

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Merkuri (Hg)

Merkuri, ditulis dengan simbol kimia (Hg) atau hydragyum yang berarti "perak cair" (liquid silver) adalah jenis logam sangat berat yang berbentuk cair pada temperatur kamar, berwarna putih keperakan, memiliki sifat sebagai berikut:

1. Berwujud cair pada temperatur kamar. Zat cair ini tidak sangat mudah menguap (tekanan gas/uapnya adalah 0,0018 mm Hg pada 25°C)
2. Terjadi pemuaian secara menyeluruh pada temperatur 396°C
3. Merupakan logam yang paling mudah menguap
4. Logam yang sangat baik untuk menghantar listrik
5. Dapat melarutkan berbagai logam untuk membentuk alloy yang disebut juga amalgam
6. Merupakan unsur yang sangat beracun bagi hewan dan manusia (Pallar, 1994).

Sifat penting merkuri lainnya adalah kemampuannya untuk melarutkan logam lain dan membentuk logam paduan (alloy) yang dikenal sebagai amalgam. Emas dan perak adalah logam yang dapat terlarut dengan merkuri, sehingga merkuri dipakai untuk mengikat emas dalam proses pengolahan bijih sulfida mengandung emas melalui proses amalgamasi. Amalgamasi merkuri–emas di

lakukan dengan memanaskannya sehingga merkuri menguap meninggalkan logam emas dan campurannya.

Merkuri sangat jarang dijumpai sebagai logam murni (native mercury) di alam dan biasanya membentuk mineral sinabar (cinnabar) atau merkuri sulfida (HgS). Merkuri sulfida terbentuk dari larutan hidrothermal pada temperatur rendah dengan cara pengisian rongga (cavity filling) dan penggantian (replacement). Merkuri sering berasosiasi dengan endapan logam sulfida lainnya, diantaranya Au, Ag, Sb, Cu, Pb dan Zn sehingga di daerah mineralisasi emas tipe urat biasanya kandungan merkuri dan beberapa logam berat lainnya cukup tinggi.

2.1.1. Merkuri (Hg) Dalam Lingkungan

Merkuri dan komponen-komponen merkuri banyak digunakan oleh manusia untuk berbagai keperluan. Sifat-sifat kimia dan fisik merkuri membuat logam tersebut banyak digunakan untuk keperluan ilmiah dan industri. Hampir semua merkuri diproduksi dengan cara pembakaran merkuri sulfida (HgS) di udara, dengan persamaan reaksi sebagai berikut:



Merkuri dilepaskan sebagai uap, yang kemudian mengalami kondensasi, sedangkan gas-gas lainnya mungkin terlepas di atmosfer atau dikumpulkan.

Merkuri di alam terdapat dalam berbagai bentuk sebagai berikut:

1. *Merkuri anorganik*, termasuk logam merkuri (Hg⁺⁺) dan garam-garaman seperti merkuri klorida (HgCl₂) dan merkuri oksida (HgO).
2. Komponen merkuri *organik/organomerkuri*, terdiri dari:

- a. *Aril merkuri*, mengandung hidrokarbon aromatik seperti fenil merkuri asetat.
- b. *Alkil merkuri*, mengandung hidrokarbon alifatik dan merupakan merkuri yang paling beracun, misalnya metil merkuri, etil merkuri, dan sebagainya.
- c. *Alkoksialkil merkuri* (R – O – Hg).

2.1.2. Pengadaan merkuri dalam rantai makanan :

Ada tiga macam proses bakterial utama yang mempengaruhi transportasi logam, termasuk merkuri dalam tata lingkungan, yaitu :

1. Degradasi senyawa-senyawa logam organik menjadi senyawa-senyawa dengan bobot molekul yang lebih rendah.
2. Perubahan bentuk-bentuk logam yang terjadi melalui aktivitas metabolisme pada organisme hidup.
3. Perubahan ion logam anorganik menjadi senyawa logam organik karena adanya proses oksidasi-reduksi.

Proses pada ketiga item tersebut umumnya melibatkan peristiwa metilasi dengan bantuan bakteri (Pallar, 1994).

2.1.3. Kegunaan Merkuri (Hg) Dalam Pertambangan Emas

Merkuri digunakan untuk mengikat emas dan perak dengan cara amalgamasi. Merkuri (Hg) adalah salah satu faktor penentu dalam proses amalgamasi. Merkuri yang digunakan harus berkadar tinggi atau bersih dan dalam

keadaan masih baru (fresh), sehingga merkuri tersebut mempunyai daya tangkap emas dan perak dengan baik. Jumlah merkuri tidak perlu banyak, tetapi disesuaikan dengan kadar emasnya.

2.1.4. Efek Merkuri Pada Lingkungan Pertambangan

Wilayah di sekitar tempat pengolahan emas rakyat telah mengalami kontaminasi merkuri yang signifikan. Hal ini dapat terjadi mengingat sebagian penambangan emas yang mengolah bijih emas di sekitar pemukimannya sering mengalirkan lumpur tailingnya ke halaman rumah sebelum ditampung pada kolam buatan yang terbatas atau bahkan dialirkan ke sungai di sekitarnya. Pada saat musim hujan, sebagian sungai mengalami banjir dan dalam keadaan demikian memungkinkan penyebaran merkuri dan unsur logam lainnya lebih luas, sehingga kontaminasi merkuri dan unsur logam lainnya dalam air dan sedimen sungai akan membawa dampak lebih besar, terutama jika unsur-unsur berbahaya tersebut diserap oleh makhluk hidup sebagai bagian rantai makanan yang akhirnya menjadi konsumsi masyarakat.

2.1.5. Efek Merkuri (Hg) Pada Lingkungan

Penggunaan merkuri di dalam industri-industri sering menyebabkan pencemaran lingkungan, baik melalui air buangan maupun melalui sistem ventilasi udara. Merkuri yang terbuang ke sungai, pantai atau badan air di sekitar industri-industri tersebut kemudian dapat mengkontaminasi ikan-ikan dan makhluk air lainnya termasuk ganggang dan tanaman air lainnya. Selanjutnya

ikan-ikan kecil dan makhluk air lainnya mungkin akan dimakan oleh ikan-ikan atau hewan air yang lebih besar masuk ke dalam tubuh melalui insang. Ikan-ikan dan hewan tersebut kemudian dikonsumsi oleh manusia sehingga manusia dapat mengumpulkan merkuri di dalam tubuhnya. Penggunaan merkuri di bidang pertanian sebagai pelapis benih dapat mencemari tanah-tanah pertanian yang dapat berakibat pencemaran terhadap hasil-hasil pertanian, terutama sayuran. WHO (World Health Organization) menetapkan batasan maksimum yang lebih rendah yaitu 0.0001 ppm untuk air.

2.1.6. Efek Merkuri Bagi Kesehatan

Sebagai logam berat Hg termasuk logam yang mempunyai daya racun tinggi. Walaupun mekanisme keracunan merkuri di dalam tubuh belum diketahui dengan jelas, tetapi beberapa hal mengenai daya racun merkuri dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Semua komponen merkuri dalam jumlah cukup beracun terhadap tubuh.
2. Masing-masing komponen merkuri mempunyai perbedaan karakteristik dalam daya racunnya, distribusi, akumulasi atau pengumpulan, dan waktu retensinya di dalam tubuh.
3. Transformasi biologi dapat terjadi di dalam lingkungan atau di dalam tubuh di mana komponen merkuri diubah dari satu bentuk menjadi bentuk lainnya.

4. Pengaruh merkuri di dalam tubuh diduga karena dapat menghambat kerja enzim dan menyebabkan kerusakan sel disebabkan kemampuan merkuri untuk terikat dengan grup yang mengandung sulfur di dalam molekul yang terdapat di dalam enzim dan dinding sel. Keadaan ini mengakibatkan penghambatan aktifitas enzim dan reaksi kimia yang dikatalis oleh enzim tersebut di dalam tubuh. Sifat-sifat membrane dari dinding sel akan rusak karena pengikatan dengan merkuri sehingga aktifitas sel yang normal akan terganggu.
5. Kerusakan tubuh yang disebabkan oleh merkuri biasanya bersifat permanen, dan sampai saat ini belum dapat disembuhkan.

Dalam bentuk metil merkuri, sebagian besar akan berakumulasi di otak. Karena penyerapannya besar, dalam waktu singkat bisa menyebabkan berbagai gangguan. Mulai dari rusaknya keseimbangan, tidak bisa berkonsentrasi, tuli, dan berbagai gangguan lainnya seperti yang terjadi pada kasus Minamata. Dan kerusakan tubuh yang disebabkan oleh merkuri pada umumnya bersifat permanen.

2.2. Penambangan Emas

Untuk mendapatkan emas dari tanah pertambangan dilakukan antara lain, langkah-langkah penambangan dan pengolahan hasil tambang sebagai berikut :

1. Penggalan lubang atau gua

Lubang/gua dibuat berdasarkan jalur urat-urat kuarsa yang mengandung emas. Penggalan lubang/gua biasa dilakukan pada musim kemarau

karena musim hujan dapat mengakibatkan tanah menjadi basah. Jika tanah pada bagian atas lubang/gua basah, maka lubang/gua dapat amblas. Hal ini dapat merusak bentang alam dan mengancam jiwa para penambang.

2. Penyedotan air

Pada musim hujan, beberapa penambang tetap berani menggali lubang. Pencarian urat-urat kuarsa yang mengandung emas dilakukan setelah hujan reda, air hujan meresap ke dalam tanah. Sehingga keluar mata air yang membanjiri lubang/gua. Air ini harus disedot untuk memudahkan proses penambangan.

3. Pencarian bahan tambang emas

Pencarian bahan tambang emas dilakukan dengan pahat dan palu.

2.2.2. Pengolahan Hasil Tambang

1. Pemecahan batuan

Batuan galian tambang dipecah kecil-kecil dengan palu atau lumpang untuk mempermudah proses penggilingan.

2. Penggilingan dan pencampuran

Pecahan dimasukkan ke dalam gelundung untuk digiling bersama dengan air raksa, daun-daunan, dan semen. Proses ini dinamakan amalgamasi. Air raksa digunakan untuk mengikat emas, sedangkan daun-daunan dan semen digunakan untuk mengikat selain emas. Setelah penggilingan selama (4–6) jam, dihasilkan dua bentuk, yaitu amalgam (campuran air raksa dan emas) serta limbah padat (daun-daunan, semen, dan bahan selain emas). Limbah padat ini diperkirakan

mengandung tembaga, perunggu, dll. Biasanya limbah ini dibuang ke sungai atau dikirim ke Jakarta untuk diolah lebih lanjut.

3. Penyaringan

Amalgam disaring atau diperas dengan kain parasut. Kemudian, dihasilkan dua bentuk yaitu emas dan air raksa. Biasanya air raksa ini dibuang ke sungai.

4. Pembakaran

Emas yang masih mengandung sedikit air raksa (berwarna perak) dibakar dengan sejenis alat las, sehingga terhasikan bullion. Proses ini juga merubah merkuri menjadi uap yang dapat mencemari udara dan membahayakan makhluk hidup.

2.2.2. Merkuri dalam Penambangan

Dalam pengolahan bijih emas dan perak merkuri (Hg) digunakan untuk mengikat emas dan perak yang tercampur dalam tanah penambangan. Setelah digunakan maka tanah yang telah diolah tersebut di buang. Dari sisa tanah yang telah dilakukan amalgamasi tersebut masih terdapat sisa kandungan bahan logam berat merkuri yang dapat merusak lingkungan serta membahayakan bagi kehidupan.

Banyak proses pengolahan bijih emas dengan teknik amalgamasi memakai gelundung umumnya dilakukan di lokasi pemukiman, di halaman rumah, kebun pemiliknya, atau di pinggir sungai yang berdekatan dengan lokasi tambang. Hal ini tentu menjadi perhatian, khususnya dalam melihat kemungkinan kontaminasi

Hg yang cukup tinggi. Di beberapa lokasi, material tailing yang telah memenuhi kolam dijual dan dibawa keluar daerah untuk diproses ulang. Jika hal ini terjadi, maka kontaminasi merkuri di lokasi pengolahan dapat berkurang.

Tetapi kadang-kadang dalam kondisi bak penampungan yang telah penuh, proses pengolahan masih berlangsung sehingga tailing meluap dan mengalir ke sungai, terutama jika terjadi hujan. Kenaikan konsentrasi merkuri dalam tailing yang tinggi berhubungan erat dengan pemakaian merkuri dalam proses penggilingan bijih. Selain itu, material tailing yang masih mengandung emas, perak, dan logam lainnya dalam jumlah yang tinggi, menunjukkan "recovery" pengolahan yang tidak optimal dan tidak dilakukannya penanganan tailing secara baik.

2.3. Remediasi Elektrokinetik

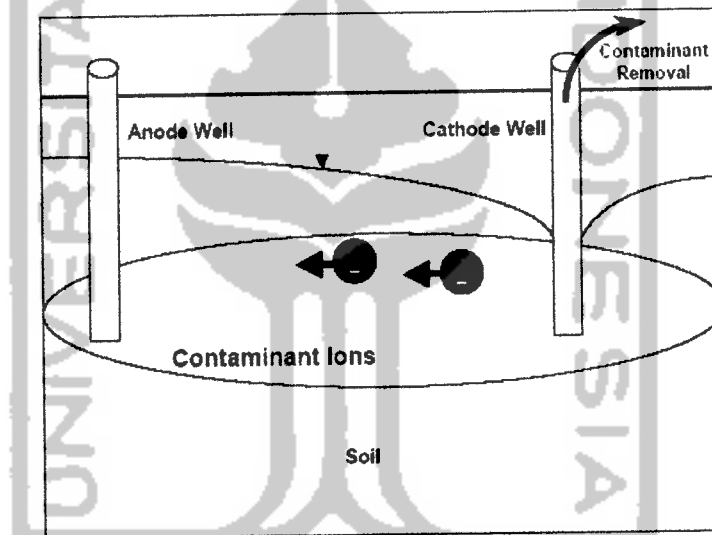
Remediasi adalah pemulihan pada suatu media yang terkontaminasi oleh zat-zat pencemar seperti logam berat dan atau senyawa organik untuk mengembalikan fungsi dari media tersebut sehingga dapat dimanfaatkan kembali dan tidak menimbulkan masalah.

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 tanah dengan susunan aliran terbuka. Tekanan aliran pada umumnya digolongkan dalam miliampere per sentimeter kuadrat (mA/cm^2) atau beda potensial tegangan listrik volt per sentimeter.

Dengan penerapan teknologi tersebut diharapkan kontaminan logam berat dalam tanah dapat dipindahkan/digerakkan, dipekatkan/dipadatkan, oleh elektroda serta diekstraksikan dari tanah, yang secara skematik dapat dilihat pada gambar 2.1 (Alshwabkeh, 2001).



Gambar 2.1 Prinsip dasar remediasi elektrokinetik
Sumber: Alshwabkeh, 2001

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

katoda dan anoda. Penggunaan sistem tersebut pada lumpur mempunyai beberapa efek yaitu: *electromigration*, *electroosmosis*, elektrolisis air dan *electrophoresis*.

a. Electromigration.

Yaitu pergerakan kation dan anion karena pengaruh sifat listrik yang ditimbulkan sistem tersebut pada tanah. 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 karena pengaruh arus merupakan reaksi elektrolisis pada elektroda. Terjadi oksidasi air pada anoda dan menghasilkan ion-ion hidrogen (H^+). Ion-ion H^+ tersebut membangkitkan asam untuk berpindah menuju katoda. Sebaliknya, penurunan air terjadi pada katoda dan menghasilkan ion-ion hidroksyl (OH^-) kemudian berpindah sebagai dasar ke arah anoda (Acar, dkk, 1990).

b. Elektroosmosis.

Elektroosmosis adalah perpindahan cairan yang dihasilkan dari medan elektrik yang dipasang sebagai isi permukaan di antara air dan tanah dengan isi tetap. Kontribusi terbesar pada muatan permukaan tanah datang dari partikel tanah yang berhadapan, bisa terisi sebagai hasil dari beberapa mekanisme *isomorphic substitution*, penyerapan dari muatan ion dan reaksi penyatuan atau pemecahan proton. Elektroosmosis

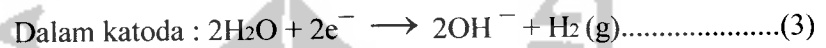
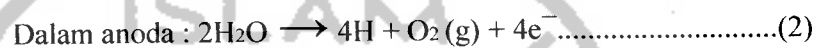
menghasilkan aliran yang cepat dari air tanah dan mungkin menyebarkan secara signifikan pada proses dekontaminasi dalam tanah dengan advection. Ketika beda potensial terjadi dari tanah ke cairan maka cairan akan berpindah ke arah yang ditentukan oleh sifat alami atau sifat dari air dan tanah. Dalam rongga tanah, 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 isooctane) 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).

c. 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

bergerak menuju katoda sedangkan anion bergerak menuju anoda dalam arah yang berbeda dipengaruhi oleh muatan listrik dan materi psikokimia. Salah satu aspek yang penting dari pengolahan tanah secara elektrokinetik adalah perpindahan asam dari anoda ke katoda selama pengolahan. Ketika elektrolisis terjadi di permukaan elektroda, ion-ion hidrogen diproduksi di anoda dan ion-ion hidrosil di katoda. Elektrolisis air yang terjadi dalam katoda adalah sebagai berikut :



Hasil dari elektrolisis adalah asam di anoda dan alkali di katoda yang terjadi secara terpisah. Pergerakan asam dan basa 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 kation, magnitudo 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.

elektrophoresis menjadi kurang penting karena padatan tidak bisa berpindah. Tetapi dalam beberapa kasus, elektrophoresis dari koloid tanah bisa berperan dalam dekontaminasi. Penting 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 (makro molekul) dan kumpulan ion.

Ion *micelles* atau elektrolit koloid juga menghasilkan dua lapisan elektrik di sekitar mereka. Jika konduktifitas partikel sama dengan cairan sekitar dan elektrokinetik potensialnya rendah (25 mV) maka mobilitas partikel bisa dijabarkan dalam bentuk persamaan Smoluchowski. Untuk nilai yang lebih besar dari elektrokinetik, efek dari perlambatan elektrophoresis bisa dianggap mirip dengan solusi elektrolit (Pamucku and Wittle, 1993).

2.3.1. 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/*sludge* yang sudah tercemar logam berat.

Ujung-ujung keluar masuknya arus dari dan ke tanah 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 adalah suatu proses yang 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 2.1 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.

2.4. 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 elektroosmotik. Kuatnya aplikasi medan listrik harus dikurangi untuk mencegah konsumsi energi berlebih dan berlangsungnya pemanasan selama proses (Alshawabkeh, 1999).

b. Tingkatan Voltase dan Arus

Intensitas arus tinggi, dapat menjadikan lebih asam dan menambah laju transport untuk memfasilitasi proses removal kontaminan. Rapat arus (*current density*) berada pada kisaran antara 1-10 A/m² telah didemonstrasikan lebih efisien pada proses. Bagaimanapun, pemilihan rapat arus dan kuat medan listrik tergantung pada properti elektrokimia dari tanah yang akan diolah. Tingginya konduktivitas listrik tanah menunjukkan tingginya rapat arus yang dibutuhkan untuk mengatur kekuatan medan listrik yang dibutuhkan (Alshwabkeh, 1999).

c. Kimia Efluen

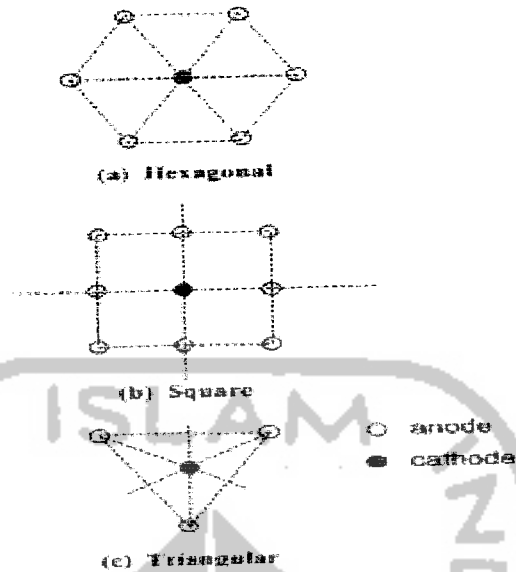
Kontaminan berada dalam bentuk kimia yang berbeda dalam subsurface tergantung pada kondisi lingkungan. Mereka dapat berupa presipitasi padatan terlarut dalam pori-pori atau jenis tanah, kompleks sorbed pada permukaan partikel tanah dan atau jenis ikatan zat organik dalam tanah. Dalam perbedaan bentuk ini, hanya padatan terlarut dapat bergerak dan dihilangkan dengan ekstraksi dan beberapa teknologi remediasi yang lain. Untuk meningkatkan kinerja proses dapat juga ditambahkan zat kimia spesifik untuk tanah yang spesifik pula, penambahan ini akan merubah karakteristik sorption, penambahan ini harus melalui uji laboratorium, karena penambahan yang salah akan mempersulit proses remediasi (Alshwabkeh, 1999).

2.5. 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 ± 25 cm, sedangkan dimensi reaktor $1\text{ m} \times 1\text{ m} \times 0.25\text{ m}$.

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 2.2 (a) dibawah ini adalah contoh elektroda 2-D hexagonal.

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).



Gambar 2.2 Contoh gambar konfigurasi 2D hexagonal

2.6. Pemanfaatan metode remediasi elektrokinetik untuk menurunkan kadar logam berat dalam tanah.

2.6.1. Studi terdahulu

2.6.1.1. Elektro-Klean elektrokinetik tanah EPA, 1994

Electro-Klean adalah proses electrokinetic tanah yang menggunakan arus searah dengan elektroda yang ditempatkan pada masing-masing sisi tanah yang dicemari dengan memisahkan dan menyuling/menyadap logam berat dan zat-pencemar organik pembentuk lahan, yang dapat diterapkan secara *in-situ*. Zat pencemar dipisahkan dengan listrik dalam post-treatment unit.

Pada uji Bech-Scale dapat memindahkan arsenik, benzen, cadmium, kromium, tembaga, ethylbenze, lead, nikel, zat asam karbol, trichloroethylene,

toluene, xylene, dan seng yang terbentuk dalam tanah. Pilot-Scale pada percobaan skala lapangan dapat menurunkan kandungan seng dan arsenik dari lempung pasir jenuh dan tidak jenuh juga pasir tersimpan. Tembaga juga dapat dipindahkan dari sedimen dengan cara dikeruk. Besarnya efisiensi tergantung pada bahan kimia yang digunakan secara spesifik, seperti konsentrasi, dan kapasitas penyangga yang menyangkut lahan itu. Teknik ini membuktikan bahwa efisiensi pemindahan zat asam karbol pada konsentrasi 500 ppm mencapai 85 sampai 95%. Bahkan kepindahan untuk lead, kromium, dan uranium dapat direduksi sampai dengan 2,000 μ g/g, yang bergerak antara 5% sampai 95%.(USEPA, 1994).

2.6.1.2.Sistem remediasi elektrokinetic untuk tanah yang terkontaminasi logam berat

Logam yang bersifat ion seperti air raksa merkuri (Hg) dan uranium bergerak melalui tanah ketika dikenakan suatu medan elektrik. Peristiwa Electrokinetik ini dapat menarik kontaminan uranium dan menghalangi penangkapan uranium untuk pembuangan secara umum yang terjadi. Larutan yang digunakan untuk meningkatkan daya larut logam berat. gambar 2.3 menunjukkan sistem proses yang dilakukan. Remediasi pencemaran oleh logam berat dan radionuklida bersifat ion gesit dan Low-Permeabilas remediasi tanah Manfaat dengan cara ini lebih ekonomis jika dibandingkan dengan penjualan dan penggalian, serta mengurangi resiko kesehatan jika dihubungkan dengan cara penggalian, dan mengurangi volume limbah buangan. (Robert S, 1994).

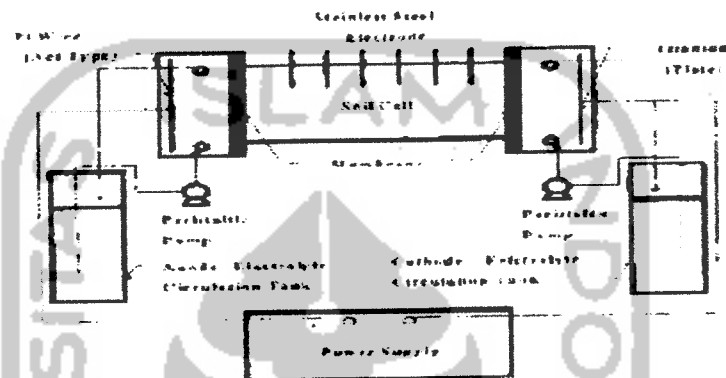


Gambar 2.3 Sistem remediasi elektrokinetik pada tanah yang terkontaminasi logam berat

2.6.1.3. Remediasi elektrokinetik yang ditingkatkan untuk perpindahan dari zat pencemar organik

Pencemaran organik dalam tanah adalah suatu masalah umum pada buangan yang beresiko. Studi ini menyelidiki aplikasi elektrokinetik tanah untuk memproses remediasi tanah yang tercemar dengan zat asam karbol (C_6H_5OH) dan (PCP pentachlorophenol; C_6Cl_5OH). Remediasi elektrokinetik tanah mempunyai efisiensi removal tinggi dan keefektifan waktu dalam kemampuannya menyerap air atau gas tanah rendah seperti tanah liat. Studi ini bersifat percobaan untuk menguji proses yang ditingkatkan secara elektrokinetik dalam membersihkan tanah yang dipenuhi bahan kimia, seperti yang ditunjukkan di dalam gambar 2.4. Pengolahan secara Electrokinetik pada tanah dengan memindahkan ion ke kutub zat pencemar organik dengan cara electromigraton, electroosmosis, difusi, dan elektrolisis. Efisiensi perpindahannya dipengaruhi oleh voltase listrik yang diterapkan, jenis solusi yang membersihkan, pH tanah, sifat

bahan yang dapat menyerap air atau gas dan zeta potensial tanah. Efisiensi kepindahan zat asam karbol dan PCP yang tertinggi adalah 85% dalam jangka waktu 4 hari dan sebagian besar tergantung pada arus yang dihasilkan secara electroosmotic. (Eykholt, 1997).



Gambar 2.4 Remediasi elektrokinetik yang diperkuat untuk mengangkat kontaminan organik.

2.6.1.4. Studi Kasus Pencemaran di Teluk Buyat Sulawesi Utara (Kompas, 01 September 2004)

Dugaan terjadinya pencemaran logam berat di perairan pantai Buyat karena pembuangan limbah padat (tailing) yang seharusnya tidak terjadi, seandainya limbah tersebut sebelum dibuang dilakukan pengolahan terlebih dahulu. Dalam kasus Buyat, logam merkuri kemungkinan dapat berasal dari limbah proses pemisahan biji emas atau dari tanah bahan tambangnya sendiri yang memang mengandung mercury. Banyak alternatif yang dapat digunakan untuk mengolah limbah yang mengandung merkuri diantaranya ialah dengan teknologi

Low Temperature Thermal Desorption (LTTD) atau dengan teknologi *Phytoremediation*.

2.7 Hipotesa

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

1. Teknik remediasi elektrokinetik dapat dipergunakan untuk menurunkan konsentrasi tanah yang terkontaminasi logam berat Hg.
2. Teknik remediasi elektrokinetik 2-D hexagonal lebih efektif dalam menurunkan konsentrasi logam berat Hg pada limbah tailing pertambangan emas.

