaringan dapat dilakukan dengan cara basah atau kering.

## 2. Pembentukan badan keramik

Pembentukan badan keramik ada beberapa cara antara lain *die pressing*, *rubber mold pressing*, *extrusion molding*, *slip casting* dan *injection molding* (Ichinose, 1997). *Die pressing* (tekan mati) digunakan pada bahan pembuat tepung dengan kadar cairan 10 – 20% dan cukup menjadi padat dengan tekanan. Produknya antara lain ubin lantai dan ubin dinding. *Rubber mold pressing* digunakan pada bubuk padat seragam. Disebut *rubber mold pressing* karena penggunaan cetakan yang seperti sarung dari batu penggosok. Bahan diletakkan dalam cetakan dan ditekan dengan menggunakan tekanan hidrostatis dalam ruang. *Extrusion molding* merupakan pembentukan bahan dengan menggunakan menggeser campuran bahan plastis kaku pada lubang mati, contoh produknya adalah pipa selokan dan ubin lekuk. *Slip casting* dipakai jika larutan bahan cukup encer dan dimanfaatkan untuk membuat barang-barang yang cukup banyak. *Injection molding* merupakan teknik pembuatan badan keramik dengan cara menekan bahan keramik pada cetakan.

## 3. Pengeringan

Pengeringan disini dimaksudkan untuk menghilangkan apa yang disebut dengan plastisnya saja, sedang air yang terikat dalam molekul tanah liat (air kimia) hanya bisa dihilangkan melalui pembakaran. Tujuan dari pembakaran adalah untuk memberikan kekuatan kepada barang-barang

mentah sehingga dapat disusun dalam tungku dan menghilangkan air yang berlebihan, yang menimbulkan kesukaran-kasukaran dalam proses pembakaran. Kerusakan yang dapat terjadi antara lain perubahan bentuk dan retak-retak.

Beberapa cara pengeringan yang dapat dilakukan antara lain dianginkan, dipanaskan dalam alat khusus dan membungkus benda dengan kain yang agak basah (Astuti, 1997). Pada pembuatan keramik dengan teknologi maju, proses pengeringan ini dilakukan langsung dengan proses pembakaran.

#### 4. Pembakaran

Proses pembakaran bahan keramik sering juga disebut *Sinering processes*. Suhu yang dipakai dalam pembakaran sangat tergantung dari metode, bahan yang akan dibakar dan benda hasil bakar. Sebagai contoh pada metode standar *Pressure sintering* dengan materi dasar  $\text{Si}_3\text{N}_4$  memerlukan suhu  $1700\text{ }^\circ\text{C} - 1800\text{ }^\circ\text{C}$  dengan tekanan  $200 - 500\text{ Kg/cm}^2$ . *Reaction sintering* dengan bahan dasar  $\text{SiO}_2$  dibakar pada suhu  $1350\text{ }^\circ\text{C} - 1600\text{ }^\circ\text{C}$ . *Chemical vapor deposition* (CVD) dengan bahan dasar  $\text{SiH}_4$  dan  $\text{NH}_3$  dipanaskan pada suhu  $800\text{ }^\circ\text{C} - 1400\text{ }^\circ\text{C}$ . Selain itu masih ada metode-metode lain seperti *Hot Isolatic Press* (HIP), *atmospheric pressure sintering*, *Ultra high pressuresintering*, *Post reaction sintering* dan *recrystallization sintering* (Ichinose, 1987). Dalam proses pembakaran, jenis air yang harus dihilangkan adalah air suspensi, air antar partikel, air

pori antar partikel setelah pengerutan, air terserap (*adsorpsi*) pada partikel dan air kisi dalam struktur kristalnya (Hartono, 1992).

Tahap dalam pembakaran dapat dijelaskan sebagai berikut :

1) Tahap penghilangan uap

Suhu bakar tahap ini berlangsung dari awal sampai sekitar suhu 500 °C. Tujuannya adalah untuk menghilangkan molekul-molekul air pada bahan, membakar unsur karbon dan unsur organik bahan. Pembakaran harus dilakukan perlahan-lahan sampai semua molekul air hilang, jangan sampai ada molekul air yang terjebak dalam bahan karena akan terjadi letupan yang merusak bahan. Pada suhu 300 °C – 400 °C zat-zat organik dan unsur karbon akan terbakar habis.

2) Tahap penggelasan

Setelah air dalam bahan habis, suhu dapat ditingkatkan sedikit demi sedikit. Pembakaran suhu yang paling menentukan adalah pada suhu 573 °C. Pada suhu ini tungku pembakaran mulai menjadi merah panas dan terjadi penggantian fisik silika. Pada proses pendinginan suhu 573 °C juga merupakan titik kritis, sehingga sering disebut sebagai *inverse kwarsa*. Setelah suhu mencapai 600 °C tingkat bakar dapat dipercepat sampai terbentuk sinter (kilau) dari bahan yaitu terjadi pada suhu 900 °C - 1200 °C.

### 3) Tahap pendinginan

Pendinginan dilakukan perlahan-lahan, setelah suhu bakar yang dikehendaki tercapai. Jika suhu pembakaran dihentikan maka suhu tungku akan turun sedikit demi sedikit, sampai pada suhu kamar. Penurunan suhu yang demikian bertujuan untuk menghindari terjadinya keretakan pada keramik dan menjaga kondisi tungku bakar (Astuti, 1997). Untuk tungku bakar yang bagus disediakan fasilitas pendingin dengan mengalirkan udara.

## 2.5. Membran Keramik

Membran Keramik merupakan suatu proses penyaringan air (dalam penelitian ini adalah lindi dari tempat pembuangan akhir Piyungan) dimana air yang akan diolah dilewatkan pada suatu media proses yaitu reaktor membran keramik. Dengan bantuan pompa, diberikan tekanan keatas sehingga diharapkan air dapat merembes melewati pori-pori dinding reaktor. Hal ini dipengaruhi oleh kombinasi campuran antara tanah lempung, pasir kuarsa dan serbuk gergaji yang dapat menurunkan besi (Fe) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) di dalam limbah cair lindi.

Mekanisme proses yang terjadi pada teknologi membran keramik ini adalah kombinasi dari beberapa fenomena yang berbeda, yang terpenting adalah antara lain :

- b. Proses penyaringan (*Filtrasi*).
- c. Proses sedimentasi.

- d. Proses adsorpsi.
- e. Aktifitas kimia.

### 2.5.1. Proses penyaringan (*Filtrasi*)

Filtrasi adalah suatu proses pemisahan zat padat dari fluida (cair maupun gas) yang membawanya menggunakan suatu medium berpori atau bahan berpori lain untuk menghilangkan sebanyak mungkin zat padat halus yang tersuspensi dan koloid. Tujuannya guna mendapatkan air bersih dalam pengolahan air minum atau dalam pengolahan air buangan. Di samping mereduksi kandungan zat padat, filtrasi dapat pula mereduksi kandungan bakteri, menghilangkan warna, rasa, bau, besi dan mangan (Ali Masduqi, 2002).

Pada filtrasi terdapat tiga fenomena proses, yaitu :

1. Transportasi : meliputi proses gerak brown, sedimentasi, dan gaya tarik antar partikel.
2. Kemampuan menempel : meliputi proses *mechanical straining*, adsorpsi (fisik - kimia), biologis.
3. Kemampuan menolak : meliputi tumbukan antar partikel dan gaya tolak menolak.

### 2.5.2. Proses sedimentasi

Sedimentasi adalah proses pemisahan partikel (*suspended solid*) dari air yang dapat mengendap secara gravitasi. Sedimentasi (pengendapan) adalah proses yang paling umum dilakukan untuk memisahkan padatan terendapkan dari

limbah. Proses pengendapan yang terjadi pada membran keramik tidak berbeda seperti pada bak pengendap biasa, yaitu endapan akan terbentuk pada dasar permukaan media.

Pada pengolahan air limbah, sedimentasi umumnya digunakan untuk :

1. Pemisahan grit, pasir, atau *slit* (lanau).
2. Penyisihan padatan tersuspensi pada clarifier pertama.
3. Penyisihan flok/ Lumpur biologis hasil proses *activated sludge* pada clarifier akhir.
4. Penyisihan humus pada clarifier akhir setelah *trickling filter* (Masduqi, 2002).

### 2.5.3. Proses adsorpsi

Adsorpsi adalah serangkaian proses yang terjadi atas reaksi-reaksi permukaan zat padat (disebut adsorben) dengan zat pencemar (disebut adsorbat), baik pada fase cair maupun gas. Karena adsorpsi adalah fenomena permukaan, maka kapasitas adsorpsi dari suatu adsorben merupakan fungsi luas permukaan spesifik (Sawyer et al, 1994).

Adsorpsi secara umum adalah proses pengumpulan substansi terlarut yang ada dalam larutan oleh permukaan zat atau benda penyerap dimana terjadi suatu ikatan kimia fisik antara substansi dengan zat penyerap.

Adsorpsi atau penyerapan dapat terjadi akibat tumbukan antara partikel-partikel tersuspensi dengan media lain, merupakan hasil daya tarik menarik antara partikel-partikel yang bermuatan listrik berlawanan. Media lain yang bersih

mempunyai muatan listrik negatif dengan demikian mampu mengadsorpsi partikel-partikel positif.

Adapun adsorpsi dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu :

- a. Adsorpsi fisik, yaitu terutama terjadi adanya gaya *van der Waals* dan berlangsung bolak-balik. Molekul yang teradsorpsi bebas bergerak disekitar permukaan adsorben dan tidak hanya menetap di satu titik. Ketika gaya tarik-menarik molekul antara zat terlarut dengan adsorben lebih besar dari gaya tarik-menarik zat terlarut dengan pelarut, maka zat terlarut akan teradsorpsi di atas permukaan adsorben. Adsorpsi fisik ini biasanya berlangsung dapat balik. Pada umumnya, ion dengan muatan yang lebih besar, seperti ion valensi tinggi, akan tertarik lebih kuat menuju tempat yang bermuatan berlawanan daripada molekul-molekul yang bermuatan lebih kecil, seperti ion monovalen. Ion yang berukuran lebih kecil juga mempunyai tarikan yang lebih besar. Pertukaran ion termasuk dalam kelompok ini.
- b. Adsorpsi kimia, merupakan hasil dari gaya yang lebih besar dibandingkan dengan pembentukam senyawa kimia. Secara normal bahan yang teradsorpsi membentuk lapisan diatas permukaan berupa molekul-molekul yang tidak bebas bergerak dari permukaan satu ke permukaan lainnya. Jika permukaan tertutup oleh lapisan monomolekuler, kapasitas adsorben akan habis. Reaksi ini tidak berlangsung bolak-balik, sehingga adsorpsi kimia jarang yang bersifat dapat balik.

Bahan penyerap merupakan suatu padatan yang mempunyai sifat mengikat molekul pada permukaannya dan sifat ini menonjol pada padatan yang berpori-pori. Semakin halus atau kecil ukuran partikel adsorben, semakin luas permukaannya dan daya serap semakin besar.

Beberapa sifat yang harus dipenuhi oleh zat penyerap yaitu :

1. Mempunyai luas permukaan yang besar
2. Berpori-pori
3. Aktif dan murni
4. Tidak bereaksi dengan zat yang akan diserap.

Pemilihan adsorben pada proses adsorpsi mempengaruhi sorpsi. Beberapa adsorben yang sering digunakan pada proses adsorpsi misalnya : bentonit, tuff, pumice, zeolit, dan silika gel. Pemilihan adsorben juga mempengaruhi kapasitas adsorpsi. Adapun faktor yang mempengaruhi kapasitas adsorpsi yaitu :

1. Luas permukaan adsorben

Semakin luas permukaan adsorben, semakin banyak adsorbat yang dapat diserap, sehingga proses adsorpsi dapat semakin efektif. Semakin kecil ukuran diameter partikel maka semakin luas permukaan adsorben.

2. Ukuran partikel

Makin kecil ukuran partikel yang digunakan maka semakin besar kecepatan adsorpsi. Ukuran diameter dalam bentuk butir adalah lebih dari

0.1 mm, sedangkan ukuran diameter dalam bentuk serbuk adalah 200 mesh (Tchobanoglus, 1991).

### 3. Waktu kontak

Waktu kontak merupakan suatu hal yang sangat menentukan dalam proses adsorpsi, waktu kontak yang lebih lama memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik. Konsentrasi zat-zat organik akan turun apabila waktu kontakannya cukup dan waktu kontak berkisar 10 – 15 menit (Reynolds, 1982).

### 4. Distribusi ukuran pori

Distribusi pori akan mempengaruhi distribusi ukuran molekul adsorbat yang masuk ke dalam partikel adsorben.

#### 2.5.4. Aktifitas kimia

Pada membran keramik beberapa reaksi kimia akan terjadi dengan adanya oksigen. Reaksi kimia yang terjadi hanya sedikit memberikan pengaruh dalam menurunkan konsentrasi besi (Fe) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan reaksi kimia yang berperan adalah reaksi oksidasi oleh oksigen terlarut yang ada di dalam air. Proses oksidasi dapat terjadi baik pada zat organik maupun pada zat anorganik.

## 2.6. Hipotesa

Berdasarkan tujuan dan tinjauan pustaka dari penelitian ini, bahwa penggunaan teknologi membran keramik :

1. Dapat menurunkan kadar besi (Fe) dalam limbah cair lindi pada tempat pembuangan akhir (TPA) Piyungan.
2. Dapat menurunkan kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) dalam limbah cair lindi pada tempat pembuangan akhir (TPA) Piyungan.

