

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Kegiatan Penambangan Emas di Indonesia**

Berbagai jenis penambangan emas tradisional di Indonesia dicirikan dengan penggunaan teknik eksplorasi dan eksploitasi yang sederhana dan murah. Untuk melakukan kegiatan penambangan peralatan yang digunakan berupa cangkul, linggis, ganco, palu, dan beberapa alat sederhana lainnya. Batuan dan urat kuarsa mengandung emas atau bijih ditumbuk sampai berukuran 1-2 cm, selanjutnya digiling dengan menggunakan alat gelundung (trommol, berukuran panjang 55-60 cm dan diameter 30 cm dengan alat penggiling 3-5 batang besi). Proses pengolahan emasnya biasanya menggunakan teknik amalgamasi, yaitu dengan mencampur biji emas dengan merkuri untuk membentuk amalgam dengan media air. Selanjutnya emas dipisahkan dengan proses penggarangan sampai didapatkan logam paduan emas dan perak (bullion). Produk akhir dijual dalam bentuk bullion dengan memperkirakan kandungan emas pada bullion tersebut.

#### **2.2. Pertambangan Emas Rakyat di Kokap**

Kegiatan penambangan emas di kokap telah berlangsung sejak  $\pm 10$  tahun yang lalu, setelah penemuan urat-urat kuarsa mengandung emas di daerah Sangon dan sekitarnya oleh penambang emas tradisional dari Tasikmalaya. Penambangan emas dilakukan dengan sistem tambang bawah tanah dengan cara membuat terowongan dan sumur. Teknik pertambangan dilakukan tanpa perencanaan yang baik dan dengan cara penggalian mengikuti arah urat kuarsa yang diperkirakan memiliki kadar emas cukup

tinggi. Pada tahun 2001 keadaan usaha pertambangan emas rakyat menunjukkan 25 lokasi penambang tradisional di daerah Sangon, tetapi saat ini sebagian besar pertambangan emas di Kokap telah tidak aktif.

### **2.3. Retort**

Retort adalah sebuah alat yang digunakan untuk menyuling gunanya memisahkan merkuri dari amalgam melalui penguapan. Alat ini akan memadatkan kembali uap merkuri ke bentuk aslinya dan mengalirkannya ke dalam wadah terpisah sehingga tidak ada merkuri yang terbuang. Sebuah retort standart terdiri dari tabung (pot) amalgam, pipa penguapan, dan tabung pendingin (pengubah uap menjadi zat cair). Dengan menggunakan retort, pencemaran merkuri yang diuapkan dalam proses pemisahan emas dapat dihindari dan merkuri dapat dimanfaatkan kembali.

### **2.4. Remediasi Elektrokinetik**

Remediasi elektrokinetik adalah pergerakan air (elektroosmosis), ion-ion dan molekul kutub (elektromigrasi) dan partikel padat (elektroporosis) yang berhubungan satu dengan yang lainnya diantara 2 elektroda dibawah arus (DC) dalam suatu medan listrik. Ketika arus DC masuk ke tanah, cairan akan bergerak menuju elektroda negatif (katoda) karena adanya reaksi elektroosmosis. Hal ini mengakibatkan perpindahan ion. Kation dengan muatan positif berpindah menuju katoda. Sementara anion dengan muatan negatif menuju anoda. Remediasi elektrokinetik meliputi proses:

#### **a. Elektroosmosis**

Elektroosmosis adalah perpindahan cairan yang dihasilkan dari medan elektrik yang dipasang sebagai isi permukaan diantara air dan tanah dengan isi tetap. Kontribusi terbesar pada muatan permukaan tanah datang dari partikel

lempung yang berhadapan, bisa terisi sebagai hasil dari beberapa mekanisme isomorphoric substitution. Penyerapan dari muatan ion dan reaksi penyatuan atau pemecahan proton.

Elektroosmosis menghasilkan aliran yang cepat dari air tanah dan mungkin menyebarkan secara signifikan pada proses dekontaminasi dalam tanah lempung dengan *advection*. Ketika beda potensial terjadi dari tanah ke cairan maka cairan akan berpindah ke arah yang ditentukan oleh sifat alami atau sifat dari air dan tanah. Dalam rongga lempung, permukaan menjadi negatif ketika dibasahi dengan air. Muatan ini diseimbangkan oleh gabungan lapisan air yang membawa muatan positif.

Elektrolisis dengan perpindahan secara konveksi dari rongga air dapat meningkatkan jumlah perpindahan ionik. Oleh karena itu pelarutan air dan kemampuan penyerapan dari kontaminan bisa mempengaruhi penghilangan kontaminan dari elektroosmosis. Penguraian organik tergantung dari tingkat kelarutan air dan rendahnya daya serap (benzena, toluena, trichloroethylene) bisa dihilangkan dengan mudah dari tanah yang jenuh dengan elektroosmosis. Penguraian organik dengan kelarutan rendah dan tingkat penyerapan yang tinggi (hexane dan isoocatan) dapat dihilangkan dengan elektroosmosis yang ditingkatkan dengan surfaktan. Elektroosmosis adalah kunci mekanisme dalam menghilangkan kontaminan nonpolar organik dari tanah dengan permeabilitas rendah (Pamucku and Wittle, 1993).

#### b. Elektromigrasi.

Elektromigrasi adalah pergerakan dari ion-ion kontaminan sebuah pori-pori air menuju elektroda di bawah medan listrik tanpa perpindahan secara konveksi, permeabilitas tanah mampu menghilangkan kontaminan dari segala macam tipe tanah, akan tetapi elektromigrasi hanya menghilangkan kontaminan ionik seperti ion-ion logam, asam organik terlarut dan basa elektromigrasi adalah kunci dari mekanisme dalam menghilangkan kontaminan ion organik terutama ion-ion logam (Kim, 1998).

#### c. Elektrophoresis

Elektrophoresis adalah pengangkutan dari muatan koloid atau partikel padat di bawah medan listrik arus searah. Dalam sistem porositas, elektrophoresis menjadi kurang penting karena padatan tidak bisa berpindah. Tapi dalam beberapa kasus, elektrophoresis dari koloid tanah bisa berperan dalam dekontaminasi. Jika koloid yang pindah mempunyai karakteristik kimia yang bisa diserap. Peran penting dari perpindahan elektrophoresis ke perpindahan kontaminan mungkin terjadi ketika kontaminan berada dalam bentuk koloid berelektrolisis atau ion micelles. Koloid terbuat dari kelompok yang terionisasi yang menempel pada molekul organik yang besar (makromolekul) dan kumpulan ion.

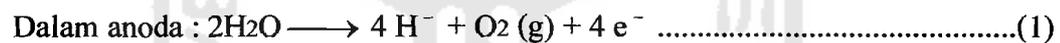
Ion *micelles* atau elektrolit koloid juga menghasilkan dua lapisan elektrik di sekitar mereka. Jika konduktivitas partikel sama dengan cairan sekitar dan elektrokinetik potensialnya rendah (Zetapotensial = 25 mV) maka mobilitas partikel bisa dijabarkan dalam bentuk persamaan Smoluchowski. Untuk nilai

yang lebih besar dari elektrokinetik, efek dari perlambatan elektroforesis bisa dianggap mirip dengan solusi elektrolit (Pamucku and Wittle, 1993).

#### d. Elektrolisis air

Ion dan molekul kutub dalam pori-pori cairan berpindah di bawah medan listrik. Di bawah medan listrik kation atau ion logam akan bergerak menuju katoda sedangkan anion bergerak menuju anoda dalam arah yang berbeda dipengaruhi oleh muatan listrik dan psikokimia.

Salah satu aspek yang penting dari pengolahan tanah secara elektrokinetik adalah perpindahan asam dari anoda ke katoda selama pengolahan. Ketika elektrolisis terjadi dipermukaan elektroda, ion-ion hidrogen diproduksi di anoda dan ion-ion hidrosil di katoda. adalah sebagai berikut :



Hasil dari elektrolisis adalah asam di anoda dan alkali di katoda yang terjadi secara terpisah. Pergerakan asam dan meningkatkan ion logam di dekat anoda dan penggumpalan ion logam di dekat katoda. Kondisi ini secara signifikan mempengaruhi pH dan kekuatan pori-pori ion air dan mobilitas serta daya larut logam pencemar dan kondisi muatan dari partikel tanah. Variasi pH di tanah dengan elektrolisis air pada daerah sekitar elektroda memberikan efek kekuatan partikel air dan karakteristik permukaan tanah seperti kapasitas pertukaran kation, maknitude dan zeta potensial. Selanjutnya spesifikasi mobilitas, daya larut dari kontaminan sering divariasikan dengan

pH dalam tanah selama pengolahan, yang mana dapat membatasi atau meningkatkan efisiensi pengolahan.

#### **2.4.1. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Proses Remediasi Elektrokinetik**

##### **a. Tipe Kontaminan dan Konsentrasi**

Tingginya konsentrasi ion dalam pori-pori akan menambah konduktivitas listrik tanah dan mengurangi efisiensi aliran elektroosmosik. Kuatnya aplikasi medan listrik harus dikurangi untuk mencegah konsumsi energi berlebihan dan berlangsungnya pemanasan selama proses (Alshwabkeh, 1999).

##### **b. Tingkat Voltase dan Arus**

Intensitas arus tinggi, dapat menjadikan lebih asam dan menambah laju transport untuk memfasilitasi proses pengangkatan kontaminan. Rapat arus (*current density*) berada pada kisaran antara 1-10 A/m<sup>2</sup> telah didemonstrasikan lebih efisien pada proses. Bagaimanapun, pemilihan rapat arus dan kuat medan listrik tergantung pada properti elektrokimia dari tanah yang akan diolah. Tingginya rapat arus yang dibutuhkan untuk mengatur kekuatan medan listrik yang dibutuhkan (Alshwabkeh, 1999).

##### **c. Kimia Efluen**

Kontaminan berada dalam bentuk kimia yang berbeda dalam subsurface tergantung pada kondisi lingkungan. Mereka dapat berupa presipitasi padatan terlarut dalam pori-pori atau air tanah, kompleks sorbed pada permukaan partikel tanah dan atau jenis ikatan zat organik dalam tanah. Dalam perbedaan bentuk ini, hanya padatan terlarut dapat bergerak dan dihilangkan dengan ekstraksi elektrokinetik dan beberapa teknologi remediasi yang lain. Untuk meningkatkan kinerja proses dapat juga ditambahkan zat kimia spesifik pula, penambahan ini akan merubah karakteristik sorbtion, penambahan

ini harus melalui uji laboratorium, karena penambahan yang salah akan mempersulit proses remediasi (Alshwabkeh, 1999).

## 2.5. Elektrokinetik

Elektrokinetik adalah suatu proses pembangkitan reaksi kimia dengan melewati arus listrik yang memiliki dua elektroda, yaitu kutub anoda dan katoda yang diletakkan didalam tanah yang sudah terkontaminasi 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.

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 diatasnya terdapat perjalanan ion. 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.

Prinsip remediasi elektrokinetik mengandalkan aplikasi arus DC intensitas rendah melalui tanah antara dua atau lebih elektroda. Sebagian besar tanah berisi air di dalam pori-pori antara partikel tanah dan mempunyai sifat menghantarkan listrik (konduktivitas listrik) yang merupakan hasil dari kehadiran garam dalam tanah. Arus penggerakan (*mobilize*) partikel dan ion dalam tanah meliputi proses :

Arus listrik dialirkan melalui elektroda yang dimasukkan dalam tanah untuk membangun medan listrik, dimana menyebabkan transport kontaminan dengan elektroosmosis dan migrasi ion (Acar dan Alshawabkeh, 1993). Pergerakan elektroosmosis dalam pori-pori medium tanah biasanya dari anoda ke katoda berturut-turut. Transport ini berpasangan dengan reaksi geokimia (seperti *desorption*, *dissolution*, dan *complexation*) yang merupakan mekanisme dasar proses remediasi elektrokinetik.

### 2.5.1. Reaksi-reaksi pada Katoda

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

- a. Jika larutan mengandung ion-ion alkali, ion-ion alkali tanah, ion  $\text{Al}^{3+}$  dan ion  $\text{Mn}^{2+}$ , maka ion-ion ini tidak dapat direduksi dari larutan. Yang mengalami reduksi adalah pelarut, dan terbentuklah gas hidrogen ( $\text{H}_2$ ) pada katoda.



- b. Jika larutan mengandung asam, maka ion  $\text{H}^+$  dari asam akan direduksi menjadi gas hidrogen ( $\text{H}_2$ ) pada katoda.



- c. 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.



### 2.5.2. Reaksi-reaksi pada Anoda

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

- a. Ion-ion halida ( $F^-$ ,  $Cr^-$ ,  $Br^-$ ,  $I^-$ ) akan dioksidasi menjadi halogen-halogen.
- b. Ion  $OH^-$  dari basa akan dioksidasi menjadi gas Oksigen ( $O_2$ ).



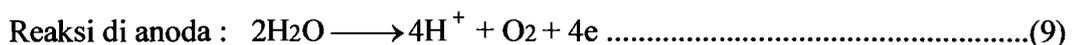
- c. Anion-anion yang lain ( $SO_4^{2-}$ ,  $NO_3^-$ , dsb) tidak dapat dioksidasi dari larutan. Yang akan mengalami oksidasi adalah pelarut (air), dan terbentuklah gas oksigen ( $O_2$ ) pada anoda.



Dalam deret Volta:

K – Ba – Ca – Na – Mg – Al – Mn – Zn – Cr – Fe – Cd – Co – Ni – Sn – Pb –  
(H) – Sb – Bi – Cu – Hg – Ag – Pt – Au, dari susunan ini semakin ke kanan nilai potensial reduksinya semakin besar, sehingga lebih mudah mengalami reduksi dan sukar mengalami oksidasi.

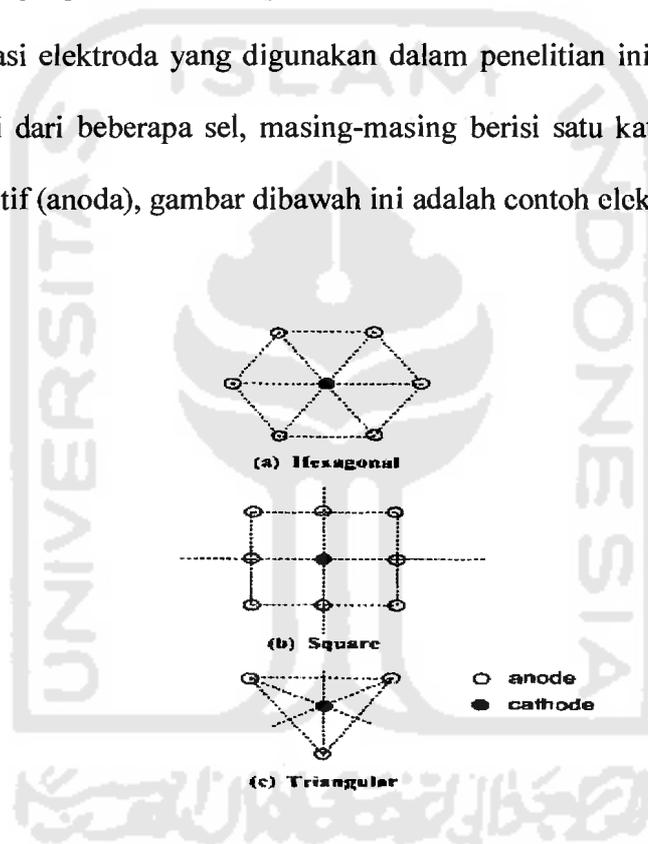
Dalam penelitian ini elektroda yang digunakan adalah karbon, yaitu elektroda yang tidak ikut bereaksi. Reaksi yang terjadi pada katoda dan anoda atas kontaminasi Pb dalam tanah adalah sebagai berikut :



## 2.6. Material dan Konfigurasi Elektroda 2-D Hexagonal

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. Material elektroda yang digunakan dalam penelitian ini adalah elektroda karbon dengan panjang  $\pm 6$  cm, sedangkan dimensi reaktor 1m x 1m x 1m.

Konfigurasi elektroda yang digunakan dalam penelitian ini yaitu elektroda 2-D *hexagonal* terdiri dari beberapa sel, masing-masing berisi satu katoda yang dikelilingi oleh 6 kutub positif (anoda), gambar dibawah ini adalah contoh elektroda 2-D.



Gambar 2.1. Jenis-jenis remediasi elektrokinetik 2D

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).

## 2.7. Pengertian Tanah

Tanah berasal dari hasil pelapukan batuan yang bercampur dengan sisa-sisa bahan organik dari organisme (vegetasi atau hewan) yang hidup di atasnya atau didalamnya, selain itu di dalam tanah terdapat pula udara dan air. Air dalam tanah berasal dari air hujan yang ditahan oleh tanah sehingga tidak bergerak ke tempat yang lain di samping pencampuran bahan mineral dengan bahan organik, dalam proses pembentukan tanah terbentuk pula lapisan tanah atau horizon-horizon tanah. Oleh karena itu definisi tanah adalah kumpulan dari benda alam dipermukaan bumi yang tersusun oleh horizon-horizon, terdiri dari campuran bahan mineral, bahan organik, air dan udara, serta merupakan media untuk tumbuhnya tanaman.

Tanah terdiri dari butir-butir berbagai ukuran, bagian tanah yang berukuran lebih besar dari 2 mm disebut bahan kasar (kerikil sampai batu), bahan-bahan yang lebih halus dapat dibedakan menjadi pasir ( $2\text{ mm}-50\ \mu$ ), debu ( $50\mu-2\mu$ ), dan tanah liat (kurang dari  $2\mu$ ).

Tekstur tanah menunjukkan kasar halusnya tanah, berdasarkan atas perbandingan banyaknya butir-butir pasir, debu, dan liat, maka tanah dikelompokkan ke dalam beberapa macam kelas tekstur tanah, yaitu :

1. Kasar terdiri dari kelas tekstur pasir dan pasir berlempung.
2. Agak kasar terdiri dari kelas tekstur lempung berpasir dan lempung berpasir halus.

3. Sedang terdiri dari kelas tekstur lempung berpasir sangat halus, lempung, lempung berdebu dan debu.
4. Agak halus terdiri dari kelas tekstur lempung liat, lempung liat berpasir, lempung dan liat berdebu.
5. Halus terdiri dari kelas tekstur liat berpasir, liat berdebu dan liat.

Tanah-tanah yang bertekstur pasir mempunyai luas permukaan yang lebih kecil sehingga sulit menyerap (menahan) air dan unsur hara, tanah-tanah yang bertekstur liat mempunyai liat permukaan yang besar sehingga kemampuan menahan air dan menyediakan unsur hara tinggi, tanah bertekstur halus lebih aktif dalam reaksi kimia dari pada tanah bertekstur kasar. Di lapangan tekstur tanah dapat ditentukan dengan memijit tanah basah di antara jari-jari, sambil dirasakan halus kasarnya yaitu dirasakan adanya butir-butir pasir, debu dan liat.

Peranan tanah dalam pengangkutan dan penghilangan bahan-bahan pencemar sangat besar, proses pengangkutan diantaranya adalah pengaliran (*flow on*), peresapan (*absorbtion*), dan pelumeran (*leaching*) (Pallar, 1994).

Menurut Pallar (1994), proses peresapan dari bahan-bahan pencemar yang terjadi pada lapisan tanah dipengaruhi oleh:

1. Karakteristik bahan pencemar dari struktur bahan pencemar karena bahan pencemar akan mengalami pertukaran ion ketika melewati lapisan liat dan organik.
2. Kandungan bahan organik yang terdapat pada lapisan tanah. Hal ini menjadi penentu apakah bahan yang ada akan ditahan atau diteruskan oleh lapisan tanah.

3. pH tanah yang sangat dipengaruhi oleh seberapa besar kadar lapisan liat yang ada pada tanah. Bila lapisan liat ini sangat besar jumlahnya maka proses peresapan menjadi sangat rendah atau tidak terjadi peresapan sama sekali. Hal itu disebabkan partikel tanah liat sangat halus dan tersusun sangat rapat sehingga sulit untuk dilalui.
4. Ukuran partikel tanah. Besar kecilnya ukuran partikel tanah akan sangat menentukan besar kecilnya pori-pori tanah. Semakin besar partikel tanah akan semakin besar pula pori-pori tanah dan keadaan itu akan semakin mempermudah proses peresapan oleh lapisan tanah. Sebaliknya semakin kecil partikel tanah maka pori-pori tanah akan semakin kecil pula, sehingga proses peresapan akan semakin sulit terjadi.
5. Kemampuan pertukaran ion. Hal ini bergantung pada jumlah residu bermuatan dari bahan pencemar dan struktur lapisan liat pada bahan tanah.
6. Temperatur pada setiap peristiwa peresapan, temperatur mempunyai pengaruh yang besar terhadap laju peresapan, karena pada umumnya semakin tinggi temperatur maka daya serap terhadap bahan pencemar semakin besar.

Pelumeran bahan –bahan pencemar banyak dipengaruhi oleh faktor kandungan air dalam lapisan tanah dan dalam bahan pencemar itu sendiri. Hal ini disebabkan besar kecilnya kandungan air menentukan menentukan tingkat kestabilan bahan pencemar yang sekaligus menjadi penentu dari proses pelumeran. Perpindahan lumeran pada umumnya akan memperkecil konsentrasi bahan pencemar di dalam badan tanah (Pallar, 1994).

### 2.7.1. Logam Berat

Logam berat masih termasuk golongan logam dengan kriteria-kriteria sama dengan logam-logam lain, perbedaan terletak dari pengaruh yang dihasilkan bila logam ini berkaitan dan atau masuk kedalam tubuh organisme hidup (Pallar, 1994).

Karakteristik dari kelompok logam berat adalah sebagai berikut (Pallar, 1994):

1. Memiliki *spesific gravity* yang sangat besar (lebih dari 4).
2. Mempunyai nomor atom 22-34 dan 40-50 serta unsur-unsur lantanida dan aktinida.
3. Mempunyai respon biokimia khas (spesifik) pada organisme hidup.

Limbah yang mengandung logam berat dan bahan toksik tidak hanya mengganggu kesehatan lingkungan, kesejahteraan lingkungan tetapi juga dapat merubah sistem biologis (Darmono, 1995).

Berdasarkan daya pencemar dan tingkat bahaya logam berat dibagi menjadi empat kelas (Pallar, 1994) :

1. Berdaya pencemar sangat tinggi, seperti: Pb, Hg, Cd, Cr, As, Sb, Ti, dan Be.
2. Berdaya pencemar tinggi, seperti: Ba, Cu, Au, Li, Mn, Se, Te, Va, Co, dan Rb.
3. Berdaya pencemar menengah, seperti: Bi, Fe, Ca, Mg, Ni, K, Zn, dan Ag.
4. Berdaya pencemar rendah, seperti: Al, Na, Ap, dan Sr.

Semua logam berat dapat mengakibatkan keracunan atas makhluk hidup, namun sebagian logam berat tetap dibutuhkan oleh makhluk hidup, kebutuhan tersebut dalam jumlah yang sangat kecil (Pallar, 1994).

## 2.8. Karakteristik Logam Berat Timbal (Pb)

Timbal atau dalam keseharian lebih dikenal dengan nama timah hitam, dalam bahasa ilmiah dinamakan *plumbum*, logam ini termasuk kelompok logam-logam golongan IV A pada tabel periodik unsur kimia dan mempunyai nomor atom (NA) 82 dengan berat atom (BA) 207,2 (Pallar, 1994).

Penyebaran logam berat timbal di bumi sangat sedikit. Jumlah yang terdapat di seluruh lapisan bumi hanyalah 0,0002 % dari jumlah seluruh kerak bumi. Jumlah ini sangat sedikit jika dibandingkan dengan jumlah kandungan logam berat lainnya yang ada di bumi. Di alam sendiri, terdapat 4 macam isotop timbal yaitu:

1. Timbal – 204 atau  $Pb^{204}$ , diperkirakan berjumlah sebesar 1,48 % dari seluruh isotop timbal.
2. timbal – 206 atau  $Pb^{206}$ , ditemukan dalam jumlah sebesar 23,60 % dari seluruh isotop timbal yang terdapat di alam.
3. Timbal – 207 atau  $Pb^{207}$ , sebanyak 22,60 % dari semua isotop timbal yang terdapt di alam.
4. Timbal – 208 atau  $Pb^{208}$ , ditemukan sebanyak 52,32 % dari seluruh isotop timbal yang terdapat di alam.

Isotop-isotop timbal tersebut merupakan hasil akhir dari peluruhan unsur-unsur radioaktif alam. Timbal – 206 merupakan hasil akhir dari peluruhan dari unsur *uranium* (U). Timbal – 207 berasal dari peluruhan unsur radioaktif *actinium* (Ac), dan timbal – 208 adalah hasil akhir dari peluruhan radioaktif *thorium* (Th).

Timbal tidak pernah ditemukan dalam bentuk murni. Bijih logam timbal bergabung dengan logam-logam lain seperti perak (*argentum* – Ag), seng (*zincum* – Zn),

arsen (*arsenikum* – As), logam stibi (*stibium* – Sb) dan logam bismut (*bismut* – Bi) (Pallar, 1994).

Logam ini sangat populer dan banyak dikenal orang awam, hal ini disebabkan banyaknya timbal yang digunakan pada industri dan paling banyak menimbulkan keracunan pada makhluk hidup. Sifat-sifat dan kegunaan logam ini adalah :

- a. Mempunyai titik lebur yang rendah, hanya 327.5 °C sehingga mudah diolah dan digunakan
- b. Mudah dibentuk karena logam ini lunak
- c. Merupakan logam yang tahan terhadap korosi sehingga sering digunakan sebagai bahan *coating*
- d. Bila dicampur dengan logam lain membentuk logam campuran yang lebih bagus daripada logam murninya
- e. Merupakan penghantar listrik yang tidak baik.

### **2.8.1. Pb dalam Tanah**

Menurut Page *et al.*, dalam Darmono (2001), faktor yang meningkatkan atau menurunkan konsentrasi logam berat dalam lingkungan adalah kecepatan angin, ukuran partikkel tanah tercemar, jumlah kendaraan bermotor dan penambahan jarak jalan raya.

Masuknya logam berat ke dalam tanah secara berlebihan dapat menyebabkan turunnya fungsi tanah sebagai media tumbuh tanaman maupun fungsinya sebagai salah satu faktor pendukung lingkungan sehingga kandungan bahan-bahan organik di dalamnya mengalami perubahan.

Apabila kompleks jerapan tanah maupun kompleks pertukaran tanah sudah dijenuhi oleh ion-ion termasuk Pb, maka Pb yang tidak terjerap akan terlarut didalam larutan tanah sehingga menjadi bentuk yang dapat terserap oleh akar tanaman.

### **2.8.2. Timbal (Pb) Dalam Lingkungan**

Konsentrasi timbal di udara di daerah perkotaan kemungkinan mencapai 5 sampai 50 kali daripada di daerah-daerah pedesaan. Semakin jauh dari daerah perkotaan, semakin rendah konsentrasi Pb di udara. Timbal yang mencemari udara terdapat dalam dua bentuk, yaitu berbentuk gas dan partikel-partikel. Gas timbal terutama berasal dari pembakaran bahan aditif bensin dan kendaraan bermotor yang terdiri dari tetraetil Pb dan tetrametil Pb. Partikel-partikel Pb di udara berasal dari sumber-sumber lain seperti pabrik-pabrik alkil Pb dan Pb-okside, pembakaran arang, dan sebagainya. Polusi Pb yang terbesar berasal dari pembakaran bensin, di mana dihasilkan berbagai komponen Pb, terutama  $PbBrCl$  dan  $PbBrCl_2PbO$ .

Tanah mungkin mengandung komponen Pb arsenat yang stabil karena komponen ini banyak digunakan sebagai pestisida. Tetapi pada saat ini pestisida tersebut tidak digunakan lagi karena telah banyak diganti dengan pestisida organik. Di daerah-daerah pertanian yang dekat dengan jalan-jalan raya pada umumnya kandungan Pb pada hasil-hasil pertanian yang dipanen dari daerah-daerah yang jauh dari jalan raya. Hal ini menunjukkan bahwa pencemaran Pb umumnya berasal dari kendaraan-kendaraan bermotor.

### 2.8.3. Kegunaan Timbal (Pb) Dalam Kehidupan

Penggunaan timbal terbesar adalah dalam produksi baterai penyimpanan untuk mobil. Di mana digunakan timbal metalik dan komponen –komponennya. Elektrode dari beberapa baterai mengandung struktur inaktif yang disebut *grid* yang dibuat dari alloy timbal yang mengandung 93% timbal dan 7% antimony. Bagian yang aktif dari baterai terdiri dari timbal dioksida ( $PbO_2$ ) dan logam timbal yang terkait pada grid.

Penggunaan lainnya dari timbal adalah untuk produk-produk logam seperti amunisi, pelapis kabel, pipa dan solder, bahan kimia, pewarna, dan lain-lainnya. Timbal juga digunakan sebagai campuran dalam pembuatan pelapis keramik yang disebut *glaze*. Glaze adalah lapisan tipis gelas yang menyerap ke dalam permukaan tanah liat yang digunakan untuk membuat keramik. Komponen utama dari glaze keramik adalah silika yang bergabung dengan oksida lainnya membentuk silikat kompleks atau gelas. Komponen timbal yaitu  $PbO$  ditambahkan ke dalam glaze untuk membentuk sifat mengkilap yang tidak dapat dibentuk dengan oksida lainnya.

### 2.8.4. Keracunan Timbal (Pb)

Daya racun Pb di dalam tubuh di antaranya disebabkan oleh penghambat enzim oleh ion-ion  $Pb^{2+}$ . Enzim yang diduga dihambat adalah yang diperlukan untuk pembentukan hemoglobin. Penghambatan tersebut disebabkan terbentuknya ikatan yang kuat (ikatan kovalen) antara  $Pb^{2+}$  dengan grup sulfur yang terdapat di dalam asam-asam amino (misalnya cistein) dari enzim tersebut. Bentuk kimia Pb merupakan faktor penting yang mempengaruhi sifat-sifat Pb didalam tubuh. Komponen Pb organik, misalnya tetraetil Pb, segera dapat terabsorpsi oleh tubuh melalui kulit dan membran

mukosa. Hal ini merupakan masalah bagi pekerja-pekerja yang bekerja di pabrik-pabrik yang memproduksi komponen tersebut. Komponen Pb di dalam bensin, meskipun berbentuk komponen organik, tidak merupakan bahaya polusi dalam bentuk organik karena selama pembakaran akan diubah menjadi bentuk anorganik. Komponen ini dilepaskan di udara dan sifatnya kurang berbahaya dibandingkan dengan Pb organik. Pb anorganik diabsorpsi terutama melalui saluran pencernaan dan pernapasan, dan merupakan sumber Pb utama di dalam tubuh.

#### **2.8.5. Efek Timbal (Pb) Pada Lingkungan**

Aktivitas utama manusia yang meningkatkan konsentrasi logam timbal adalah dari pembakaran bensin dan pabrik-pabrik yang memanfaatkan logam ini. Logam timbal (Pb) dapat masuk di udara (lapisan atmosfer), air dan tanah melalui proses alami dan aktivitas manusia.

Kebanyakan timbal terdapat di udara dan *end up* di air dan tanah. Di dalam tanah timbal akan mengikat kuat butiran partikel sehingga tidak menyebar ke *ground water*. Tanah yang mengandung timbal akan tampak kehitaman. Tanah pertanian jika mengandung timbal akan berbahaya bagi hasil pertaniannya karena hasil pertaniannya akan mengandung timbal.

#### **2.8.6. Efek Timbal (Pb) Bagi Kesehatan**

Timbal (Pb) merupakan logam berat yang terdapat pada limbah Bahan Bahaya dan Beracun (B3) yang dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui pernapasan, minuman dan makanan dan melalui kulit. Dan jika terakumulasi dapat menyebabkan gangguan pada organ tubuh manusia.

Logam timbal (Pb) berbahaya bagi kesehatan manusia, sebagian besar pada orang-orang yang selalui mengendarai kendaraan bermotor yang tanpa disadari selalu menghirup asap kendaraan yang menggunakan bensin yang bertimbal. Permasalahan kesehatan yang lain disebabkan karena jenis-jenis makanan yang mengandung timbal adalah gangguan pada organ tubuh manusia seperti lemas, keletihan, gangguan perut dan anemia.

## **2.9. Pemanfaatan Metode Remediasi Elektrokinetik Untuk Menurunkan Kadar Timbal (Pb).**

### **2.9.1. Studi Terdahulu**

#### **2.9.1.1. Remediasi Elektrokinetik Dengan Menggunakan Konfigurasi Elektroda 2-D Hexagonal Pada Tanah Yang Tercemar Logam Berat Timbal (Pb) [Wahyu, 2001]**

Wahyu, 2001 menerapkan metode baru dalam teknik remediasi elektrokinetik yakni dengan menyisipkan larutan elektrolit (KCl) diantara katoda dan tanah yang akan diolah. Hal ini dilakukan guna mempertahankan pH tanah agar tetap rendah serta mencegah terpresipitasinya logam berat (Pb) dalam tanah di dekat katoda, sesuatu yang sering terjadi pada teknik elektrokinetik terdahulu. Sejumlah parameter percobaan yang diteliti antara lain konsentrasi (C) Pb dalam tanah, periode percobaan (t), perilaku pH, konsentrasi larutan elektrolit dan jenis media bak pasir (artificially contaminated sand) maupun tanah alami yang tercemar.

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa Pb dapat disisihkan dari tanah dengan berbagai tingkat efisiensi. Pada pasir  $C_0 = 100$  ppm dan  $t = 48$  jam diperoleh efisiensi 21,09 % ( $KL = 2,15 \times 10^{-4} \text{ m det}^{-1}$ ) dan meningkat menjadi 53,59 % ( $KL = 2,36 \times 10^{-1} \text{ m}$

det<sup>-1</sup>) pada C<sub>0</sub> = 400 ppm. Demikian pula pada C<sub>0</sub> = 900 ppm bila t = 8 jam didapat efisiensi 39,06 % akan meningkat jika t menjadi 24 jam dan 48 jam yakni sebesar masing-masing 78,87 % dan 84,26 %. Pada percobaan dengan tanah alami C<sub>0</sub> = 975 ppm didapat efisiensi yang lebih rendah yakni 32,84 % bila dibandingkan pada media pasir dengan kondisi percobaan sama, yang besarnya 87,68 %. Konsentrasi KCl juga mempengaruhi kinerja sistem dimana tingkat efisiensi penyisihan menjadi sedikit meningkat.

Peningkatan konsentrasi larutan elektrolit menjadi dua kalinya tidak secara proporsional meningkatkan fluks Pb yang tersisihkan. Selain itu jenis media tanah juga mempengaruhi laju desorpsi Pb. Pada tanah alami walau desorpsi berlangsung lebih lama dibandingkan pada pasir, namun Pb yang tersisihkan relatif lebih kecil. Hal ini disebabkan sifat Pb yang immobile dalam tanah serta kompleksnya reaksi-reaksi kimiawi logam berat dengan partikel tanah itu sendiri.

#### **2.9.1.2. Remediasi Elektrokinetik dengan Menggunakan Konfigurasi Elektroda 2-D Hexagonal pada tanah Terkontaminasi Logam Berat Cr [Fatimah, 2004]**

Metode penelitian Remediasi elektrokinetik ini menggunakan tegangan 40 Volt dan 0,2 A DC. Tanah yang digunakan adalah simulasi tanah kaolinit Godean dengan Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> hingga konsentrasi Cr = 500 µg/g, berat tanah = 150 kg dan ditempatkan pada bak dari kaca berukuran 1 m x 0,95 m x 1 m. Waktu yang digunakan untuk remediasi tanah adalah selma 12 jam. Elektroda yang digunakan adalah elektroda karbon bekas batu baterai dengan panjang 5 cm dan diameter 0,8 cm. Jarak antar elektroda 15 cm dengan konfigurasi 2D hexagonal.

Penelitian menunjukkan, karena adanya proses-proses kimia tersebut maka terjadi perubahan pH dan konsentrasi Cr dalam tanah. Nilai pH awal rata-rata adalah 2,4 kemudian berubah di setiap area titik sampling. Perubahan pH pada setiap area mengakibatkan terjadinya perbedaan kondisi di tiap area. Pada area sekitar katoda memiliki kondisi basa dengan pH antara 8,4 sampai 10,2 sedangkan pada area anoda memiliki kondisi asam dengan nilai pH antara 3 sampai 5,4. konsentrasi logam berat Cr dalam tanah mengalami penurunan dari konsentrasi awal 500  $\mu\text{g/g}$  menjadi konsentrasi terendah yaitu 78,6  $\mu\text{g/g}$  dengan efisiensi sebesar 78,13 %.

#### **2.10. Hipotesa**

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

1. Teknik remediasi elektrokinetik dapat dipergunakan untuk memulihkan tanah yang telah terkontaminasi oleh logam berat Pb
2. Teknik Remediasi elektrokinetik efektif untuk menurunkan konsentrasi logam berat Pb dalam tanah pertambangan emas di kecamatan Kokap, kabupaten Kulonprogo yang tercemar logam berat Pb.