

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Media yang digunakan pada penelitian ini adalah tanah penambangan emas dari kecamatan Kokap kabupaten Kulonprogo. Berdasarkan hasil uji awal diketahui bahwa konsentrasi Pb awal sebelum di remediasi adalah 1,0302 mg/L. Hasil pengukuran semua sampel di berikan pada lampiran 1. Sedangkan standar baku mutu yang di perbolehkan adalah 100 mg/kg.

4.1. Hasil Penelitian

4.1.1. Hasil Analisa Konsentrasi Pb pada Area Efektif

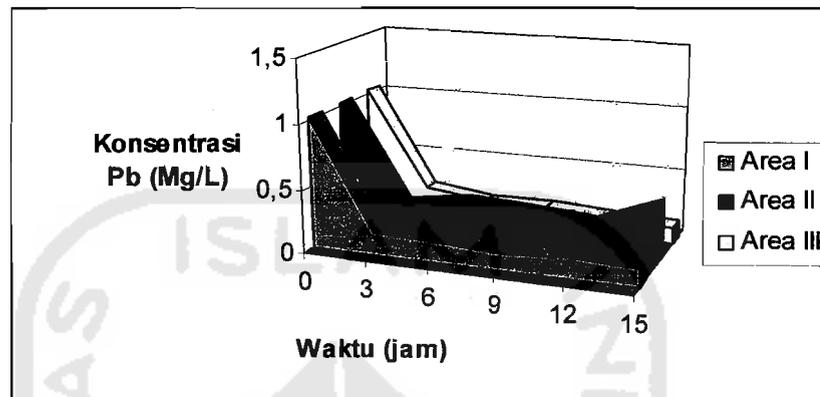
Titik sampel tanah dibagi menjadi 4 area yaitu:

- a. area I : terletak 15 cm dari katoda
- b. area II : terletak 10 cm dari katoda
- c. area III: terletak 5 cm dari katoda
- d. area inefektif : terletak 15 cm diluar katoda

Arca I, II, III merupakan area efektif sedangkan area in efektif merupakan area yang berada di luar daerah elektroda.

Konfigurasi elektroda 2D hexagonal ini menggunakan tegangan listrik 40 V dan arus DC 0.2A pada potongan melintang area antara elektroda pada tanah penambangan emas yang terkontaminasi Pb. Fungsi dari arus yang rendah pada DC dalam proses remediasi karena memerlukan waktu untuk terjadinya perpindahan kontaminan ke elektroda (Mitchell, 1993) sehingga kontaminan yang tertarik ke anoda langsung menuju katoda (migrasi searah), yang dilakukan selama 15 jam dengan interval waktu 3 jam di tiap area. Hasil pengukuran dan pengambilan sampel tanah, hasilnya disajikan pada

gambar 4.1. sedangkan grafik hubungan antara konsentrasi Pb pada setiap area terhadap waktu di berikan pada lampiran 3.

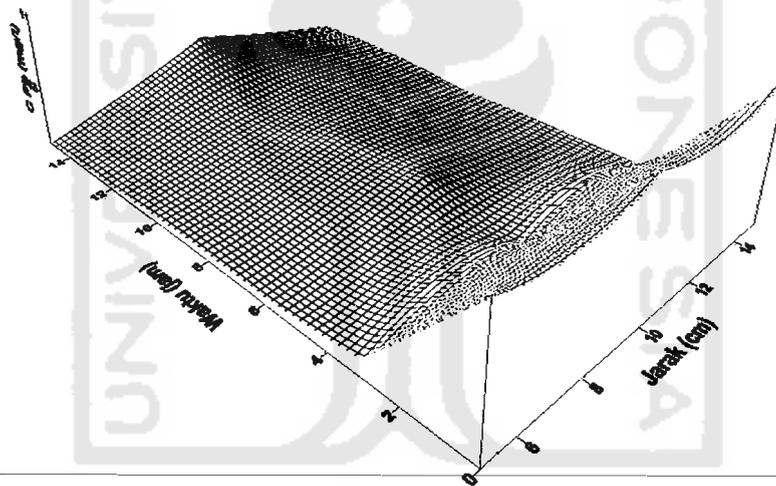


Gambar 4.1. Konsentrasi Pb terhadap waktu

Dari gambar 4.1. di atas, dapat dilihat bahwa terjadi penurunan konsentrasi Pb di setiap area dalam interval waktu 3 jam selama proses remediasi selama kurun waktu 15 jam. Gambar 4.1. tersebut menunjukkan bahwa fenomena yang terjadi pada hubungan konsentrasi terhadap waktu. Selama waktu remediasi, konsentrasi Pb dalam tanah menurun pada area I menjadi 0,1387 mg/L dan III sebesar 0,1305 mg/L, hal ini diperkuat dengan adanya penelitian dari (Alshawabkeh, 1999) bahwa adanya pergerakan dan penurunan kontaminan disebabkan adanya proses elektromigrasi dan elektroosmosis . tetapi pada area II terjadi kenaikan konsentrasi menjadi 0,4558 mg/L, ini dimungkinkan karena pada saat pengadukan pada area II kurang homogen sehingga dapat mempengaruhi konsentrasi pada saat remediasi, karena arus yang masuk kedalam media terhalang oleh rongga-rongga udara sehingga menyebabkan ion-ion yang ada tidak bisa terserap secara sempurna. Dalam penelitian remediasi elektrokinetik, rapat

arus sangat diperlukan untuk memberikan hasil yang efektif sehingga logam-logam berat (Pb) dapat tertarik ke arah katoda dengan baik. Namun secara keseluruhan pada area II juga mengalami penurunan konsentrasi Pb bila dibandingkan terhadap konsentrasi sebelum diremediasi yaitu sebesar 1,0302 mg/L. Foto-foto dokumentasi selama eksperimen di berikan pada lampiran 6.

Fenomena yang terjadi pada hubungan konsentrasi dan waktu remediasi di seluruh area efektif disajikan pada gambar 4.2.

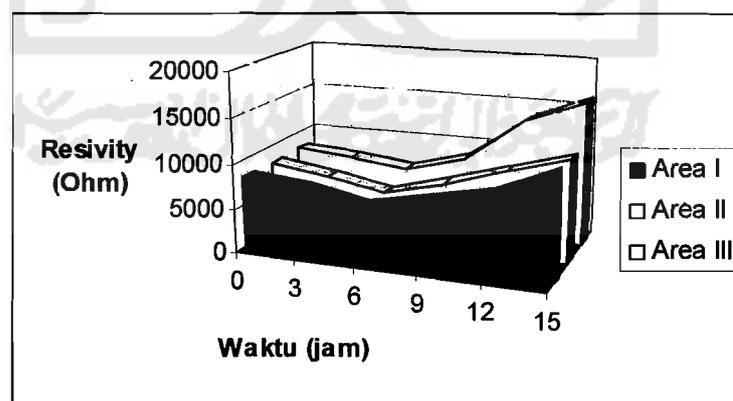


Gambar 4.2. Konsentrasi Pb terhadap jarak dan waktu di area efektif

Dari kurva-kurva (fenomena) di atas nampak bahwa semakin lama waktu remediasi dan semakin dekat jarak terhadap katoda maka konsentrasi Pb akan semakin menurun. Konsentrasi Pb terendah berada pada area III yaitu sebesar 0.0265 mg/L pada titik E2 dengan waktu remediasi selama 15 jam. Ini dikarenakan pada titik E2 jaraknya

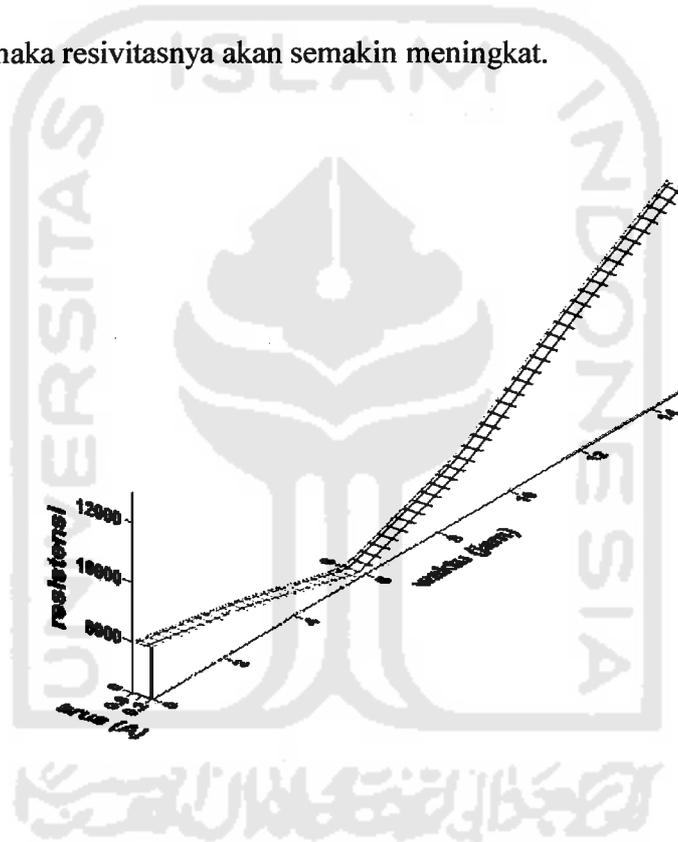
sangat dekat dengan katoda sehingga penarikan Pb menuju katoda sangat mudah terjadi, dan waktu 15 jam adalah waktu yang paling lama digunakan dalam penelitian ini sehingga konsentrasi Pb sangat kecil karena sudah teremediasi. Sehingga dapat dikatakan bahwa waktu selama 15 jam yang digunakan untuk remediasi dalam penelitian ini cukup maksimum.

Pada saat proses remediasi elektrokinetik berlangsung, maka terjadi proses elektromigrasi yang menyebabkan logam-logam Pb tertarik menuju arah katoda sehingga hambatan listriknya semakin tinggi. Hal ini diperkuat dengan penelitian dari (Acar dan Alshwabkeh, 1993) bahwa kontaminan anorganik (logam berat) mengalami proses elektromigrasi yang sangat dominan dalam menurunkan konsentrasinya, sehingga hambatan yang ada akan semakin meningkat juga. Pengukuran arus dan resistensi dilakukan dengan interval waktu setiap 3 jam. Data hasil pengukuran tersebut diberikan pada gambar 4.3. di bawah ini, sedangkan data numeriknya di berikan pada lampiran 2. dan kurva pada masing-masing area di berikan pada lampiran 4.



Gambar 4.3. Resistensi terhadap waktu

Dari gambar 4.3. diatas dapat dilihat bahwa resistivity di setiap area semakin lama semakin meningkat. Kenaikan resistensi ini disebabkan oleh penurunan konsentrasi ion-ion positif logam-logam berat yang menuju katoda. Sesuai dengan pernyataan Bueche(1989), bahwa resistensi berbanding terbalik dengan luas penampang. Pengecilan luas penampang disebabkan karena pengendapan logam-logam berat yang telah direduksi menjadi logam-logamnya. Sehingga semakin lama waktu yang di gunakan untuk remediasi maka resistivitasnya akan semakin meningkat.



Gambar 4.4. Resistensi, waktu dan arus

Gambar 4.4. adalah hubungan antara resistensi dengan waktu selama proses remediasi berlangsung. menunjukkan bahwa terjadi peningkatan resistensi pada variasi waktu setiap 3 jam selama 15 jam Resistensi awal sebelum remediasi adalah 8000 Ω dan resistensi ini terus mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya waktu dengan arus

waktu setiap 3 jam selama 15 jam Resistensi awal sebelum remediasi adalah 8000 Ω dan resistensi ini terus mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya waktu dengan arus yang konstan, sebesar 0,2 A. Pada 3 jam pengukuran pertama nilai resistensi sebesar 7333,4 Ω untuk area I, 6 jam sampai 15 jam berturut-turut adalah 6000 Ω , 7500 Ω dan 8833,4 Ω , 11666,7 Ω . Sedangkan untuk area II secara berturut-turut tiap 3 jam selama 15 jam adalah 7000 Ω , 5833,4 Ω , 7500 Ω , 9500 Ω , 11500 Ω . Dan untuk area III secara berturut-turut setiap 3 jam selama 15 jam adalah 7500 Ω , 6833,4 Ω , 8500 Ω , 13500 Ω , 16000 Ω . Sedangkan untuk area inefektif adalah 8750 Ω . Sedangkan arus terjaga tetap konstan yaitu 0,2 A. Karena terjadinya pengurangan ion-ion penghantar maka hambatan (resistensi) yang terjadi dalam tanah semakin semakin meningkat. Selain itu, karena adanya penumpukan kation pada katoda mengakibatkan luas penampang katoda menjadi mengecil sehingga hambatan yang dialami arus listrik akan semakin besar. Kenaikan resistensi yang terjadi pada penelitian ini disebabkan karena adanya penurunan konsentrasi ion-ion logam positif sehingga menyebabkan kenaikan resistensi yang cukup signifikan. (Alshawabkeh, 1999) juga mengungkapkan bahwa adanya penurunan konsentrasi ion-ion karena telah terjadi proses elektromigrasi (*ion migration*) di bawah pengaruh medan listrik.

Arus mempunyai keterkaitan dengan tegangan yang dialirkan dari *power supply*. Voltase yang dipakai pada penelitian ini ternyata tidak mampu menghasilkan arus yang cukup untuk menarik logam Timbal menuju batang katoda. Voltase yang dibutuhkan untuk setiap logam tidak dapat diukur dengan menggunakan rumus secara empiris, karena setiap logam memiliki resistensi yang berbeda satu sama lainnya. Sesuai dengan deret volta semakin ke kiri maka tegangan yang dibutuhkan untuk mereduksi logam berat

akan semakin besar. Untuk pemaksimalan migrasi logam-logam berat haruslah dilakukan beberapa kali perulangan penggunaan voltase yang berbeda-beda sehingga pada akhirnya dipilih voltase yang memiliki penurunan konsentrasi yang maksimal. Semakin besar voltase dan arus yang digunakan untuk meremediasi logam akan semakin besar pula efisiensi penurunan konsentrasinya.

4.2. Konsentrasi Pb pada Area InEfektif

Selain pada area efektif, analisis konsentrasi Pb juga dilakukan pada area inefektif, area yang terletak di luar area efektif. Pengambilan sampel dan hasil pada area inefektif ini adalah sebagai perbandingan terhadap area efektif. Area inefektif ini merupakan area yang berada di luar daerah elektroda (anoda dan katoda). Pada penelitian ini, pengambilan sampel tanah yang telah diremediasi dilakukan pada waktu yang bersamaan dengan pengambilan sampel tanah pada area efektif. Jarak pengambilan sampel tanah pada area inefektif sejauh 15 cm dari arah anoda. Dari hasil penelitian yang didapat bahwa terjadi kenaikan konsentrasi Pb pada area inefektif, sehingga dimungkinkan bahwa pada area tersebut mendapat pengaruh dari medan listrik dari area efektif. Walaupun kenaikannya relatif sangat kecil, namun telah ikut terpengaruh oleh sistem elektroda area efektif terhadap area inefektif.

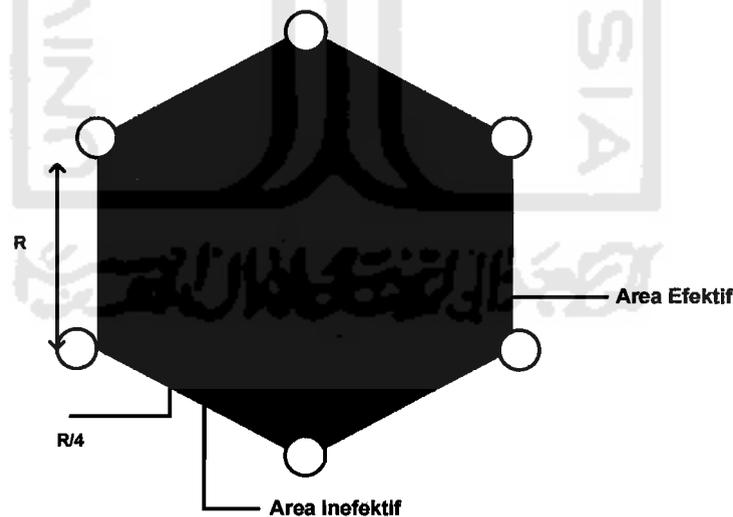
Perbedaan konsentrasi pada area inefektif disebabkan oleh masih terpengaruhnya daerah inefektif oleh medan listrik. Ion-ion Pb^{2+} yang berada pada area inefektif akan menuju katoda melalui area efektif atau area I, II dan III.

Secara umum tujuan penerapan konfigurasi elektroda 2D adalah untuk mencapai aliran radial (*axi-symmetrical*). Katoda ditempatkan di tengah untuk memberikan akumulasi kontaminan Pb pada zona yang lebih kecil di sekitar katoda sedangkan anoda

ditempatkan pada batas pinggir untuk memaksimalkan penyebaran lingkungan asam yang dibangkitkan oleh anoda dan meminimalkan perluasan lingkungan basa yang dibangkitkan oleh katoda. Titik-titik *inactiv* (mati) medan listrik dalam konfigurasi 2-D terbentuk, namun lebih kecil dibandingkan yang terbangun pada konfigurasi 1-D yang berisi garis paralel anoda dan katoda. Dalam konfigurasi 1-D, rapat arus lokasinya bebas, dalam konfigurasi 2-D, rapat arus bertambah secara linier dengan jarak menuju katoda. Kuatnya medan listrik juga bertambah secara linier dengan jarak menuju katoda (Alshwabkeh, 1999).

Menurut Alshwabkeh (1999), distribusi medan listrik menunjukkan area inefektif beberapa sel berbentuk *curvilinear triangle* (segitiga sama kaki) dengan badan kaki merupakan jarak elektroda yang mempunyai polaritas sama.

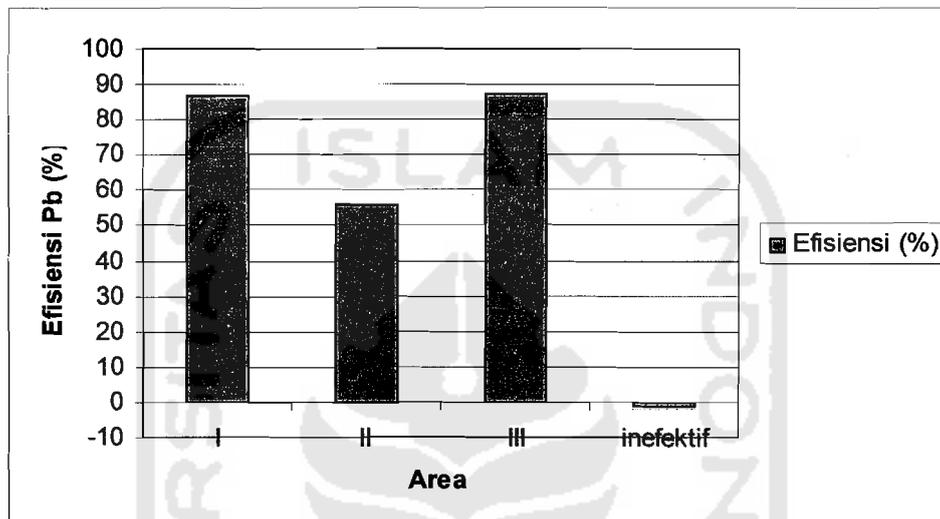
Besar area segitiga ini diperkirakan tergantung pada waktu proses, spasi elektroda dan kesejajaran, seperti gambar 4.5.



Gambar 4.5. Bentuk area efektif dan inefektif karena distribusi medan listrik (Alshwabkeh, 1999)



Dari besarnya nilai efisiensi dapat dibuat grafik antara % penurunan konsentrasi Pb terhadap area dan ditunjukkan pada gambar 4.6. perhitungan efisiensi masing-masing area di berikan pada lampiran 5.



Gambar 4.6. Efisiensi penurunan konsentrasi Timbal pada masing-masing area

Dari gambar 4.6. terlihat bahwa efisiensi penurunan konsentrasi Timbal setelah proses remediasi elektrokinetik terbesar terjadi pada area III yaitu sebesar 87,33 % dan efisiensi terendah terdapat pada area inefektif sebesar -1,19 %. Untuk area II efisiensi penurunan konsentrasi Pb sebesar 55,75 % ini dimungkinkan karena pada saat pengadukan pada area ini kurang homogen sehingga arus yang mengalir tidak menyebar sempurna sehingga efisiensinya menurun. Pada area I sebesar 86,5 %. Proses migrasi ion-ion Pb^{2+} terjadi pada semua arah permukaan tanah, yaitu pada area inefektif dan area efektif. Penurunan konsentrasi Timbal tidak terjadi pada area I, karena migrasi ion-ion Timbal dari area inefektif berkumpul pada area I selama terjadinya proses elektrokinetik. Sementara itu, logam-logam Pb akan berlomba-lomba menuju

katoda. Besarnya efisiensi pada area III disebabkan karena area ini memiliki jarak yang terdekat dari batang katoda sehingga logam-logam Pb^{2+} akan lebih mudah tertarik menuju batang katoda. Sedangkan pada area inefektif efisiensinya sebesar -1,19 % ini dikarenakan pada area ini tidak dialiri arus listrik sehingga efisiensinya sangat kecil dan ini dianggap wajar. Menurut (Alshawabkeh, 1999) bahwa remediasi elektrokinetik dapat meremoval logam berat Pb sebesar 85% - 95%. Sehingga dapat dikatakan bahwa remediasi elektrokinetik pada penelitian ini cukup berhasil.

