

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. REMEDIASI ELEKTROKINETIK

Remediasi berasal dari bahasa Inggris yaitu *remediation* yang berarti pemulihan (Echols, 1990) sedangkan secara umumnya remediasi adalah pemulihan pada suatu media yang terkontaminasi oleh zat-zat pencemar seperti logam berat dan atau senyawa organik untuk mengembalikan fungsi dari media tersebut sehingga dapat dimanfaatkan kembali dan tidak menimbulkan masalah.

Remediasi tanah (*soil remediation*) adalah pemulihan tanah yang terkontaminasi oleh zat-zat pencemar seperti logam berat dan atau senyawa organik untuk mengembalikan fungsi tanah sehingga dapat dimanfaatkan kembali dan tidak menimbulkan masalah bagi lingkungan (Alshawabkeh, 2001).

Remediasi secara elektrokinetik merupakan teknologi pemulihan lumpur (*sludge*) tercemar logam berat dan senyawa-senyawa organik melalui proses secara *in-situ* dengan menggunakan tegangan listrik rendah dan arus DC (*direct current*) pada potongan melintang area antar elektroda yang diletakkan pada *sludge* dengan susunan aliran terbuka. Metode ini dapat

digunakan untuk memindahkan zat pencemar seperti logam berat dan lebih efektif dalam memindahkan logam berat berdasarkan pada *electromigration* yang mana merupakan suatu peristiwa elektrokinetik. Tekanan aliran pada umumnya digolongkan dalam miliampere per sentimeter kuadrat ( $\text{mA}/\text{cm}^2$ ) atau beda potensial tegangan listrik volt per sentimeter. Dengan penerapan teknologi tersebut diharapkan kontaminan logam berat dalam *sludge* dapat dipindahkan/digerakkan, dipekatkan/dipadatkan, oleh elektroda serta diekstraksikan dari *sludge*, yang secara skematik dapat dilihat pada **Gambar 2.1** (Alshawabkeh, 2001).

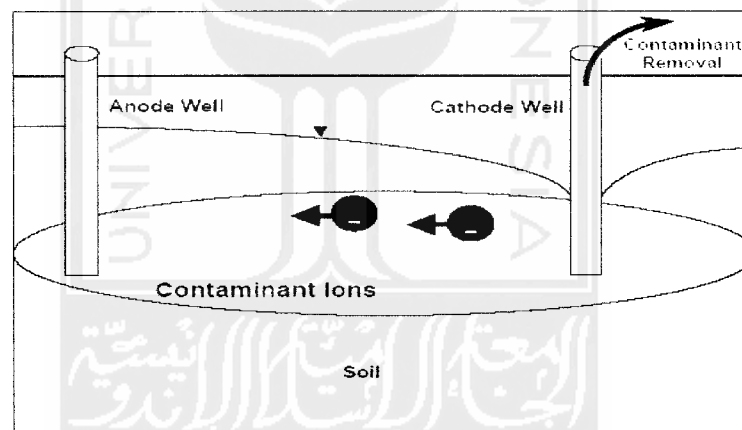
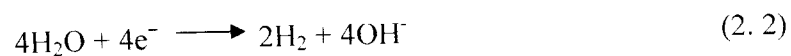
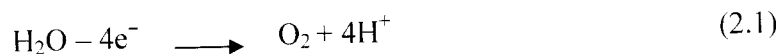


Figure 1: General Schematic of Electrokinetic Remediation

### Gambar 2.1 Prinsip dasar remediasi elektrokinetik

Pada teknologi remediasi elektrokinetik, elektroda ditempatkan pada lumpur (*sludge*) secara vertikal maupun horizontal. Ketika arus *direct current* (DC) digunakan pada elektroda, dihasilkan lumpur yang terpengaruhi medan

listrik oleh katoda dan anoda. Penggunaan sistem tersebut pada lumpur mempunyai beberapa efek yaitu: *electromigration*, *electroosmosis*, perubahan pH dan *electrophoresis*. *Electromigration*, yaitu pergerakan partikel bermuatan kation dan anion karena pengaruh sifat listrik yang ditimbulkan sistem tersebut pada *sludge*. Kation (ion bermuatan +) cenderung untuk berpindah ke arah katoda bermuatan negatif, dan anion (ion bermuatan -) berpindah ke arah anoda bermuatan positif. Pada penyelesaiannya, ion-ion yang yang dipekatkan tersebut akan mendekati elektroda atau mengalami reaksi pada elektroda, dimana logam-logam pencemar naik ke arah elektroda atau melepaskan komponen yang berbentuk gas. Perubahan pH kerena pengaruh arus merupakan reaksi elektrolisis pada elektroda. Terjadi oksidasi air pada anoda dan menghasilkan ion-ion hidrogen ( $H^+$ ). Ion-ion  $H^+$  (persamaan 1) tersebut membangkitkan asam untuk berpindah menuju katoda. Sebaliknya, penurunan air terjadi pada katoda dan menghasilkan ion-ion hydroxyl ( $OH^-$ ) (persamaan 2) kemudian berpindah sebagai dasar ke arah anoda (Acar et.al, 1990).



Transport pada ion-ion  $H^+$  diperkirakan 2 kali lebih cepat daripada ion-ion  $OH^-$ . Dengan demikian, gerakan asam rata-rata lebih besar daripada basa. *Electroosmosis* dalah proses transport air dalam jumlah besar yang terus

mengalir pada *suldge*. Sedangkan *Electrophoresis* merupakan pergerakan partikel-partikel karena pengaruh medan listrik (Acar dan Alshawabkeh, 1993).

### 2.1.1 Katoda

Katoda umumnya merupakan suatu bahan yang bila dipanaskan akan menyebabkan material elektron di dalamnya mengeksitasi. Perbedaan bahan yang digunakan pada katoda akan menghasilkan emisi yang berbeda-beda pula kuatnya. Ada dua tipe katoda yaitu dipanaskan secara langsung dan juga tidak langsung. Katoda yang dipanaskan secara langsung biasanya berupa kawat yang ditambahkan material-material seperti senyawa oksida dan karbon. Panas akan menyebabkan elektron dari material ini mengeksitasi diri, tentu saja besarnya berbeda-beda tergantung material yang digunakan. Sedangkan untuk tipe yang keduanya adalah suatu tabung metal yang dilapisi lapisan yang emissif dan sebuah heater yang biasanya adalah suatu filamen. Emisi terjadi karena radiasi yang dipancarkan heater diserap oleh tabung metal tersebut .

Reaksi pada katoda adalah reduksi terhadap kation, jadi yang perlu diperhatikan adalah kation saja.

- Jika larutan mengandung ion-ion logam alkali, ion-ion logam alkali tanah, ion-ion  $Al^{3+}$  dan ion  $Mn^{2+}$ , maka ion-ion logam ini tidak dapat

direduksi dari larutan. Yang mengalami reduksi adalah pelarut dan terbentuklah gas hydrogen ( $H_2$ ) pada katoda.



- Jika larutan mengandung asam, maka ion  $H^+$  dari asam akan direduksi menjadi gas hidrogen ( $H_2$ ) pada katoda.



- Jika larutan mengandung ion-ion logam yang lain, maka ion-ion logam ini akan direduksi menjadi masing-masing logamnya dan logam yang terbentuk itu diendapkan pada permukaan batang katoda (Setiono,1990).

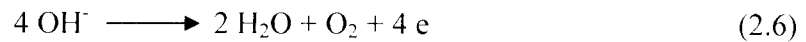


### 2.1.2 Anoda

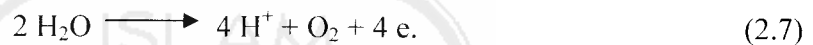
Anoda umumnya adalah materi silinder ataupun kotak yang terdapat di sekeliling elektroda lainnya. Anoda menangkap elektron-elektron yang tereksitasi sehingga memiliki arus dan tegangan yang bervariasi. Kelebihan daya dari anoda akan diradiasi dengan syarat adanya sirkulasi udara yang terjadi disekitar anoda. Setelah menangkap elektron-elektron maka anoda akan panas dan untuk itu diperlukan adanya suatu sistem pendinginan

Reaksi pada anoda adalah oksidasi terhadap anion. Jadi yang perlu diperhatikan adalah anion saja.

- Ion-ion halida (  $F^-$ ,  $Cl^-$ ,  $Br^-$ ,  $I^-$  ) akan dioksidasi menjadi halogen-halogen.
- Ion  $OH^-$  dari basa akan dioksidasi menjadi gas oksigen ( $O_2$ ).



- Anion-anion yang lain (  $SO_4^{2-}$ ,  $NO_3^-$ , dsb) tidak dapat dioksidasi dari larutan. Yang akan mengalami oksidasi adalah pelarut (air) dan terbentuklah gas oksigen ( $O_2$ ) pada anoda (Setiono,1990).

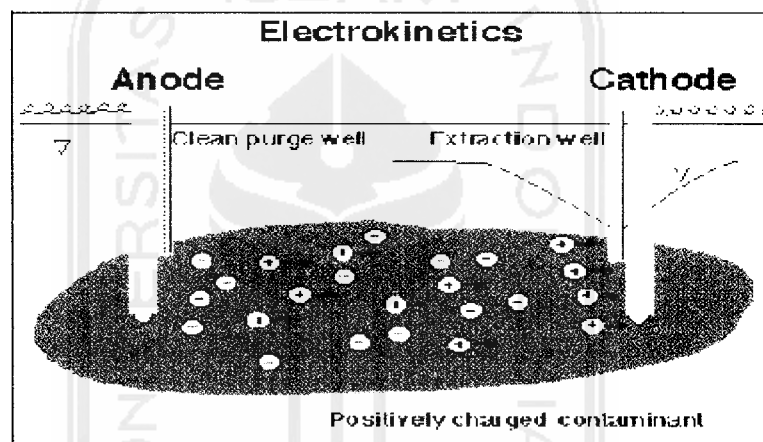


## 2.2 ELEKTROKINETIK

Elektrokinetik adalah suatu proses pembangkitan reaksi kimia dengan melewati arus listrik yang dimiliki dua elektroda, yaitu kutub anoda dan katoda yang diletakkan didalam *sludge* yang sudah tercemar logam berat. Ujung-ujung keluar masuknya arus dari dan ke lumpur (*sludge*) disebut elektroda. Elektroda yang dihubungkan dengan kutub positif dari suatu arus listrik disebut anoda, sedangkan elektroda yang dihubungkan kutub negatif dari sumber arus listrik disebut katoda. Teknologi Elektrokinetik ini dapat digunakan untuk menghilangkan logam berat, radionuklida dan organik.

Elektrokinetik suatu proses sederhana. Dimana dua elektroda ditempatkan didalam suatu tanah atau *sludge* dengan melewati suatu aliran arus listrik yang mana didalam arus tersebut terdapat kutub anoda dan katoda. Arus listrik ini lewat melalui tanah atau *sludge* dan menciptakan suatu jalan

kecil dimana di atasnya terdapat perjalanan ion. **Gambar 2.2** menunjukkan design suatu bidang elektrokinetik. Di dalam gambar suatu suntikan atau pembersihan yang baik adalah yang dimasukkan dekat kutub anoda (positif) dan suatu extraction yang baik adalah dimasukkan di kutub katoda. Dalam hal ini zat pencemar adalah bermuatan anoda dan cenderung akan bergerak ke arah katoda (Willard , 1997).



**Gambar 2.2** Design bidang elektrokinetik.

## 2.2.1 MATERIAL DAN KONFIGURASI ELEKTRODA 2-D HEXAGONAL

### 2.2.1.1 Material Elektroda

Material elektroda, bahan kimia yang tidak bereaksi dan bahan yang bisa menghantarkan arus listrik seperti *platinum*, *grafit* dan *coated titanium* bisa digunakan sebagai anoda untuk menahan dissolusi elektroda dan berlangsungnya pengkaratan dalam kondisi asam. Elektroda dalam proses

elektrokinetik sangat penting, karena elektroda merupakan salah satu alat untuk menghantarkan atau menyampaikan arus listrik kedalam larutan agar larutan tersebut terjadi suatu reaksi. Material elektroda yang digunakan dalam penelitian ini adalah elektroda karbon (*grafit*) dari batu batere dengan panjang 5 cm, sedangkan dimensi reaktor 1m x 0,95m x 1m.

Elektroda adalah logam yang dapat menerima ion-ion atau menyerahkan ion dimana logam tercelup didalam suatu larutan elektrolit. Sel yang bila dialiri arus listrik akan menghasilkan reaksi kimia yaitu akan merubah energi listrik menjadi reaksi kimia disebut elektrolisa. Pada kutub anoda akan terjadi reaksi oksidasi dan pada kutub katoda terjadi reaksi reduksi (Johannes, 1978).

#### **2.2.1.2 Konfigurasi Elektroda 2-D Hexagonal**

Konsentrasi elektroda memberikan perubahan solusi antara elektroda dan lingkungan bawah permukaan yang penting untuk ketepatan fungsi proses. Dalam studi remediasi elektrokinetik terdapat 2 tipe konfigurasi yaitu 1-D dan 2-D, yang mana sebagian besar *bench-scale*, skala besar laboratorium dan *pilot* skala lapangan menggunakan konfigurasi 1-D. Sedangkan pada penelitian ini hanya dibataskan pada penggunaan konfigurasi elektroda 2-D.

Konfigurasi elektroda 1-D menggunakan batang elektroda yang dibariskan dan ditancapkan pada tanah, konfigurasi ini membangun titik-titik medan listrik yang *inactive*. Konfigurasi elektroda 2-D memiliki beberapa



macam tipe yaitu meliputi *hexagonal*, *square* dan *triangular* yang dapat dilihat pada **Gambar 2.3**. Pada penelitian ini menggunakan tipe *hexagonal* karena sesuai dengan penelitian (Siti, 2004) didapatkan bahwa konfigurasi 2-D *hexagonal* lebih efektif dan efisien untuk menurunkan konsentrasi Cr pada tanah yang terkontaminasi logam berat di bandingkan dengan tipe *square* ataupun *triangular*. Dalam konfigurasi elektroda tipe *hexagonal*, elektroda membentuk lubang seperti sarang lebah, berisi katoda yang dikelilingi oleh 6 (enam) anoda (Chan and Lynch, 2002).

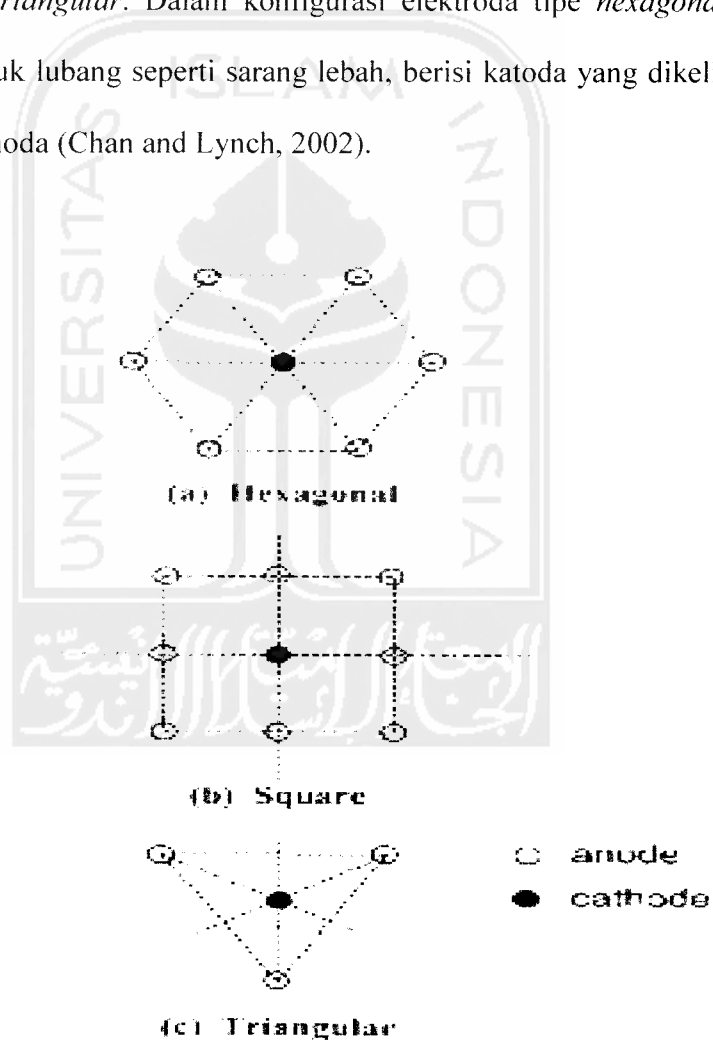


FIG. 2. Examples of 2D Electrode Configurations

umum *leachate* adalah cairan sampah yang ditimbulkan oleh proses dekomposisi sampah padat dan perkolasi air kedalam timbunan sampah. Sampah padat dengan kandungan air minimum 25 % akan mengalami pembusukan secara organis oleh pengurai menghasilkan *leachate* sebagai salah satu hasilnya.

Pengolahan *leachate* yang kurang higienis dapat mengakibatkan pencemaran air tanah sekitar lokasi karena kandungan kimianya sangat besar. Pencemaran udara pun dapat terjadi karena bau busuk yang ditimbulkan oleh *leachate* yang terkomposisi. *Leachate* yang tidak dikelola dapat menyebabkan proses dekomposisi sampah padat terhambat karena syarat kelembaban nisbinya tidak terpenuhi.

Efektivitas dari sistem saluran *leachate* ke instalasi pengolahan *leachate* sangat mempengaruhi kinerja saluran *leachate* itu sendiri, termasuk pemeriksaan, pemeliharaan dan perbaikan. Pemilihan desain sistem penyaluran *leachate* yang kurang tepat dapat menyebabkan kesulitan pada kinerja pemeliharaan dan pengumpulannya.

Dengan sistem penyaluran *leachate* diharapkan sebagian besar dapat tertangkap disaluran selanjutnya dialirkan secara lancar ke instalasi pengolahan *leachate* sebelum dibuang ke badan air.

Selain itu *leachate* dapat pula dihasilkan dari ekstraksi sampah itu sendiri, karena sampah (solid waste) pemukiman mengandung kadar air 20 %

- 30 %. Kadar air ini sebenarnya tidak akan menimbulkan masalah, asalkan sampah tersebut sudah teraduk dan dipadatkan dengan baik. Air yang timbul akibat pengaruh kelembaban sampah atau yang berasal dari proses dekomposisi akan diserap oleh sampah kering lainnya.

Bila *leachate* merembes kedalam sampah yang sedang mengalami pembusukan, maka unsur-unsur kimia dan bahan-bahan biologis hasil pembusukan tersebut akan ikut terbawa. Ini berarti komposisi *leachate* tergantung jenis sampah dan aktifitas fisis, kimia dan biologis dalam timbunan sampah.

*Leachate* ini dapat mencemari air permukaan dan air tanah, maka komposisi *leachate* penting diketahui dalam menentukan pengaruhnya yang potensial terhadap kualitas air permukaan dan air tanah yang ada didekatnya.

#### 2.4. Proses Pembentukan *Leachate*

Sejak sampah berada dalam timbunan sampah maka mulailah terjadi proses dekomposisi yang ditandai oleh perubahan secara fisik, biologis dan kimiawi pada sampah. Proses yang terjadi antara lain:

- a. Penguraian biologis bahan organik secara aerob dan anaerob yang menghasilkan gas dan cairan
- b. Oksidasi kimia

- c. Pelepasan gas dari timbunan sampah
- d. Pergerakan cairan karena perbedaan tekanan
- e. Pelarutan bahan organik dan anorganik oleh air dan *leachate* yang melewati timbunan sampah
- f. Perpindahan materi terlarut karena konsentrasi dan osmosis
- g. Penurunan permukaan yang disebabkan oleh pemadatan yang mengisi ruang kosong pada timbunan.

Salah satu hasil dari rangkaian proses diatas adalah terbentuknya *leachate* berupa cairan akibat adanya air eksternal yang berinfiltrasi kedalam timbunan sampah. Air yang ada pada timbunan sampah ini antara lain berasal dari:

- a. Aliran permukaan yang berinfiltrasi kedalam timbunan sampah horizontal melalui tempat penimbunan
- b. Kandungan air dari sampah itu sendiri
- c. Air hasil proses dekomposisi bahan organik pada sampah

Reaksi biologis akan terus menerus berlansung didalam timbunan sampah menurut kondisi ada atau tidak adanya oksigen serta tahapan proses dekomposisi sehingga proses yang terjadi akan bersifat dekomposisi secara aerob dan anaerob.(Damanhuri, 1993)

### 2.4.1 Parameter Utama Dari *Leachate*

Parameter-parameter berikut ini penting dalam mendefinisikan daya cemar *sludge leachate* dari kegiatan proses dekomposisi sampah : BOD, COD, TSS, krom (keseluruhan), minyak dan lemak, sulfida, nitrogen total dan pH (Aulia Gani, dkk 1994).

### 2.4.2 Kualitas dan Kuantitas *Leachate*

Kualitas dan kuantitas *leachate* penting diketahui untuk menentukan sistem pengolahan yang tepat dan untuk memperkirakan efek-efek polusi dari *leachate* terhadap lingkungan.

Komposisi dan produktivitas *leachate* dipengaruhi oleh berbagai hal, seperti:

- a. Karakteristik sampah (organik/anorganik, mudah tidaknya terurai, mudah larut atau tidak)
- b. Hidrologeologi lokasi penimbunan sampah
- c. Klimatologi
- d. Kondisi TPA : umur timbunan sampah, kelembaban, temperatur
- e. Sifat air yang masuk ketimbunan sampah
- f. Jenis operasi yang dilakukan ditempat penimbunan sampah ( lahan tertutup dan sebagainya).

Faktor-faktor tersebut diatas sangat bervariasi pada satu tempat pembuangan yang lain, demikian pula aktivitas biologis serta proses yang terjadi pada timbunan sampah baik secara aerob maupun anaerob. Komponen utama yang terdapat dalam *leachate* dari landfill antara lain adalah (Tchobanoglous, 1993):

1. Organik
2. Kalsium (Ca)
3. Besi (Fe)
4. Nitrat (NO<sub>3</sub>-N)
5. Magnesium (Mg)
6. Seng (Zn)
7. Tracemetal seperti Mangan (Mn), timah hitam serta komponen mikrobiologi.



Kandungan unsur-unsur dalam leachate terdapat pada **tabel 2.1**

**Tabel 2.1** Kandungan unsur-unsur dalam leachate

No	Parameter	Konsentrasi mg/l	
		Range	Tipikal
1	BOD	2000-30000	10000
2	TOC	1500-20000	6000
3	COD	3000-45000	18000
4	Total Suspended Solid	200-1000	500
5	Organik Nitrogen	10-600	200
6	Amonia Nitrogen	10-800	200
7	Nitrat	5-40	25
8	Total Phospor	1-70	30
9	Otho Phospor	1-50	20
10	Alkaliniti	1000-1000	3000
11	pH	5.3-8.3	6
12	Total Hardness	300-10000	3000
13	Kalsium	200-3000	3500

14	Magnesium	50-1500	250
15	Potassium	200-2000	300
16	Natrium	200-2000	500
17	Klorida	100-3000	500
18	Sulfat	100-1500	300
19	Total Besi	50-600	6

Sumber : Tchobanoglous, G, et,all, 1977, Asolid Waste Engineering Principles and Management Issues, pg, 99.

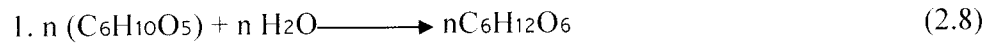
#### 2.4.3 Karakteristik Leachate

Aktifitas dalam landfill umumnya mengikuti suatu pola tertentu, pada mulanya sampah terdekomposisi secara aerobik, tetapi setelah oksigen didalamnya habis maka mikroorganisme utama yang bekerja adalah mikroorganisme fakultatif dan anaerobik yang menghasilkan gas methan yang tidak berbau dan berwarna. Karakteristik penguraian secara aerobik adalah timbulnya Karbon Dioksida, sedangkan penguraian secara anaerobik menghasilkan methan, karbon dioksida, air, asam organik, nitrogen, sulfida, mangan, besi dan sebagainya.



Reaksi kimia dekomposisi secara aerobik dijelaskan sebagai berikut (Chen, 1994):

Mikrobia



Selulosa



Reaksi kimia secara anaerobik (Chen, 1994)

Mikrobia



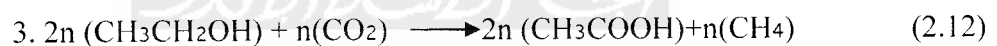
Glukosa



Etanol

Karbondioksida

Kalori Panas



Asam Asetat

Metana



Asam asetat

Metana

*Leachate* sebagai hasil proses dekomposisi organik banyak mengandung zat organik dan anorganik dengan konsentrasi yang tinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi materi organik *leachate* memiliki konsentrasi 100 kali lebih tinggi daripada air limbah. Konsentrasi materi organik yang berkaitan dengan pencemaran biasanya memakai parameter BOD, COD, TOC.

Adapun kualitas *leachate* dipengaruhi oleh:

- 1) Komposisi material sampah padat
- 2) Musim
- 3) Temperatur dan kelembaban
- 4) Teknis operasional pengolahan lindi
- 5) Umur timbunan

Sedang kuantitas *leachate* sangat dipengaruhi oleh curah hujan harian.

Jenis tanah penutup, infiltrasi air tanah dan sampah padat.

Secara umum karakteristik *leachate* di Indonesia adalah:

- a. Mempunyai pH rendah
- b. Memiliki nilai COD tinggi.

#### 2.4.4 Pengaruh Leachate

1. Air permukaan yang terpolusi oleh *leachate* dengan kandungan organik, untuk proses penguraiannya secara biologis memerlukan oksigen. Bila kandungan organik dalam *leachate* tinggi maka oksigen dalam badan air akan habis terpakai oleh mikroorganisme untuk menguraikan zat organik dalam *leachate* tinggi maka oksigen dalam badan air akan habis terpakai oleh mikroorganisme untuk menguraikan zat organik dalam *leachate* dan akhirnya seluruh kehidupan dalam badan air akan mati karena kondisi menjadi anaerobik.
2. Air tanah dapat pula dicemari *leachate*, akibatnya kualitas air tanah menurun dan tidak dapat lagi dipakai sebagai sumber air bersih.
3. Adanya kandungan organik tinggi dalam *leachate* akan menimbulkan bau yang tidak enak.

#### 2.4.5 Penanganan Leachate

Sistem saluran pengumpul sangat penting untuk mencegah emisi dan terakumulasinya *leachate* pada bagian dalam sel. Sistem pengumpulan harus aman dan tahan lama.

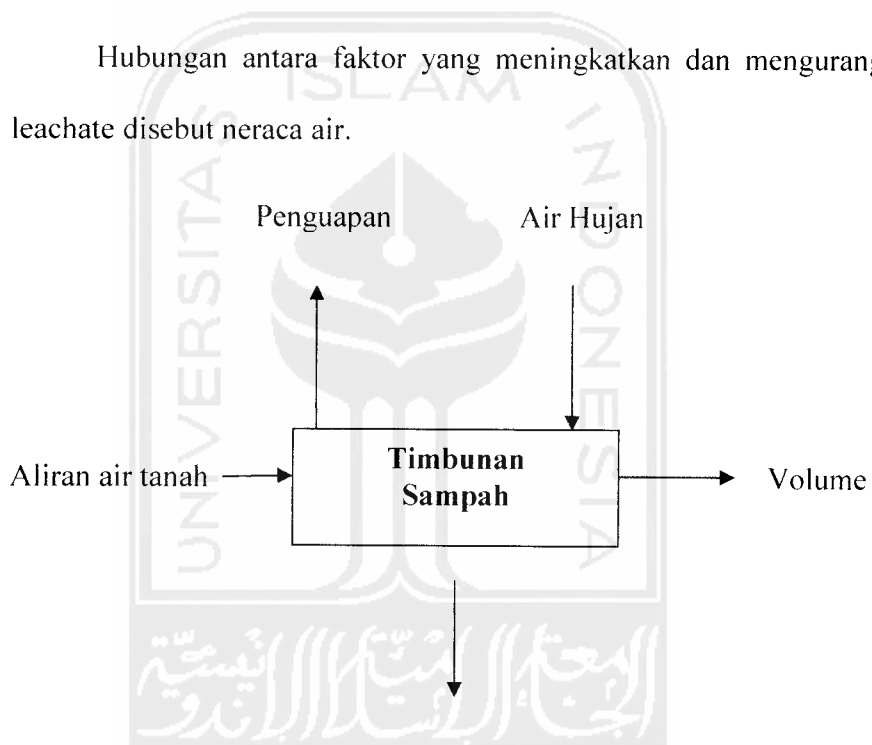
Untuk membuat saluran pengumpul dan penampungan, *leachate* perlu diketahui volume *leachate*. Volume *leachate* dipengaruhi oleh banyaknya

rembesan yang masuk kedalam timbunan sampah, termasuk pengaruh hujan.

Jumlah leachate dipengaruhi oleh beberapa faktor:

- Banyaknya air yang terkandung dalam sampah
- Proses penguapan yang berlangsung
- Reaksi yang memungkinkan terbentuknya molekul air

Hubungan antara faktor yang meningkatkan dan mengurangi jumlah leachate disebut neraca air.



Rembesan

**Gambar 2.4** Neraca Aliran

## 2.5 SENG (Zn)

Seng berasal dari bahasa Jerman yaitu *Zin* yang berarti timah. Logam seng ditemukan pertama kali oleh Andreas Marggraf berkebangsaan Jerman pada tahun 1746. Logam ini merupakan logam kristalin yang berwarna putih-kebiruan, logam ini cukup mudah bereaksi pada suhu 110-150°C. Logam seng di golongan dalam *transition metal*. (Will dan cotton, 1976)

**Tabel 2.2** Beberapa Sifat Fisik Logam Seng

Nama	Seng
Simbol	Zn
Nomor atom	30
Massa atom relative	65,39 g.mol <sup>-1</sup>
Titik leleh	419.58°C(692.73°K,787.2439°F)
Titik didih	907.0 °C (1180.15 °K1664,6 °F)
Nomor Proton/Elektron	30
Nomor Neutron	35
Klasifikasi	Logam Transisi
Struktur Kristal	Segi enam
Densitas @ 293 K	7.133 g/cm <sup>3</sup>
Warna	Putih-kebiruan

(Sumber : [www.Chemicalelements.com](http://www.Chemicalelements.com), 2005).

Salah satu logam transisi yang penting adalah seng (Zn). Seng adalah logam yang berwarna putih – kebiruan. Logam ini mudah bereaksi pada suhu 110-150°C. Seng (Zn) melebur pada suhu 410°C dan mendidih pada suhu 906°C. Seng (Zn) digunakan dalam produksi logam campuran, misalnya : Perunggu, logam dan kuningan. Senyawa seng (Zn) ini juga sering digunakan dalam pelapisan logam seperti : Baja, besi yang merupakan produk anti karat. Juga digunakan zat warna untuk cat, lampu, gelas bahan keramik, pestisida dan sebagainya. Seng (Zn) juga banyak dijumpai pada limbah industri CO<sub>2</sub> (Will dan Cotton 1976).

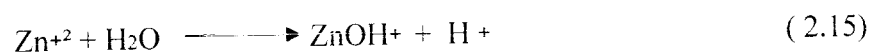
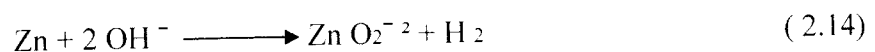
Kadar seng (Zn) pada air minum sebaiknya tidak lebih dari 5 mg/l. Toksisitas seng (Zn) menurun dan meningkatnya kesadahan dan meningkatnya suhu dan menurunnya oksigen terlarut, toksisitas seng (Zn) bagi organisme *algae*, *avertebrata* dan ikan sangat bervariasi < 1 mg/l hingga > 100 mg/l ( Effendi, 2003 ).

Keracunan seng (Zn) sering dijumpai pada hewan yang hidup didaerah yang tercemar unsur ini, dan keracunan Zn ini juga terjadi bersamaan dengan keracunan Cd secara kronis. Defisiensi seng (Zn) akan terlihat pada hewan dan gejala peradangan pada hidung dan mulut serta pembengkakkan persendian. Zn merupakan racun protoplasma dimana seng (Zn) merupakan penyebab *pneumonitis* dan menyebabkan *dermatitis* jika kontak dengan kulit. (Bapedal,1994).

Seng (Zn) adalah logam-logam putih, mengkilap, namun mudah ternoda. Zn didapatkan pada tempat penimbunan akhir sampah (TPA), industri cat, industri kosmetik, pestisida, industri mobil, tanah pertanian. Seng sendiri sebetulnya dalam jumlah kecil tidak toksik dan merupakan unsur yang dibutuhkan organisme, tetapi dalam jumlah besar senyawanya iritan dan korosif, dapat masuk kedalam tubuh melalui mulut, hidung atau terserap lewat kulit. Akibat setelah masuk kedalam tubuh logam tersebut akan mengalir bersama aliran darah dan beredar keseluruh tubuh. Hal ini kemungkinan akan mengganggu fungsi hati dan ginjal. (Soemirat, 1994).

Senyawaan biner, Oksida ZnO dibentuk dengan pembakaran logamnya di udara, atau dengan pirolisis karbonat atau nitratnya, asap oksida dapat diperoleh dengan pembakaran. Seng oksida biasanya putih dan berubah menjadi kuning pada pemanasan.

Seng mempunyai konfigurasi electron  $3d^{10}4s^2$ , Zn mudah bereaksi dengan asam bukan pengoksidasi, melepaskan  $H_2$  dan menghasilkan ion divalensi. Seng juga larut dalam basa kuat karena kemampuannya membentuk ion zinkat, biasanya ditulis  $ZnO_2^{2-}$ , sedangkan seng juga larut dalam asam.



Berdasarkan sifat kimianya, logam seng dalam persenyawaannya mempunyai bilangan oksidasi + 0 dan +2. Cara isolasi melibatkan pengapungan dan pemanggangan, Zn diperoleh kembali dengan cara tungku pemanas letupan. Seng mudah bereaksi bilamana dipanaskan dalam  $O_2$  menghasilkan oksidasi. Seng membentuk banyak aliansi beberapa diantaranya seperti kuningan, yang merupakan aliansi tembaga seng. Seng membentuk ion-ion  $Zn^{+2}$  tidak stabil dan dikenal hanya dalam bentuk lelehan atau padatan.

Seng merupakan logam yang sangat mudah bereaksi. Logam ini secara langsung dapat bereaksi dengan nitrogen, sulfat (Palar, 1994).

Kemampuan adsorpsi ion logam dapat tergantung dengan pH pada pH lebih dari 7  $Zn^{+2}$  akan mengendap dengan bentuk sebagai hidroksidasinya. (Hughes dan Poole, 1989).

Menurut Wulfsberg (1991),  $Zn^{+2}$  pada pH 1 – 7 berada sebagai  $Zn^{+2}$  (larutan) pada pH 7 -13 sbg  $Zn(OH)_2$  padatan dan pada pH 13 -15 sebagai  $Zn(OH)_4^{-2}$  larutan. Seng mengendap pada pH 6-11,5 dengan membentuk ion terhidrasi pada kondisi air normal atau asam.

Kation atau asam keras membentuk kompleks yang stabil dengan ligan atau basa keras, sedangkan anion atau asam lunak membentuk kompleks yang stabil dengan ligan atau basa lunak.  $Zn^{+2}$  di kelompokkan kedalam asam. (Hughes dan Poole, 1989)



### 2.5.1 Seng (Zn) Dalam Lingkungan

Logam Zn dapat masuk kedalam semua strata lingkungan, baik pada strata perairan, tanah maupun udara (lapisan atmosfer). Peningkatan konsentrasi Zn di lingkungan sangat di mungkin karena penggunaannya sangat luas dalam bidang industri. Akibatnya limbah yang di keluarkan akan semakin menambah konsentrasinya di lingkungan. Industri yang menggunakan logam berat Zn antara lain adalah industri cat, kosmetik, pestisida, industri mobil dan sebagainya. Masuknya Zn kelapisan udara dari strata lingkungan adalah dari pembakaran, mobilitas batu bara dan minyak bumi.

Logam Zn dapat masuk ke badan perairan melalui dua cara yaitu cara alamiah dan non alamiah. Masuknya Zn secara alamiah disebabkan oleh faktor fisika, seperti erosi (pengikisan) yang terjadi pada batuan atau mineral. Disamping itu, debu dan partikel Zn di udara akan dibawa turun oleh air hujan. Secara non alamiah masuknya Zn lebih merupakan dampak dari aktivitas manusia, yang dapat berupa limbah atau buangan industri sampai buangan rumah tangga.

### 2.5.2 Kegunaan Seng (Zn) Dalam Kehidupan

Seng telah dimanfaatkan secara luas dalam kehidupan manusia. Logam seng (Zn) selalu ada bercampur dengan logam lain, terutama dalam

pertambangan kadmium (Cd) dan timah hitam (Pb) yang selalu ditemukan seng dengan kadar 0,2-0,4 %. Sifat dan kegunaan logam ini adalah:

- a. Seng dithiokarbamat penting dalam industri sebagai pemercepat dalam vulkanisasi karet dengan sulfur.
- b. Senyawaan seng, khususnya  $ZnCO_3$  dan  $ZnO$  digunakan dalam salep obat, karena seng nampaknya kemungkinan terjadinya proses penyembuhan.
- c. Zn adalah hara utama penting yang dibutuhkan tanaman untuk beberapa proses biokimia dalam tanaman padi, termasuk produksi klorofil dan integritas membran.

### 2.5.3 Keracunan Seng (Zn)

Sebagai logam berat, Zn termasuk logam yang mempunyai daya racun tinggi. Daya racun yang dimiliki Zn ditentukan oleh valensi ionnya. Logam  $Zn^{2+}$  merupakan bentuk yang paling banyak dipelajari sifat racunnya dikarenakan  $Zn^{2+}$  merupakan *toxic* yang sangat kuat dan dapat mengakibatkan terjadinya keracunan akut dan keracunan kronis.

Keracunan akut yang disebabkan oleh senyawa  $ZnCl_2$ ,  $ZnSO_4$  pada manusia ditandai dengan kecenderungan terjadi gangguan fungsi darah didalam hati dan fungsi ginjal. Tingkat keracunan Zn pada manusia diukur melalui kadar atau kandungan Zn dalam urine.

Keracunan akut yang disebabkan oleh Zn sering terjadi pada pekerja di industri-industri yang berkaitan dengan logam ini. Peristiwa keracunan akut ini terjadi karena para pekerja tersebut terkena paparan uap logam Zn. Gejala-gejala keracunan akut yang disebabkan oleh keracunan Zn adalah timbulnya rasa sakit dan panas pada bagian dada. Gejala keracunan akut ini mulai muncul setelah 4-10 jam sejak si penderita terpapar uap logam Zn. Akibat dari keracunan logam Zn ini dapat menimbulkan penyakit paru-paru yang akut. Penyakit paru-paru akut ini dapat terjadi apabila penderita terpapar oleh uap Zn dalam waktu 24 jam, lebih jauh keracunan akut yang disebabkan oleh keracunan Zn dapat menimbulkan kematian apabila konsentrasi yang mengakibatkan keracunan tersebut berkisar (2500-2900)mg/m<sup>3</sup>.

Keracunan yang bersifat kronis yang disebabkan oleh daya racun yang dibawa oleh logam Zn terjadi dalam selang waktu yang sangat panjang. Peristiwa ini terjadi karena logam Zn yang masuk kedalam tubuh dalam jumlah kecil, akan tetapi bila proses masuknya tersebut terus-menerus secara berkelanjutan, maka tubuh pada batas akhir tidak mampu memberikan toleransi terhadap daya racun yang dibawa oleh Zn. Keracunan yang bersifat kronis ini membawa akibat yang lebih buruk dan penderita yang lebih menakutkan apabila dibandingkan dengan keracunan akut.

Pada keracunan yang disebabkan oleh Zn, umumnya berupa kerusakan-kerusakan pada banyak sistem fisiologis tubuh. Sistem-sistem

tubuh yang dapat rusak oleh keracunan kronis logam Zn ini adalah pada sistem urinaria (ginjal), sistem respirasi (pernafasan/paru-paru), sistem sirkulasi (darah) dan jantung (Palar, 1994).

## 2.6 LANDASAN TEORI

Produksi leachate yang berlebih yang tidak diolah dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan disekitar tempat pembuangan akhir sampah. Sehingga memerlukan perhatian yang serius dari pemerintah dan masyarakat sekitarnya.

Akibat dari pencemaran lingkungan yang diakibatkan dari leachate yang tidak diolah diantaranya bau, sungai disekitar tempat pembuangan akhir sampah tercemari, pencemaran air tanah, pencemaran tanah. Oleh karena itu pengolahan leachate sangat diperlukan untuk mengurangi beban pencemaran.

*Leachate* yang dihasilkan yaitu berupa *Leachate* cair dan padatan (*sludge*) dari hasil produksi sampah. Apabila leachate tersebut tidak dikelola dengan baik, maka akan menimbulkan pencemaran yang berdampak bagi kesehatan dan lingkungan sekitarnya.

Kandungan logam berat yang terdapat didalam *leachate* salah satunya adalah Seng (Zn). Seng (Zn) diperoleh dari proses dekomposisi sampah atau rembesan air dari sampah.

Elektrokinetik menggambarkan pengangkutan muatan secara fisik, kimia, aktivitas muatan partikel dan efek tegangan elektrik yang diterapkan dalam formasi serta pengangkutan partikel pada media berpori. Gejala yang terdapat dalam elektrokinetik adalah arus potensial, electroosmosis, potensial pengendapan dan electrophoresis.

Pada teknologi remediasi elektrokinetik, elektroda ditempatkan pada lumpur secara vertikal maupun horizontal. Prinsip remediasi secara elektrokinetik adalah menggunakan arus DC intensitas rendah melalui sludge yang terkontaminasi dengan dua atau lebih elektroda. Ketika arus *direct current* (DC) digunakan pada elektroda, dihasilkan lumpur yang terpengaruhi medan listrik oleh katoda dan anoda.

## 2.7. Hipotesis

Berdasarkan tinjauan pustaka dan landasan teori tentang remediasi elektrokinetik, maka dapat dirumuskan hipotesa sebagai berikut:

1. Teknik remediasi elektrokinetik dapat dipergunakan untuk memulihkan lumpur *leachate* dari proses dekomposisi sampah yang mengandung logam berat asam Zn.
2. Teknik Remediasi elektrokinetik efektif untuk menurunkan konsentrasi logam berat asam Zn dalam lumpur *leachate*.