

ANALISIS PENCEMARAN LOGAM BERAT OLEH LINDI (*LEACHATE*) TPA SAMPAH AIR DINGIN KOTA PADANG MENGGUNAKAN METODA GEOLISTRIK POLARISASI TERIMBAS (*INDUCED POLARIZATION*)

Fatni Mufit, Mahrizal, Nofi Yendri Sudiar
Jurusan Fisika FMIPA UNP

ABSTRACT

Waste management in the Air Dingin Landfill is still using open dumping system, that is a system which lets piles of rubbish in an open place, and is very likely to pollute the environment. During the rainy season, soil and water surrounding the landfill are very easily polluted by the leachate that is rubbish liquid which contains many dangerous toxic substances including heavy metals. This research aims to investigate the indication of heavy metal pollution as a result of leachate seepage from Air Dingin Landfill in Padang city using Induced Polarization Geoelectrical method. Geoelectric measurements were carried out in the northwest and northeast parts of the landfill as much as three lines; line I was within 3 meters in the north of new waste heaps, line II was within 2 meters in the north of leachate's pool, and line III was within 3 meters from the old waste heaps. The instrument being used was ARES (Automatic Resistivity) using induced polarization method with Wenner configuration. The results of the study revealed that in line I, II and III in the depth of 1 to 20 meters were indicated the pollution by leachate (by the value of $\rho < 3 \Omega m$), whether it was from waste piles or seepage from the leachate's pool. This leachate's liquid infiltrated into clay as a dominant sediment in the research site, and it also polluted the aquifers of underground water system (reaching the depth of 60 meters). The pollution of heavy metals with the value of resistivity $0.5 - 1.2 \Omega m$ was indicated in line I and II which was assumed coming from waste heaps of metals and also from the seepage of leachate's pool.

Keyword : *heavy metals pollutant, leachate , Air Dingin landfill, induced polarization*

PENDAHULUAN

Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah Kota Padang terletak di Kelurahan Air Dingin yang berjarak sekitar 17 km dari pusat kota dengan luas areal 30 Ha. Pengelolaan sampah di TPA Air Dingin ini masih menggunakan sistem *open dumping* yaitu suatu sistem dengan membiarkan sampah menumpuk pada suatu tempat yang terbuka, dan sangat berpotensi mencemari lingkungan. Tanah dan Air tanah di sekitar TPA sangat mudah dicemari oleh lindi yaitu cairan sampah yang banyak mengandung bahan beracun berbahaya termasuk logam berat. Hal ini sangat membahayakan bagi kesehatan penduduk sekitar TPA yang

menggunakan tanah dan air tanah untuk lahan pertanian maupun sumber air minum.

Pencemaran air dan tanah terjadi terutama saat hujan datang dan air permukaan meresap ke dalam timbunan sampah. Cairan sampah yang disebut juga dengan lindi (*leachate*) akan infiltrasi ke dalam tanah dan mencemari air tanah yang merupakan sumber air minum penduduk sekitar TPA. Tanah dan air yang tercemar lindi juga dapat mencemari tanaman hasil pertanian penduduk yang berada di dekat lokasi TPA. Zat-zat pencemar yang berasal dari tumpukan sampah berupa logam berat akan diserap oleh akar tumbuhan. Oleh sebab itu, akumulasi logam berat pada tanah pertanian dapat berakibat tidak hanya pada kontaminasi lingkungan tapi yang lebih

buruk adalah menyebabkan meningkatnya kadar logam berat pada hasil-hasil pertanian yang dipanen, dan selanjutnya akan masuk dalam siklus rantai makanan (Widia ningrum, 2004).

Pencemaran air tanah oleh rembesan lindi dapat dideteksi melalui metode geolistrik, yang memprediksi pencemaran pada kawasan yang lebih luas dan kedalaman tertentu (Juandi, 2009). Metoda geolistrik menggunakan injeksi arus listrik ke dalam bumi melalui elektroda arus, kemudian mengukur beda potensial yang terjadi melalui elektroda potensial.

Polarisasi Terimbas atau IP (*Induced Polarization*) merupakan metoda geolistrik yang mendeteksi terjadinya polarisasi listrik pada permukaan mineral-mineral logam di bawah permukaan bumi. Prinsip yang menyebabkan terjadinya polarisasi terimbas adalah adanya arus induktif sehingga menyebabkan reaksi transfer, yaitu reaksi antar ion elektrolit dan mineral logam. Kandungan mineral logam dalam bumi biasanya terbentuk sebagai senyawa-senyawa sulfida, yang mempunyai konduktivitas yang besar (Telford, 2004). Sulfida merupakan penghantar elektronik sedangkan larutan dalam pori-pori batuan merupakan penghantar ionik. Sistem seperti ini memungkinkan terjadinya gejala polarisasi terimbas (IP) jika arus dialirkan ke dalamnya. Gejala polarisasi terimbas juga dapat ditimbulkan oleh beberapa oksida dan mineral lempung. Pencemaran oleh logam berat ini dapat diketahui dengan melihat anomali nilai tahanan jenis (*resistivity*) pada air tanah yang sudah terkontaminasi logam berat.

Beberapa sumur dangkal di sebelah Tenggara dan Selatan lokasi TPA terindikasi mengandung logam berat (tidak memenuhi syarat baku mutu) terutama sumur yang berjarak 98 – 331 m dari kolam lindi (titik 1 – titik 6 pada Gambar 1.) (Komala, 2008). Kedalaman konstruksi sumur tersebut

berkisar 3 – 8 m dan muka air sumur berada pada kedalaman 2 – 5 m.

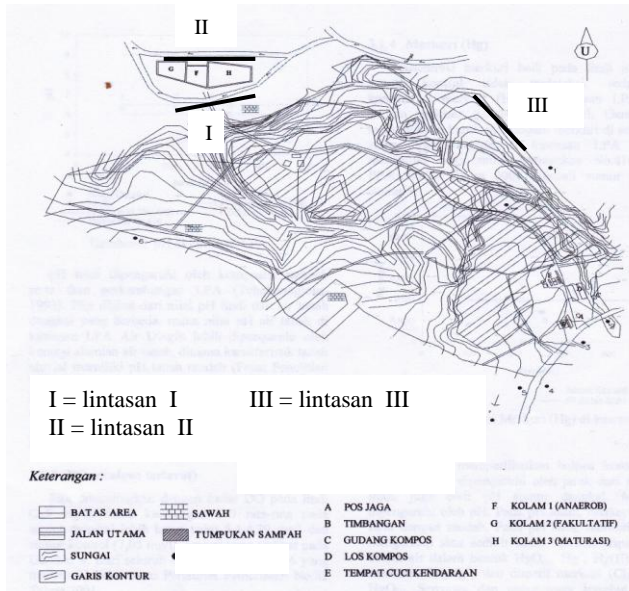
Penelitian ini bertujuan melihat indikasi pencemaran logam berat akibat rembesan lindi TPA sampah Air Dingin kota Padang menggunakan metoda geolistrik polarisasi terimbas / IP (*Induced Polarization*). Hasil penelitian ini bermanfaat dalam memberikan informasi tentang indikasi pencemaran logam berat pada sistem air tanah penduduk sekitar lokasi TPA, sehingga dapat diambil langkah-langkah preventif oleh pihak-pihak terkait dalam meminimalisasi dampak yang ditimbulkan.

METODE PENELITIAN

Lokasi TPA sampah Air Dingin Kota Padang terletak di daerah perbukitan, sehingga mempunyai topografi yang tidak rata. Singkapan dari struktur geologi daerah penelitian menunjukkan dominasi *clay* dan terdapat beberapa bongkah batuan yang berukuran cukup besar. Curah hujan juga cukup tinggi di daerah ini, sehingga memudahkan cairan lindi untuk infiltrasi ke dalam tanah dan sistem air tanah.

Pengukuran geolistrik dilakukan di bagian Barat Laut dan Timur Laut TPA sampah sebanyak 3 lintasan (Gambar 1.) Lintasan I (panjang lintasan 315 m) berjarak 3 m di sebelah Utara tumpukan sampah baru, dan berada pada ketinggian 59 mdpl. Pengukuran pada lintasan ini untuk melihat kemungkinan pencemaran logam berat berasal dari lindi tumpukan sampah tersebut. Lintasan II (Panjang 315 m) terletak 2 m di sebelah utara kolam lindi dengan topografi yang lebih rendah (51 mdpl), untuk melihat indikasi pencemaran logam berat berasal dari kolam lindi. Lintasan ke III (panjang 200 m) untuk melihat indikasi pencemaran lindi ke arah Timur Laut yang topografinya berada pada ketinggian 65 mdpl berjarak 3 m dari tumpukan sampah lama (sudah ditimbun). Pada jarak sekitar 8 m di bagian Utara

lintasan II dan bagian Timur Laut lintasan III terdapat sungai dan ladang pertanian penduduk.



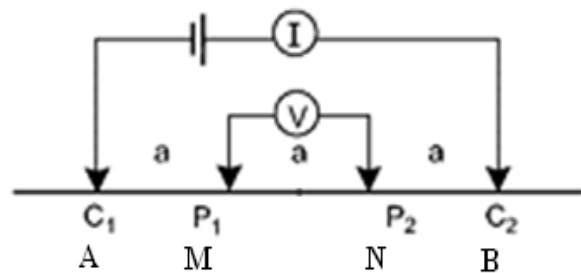
Gambar 1. Lintasan Pengukuran Geolistrik (Komala, 2008)

Data geolistrik polarisasi terimbas diambil menggunakan instrumen ARES (*Automatic Resistivity*) yang tersedia di Laboratorium Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang. ARES (*Automatic Resistivity*) merupakan alat yang digunakan untuk melihat nilai resistivitas lapisan bawah permukaan bumi. Alat ini menggunakan banyak elektroda sehingga disebut multielektroda. Alat ARES dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Alat ARES (*Automatic Resistivity*)

Alat ARES dapat digunakan untuk pengukuran secara otomatis dan manual. Penelitian ini menggunakan pengukuran secara otomatis menggunakan metoda polarisasi terimbas (*Induced Polarization*) dengan konfigurasi Wenner. Keunggulan konfigurasi ini adalah resolusi vertikalnya bagus, sensitif terhadap perubahan lateral pada daerah yang inhomogenitasnya tinggi dan sering digunakan untuk interpretasi (Reynolds, 1997). Selain itu, konfigurasi Wenner memiliki sinyal terkuat karena faktor geometrinya paling sederhana diantara konfigurasi lain (Loke, 2000).



Gambar 3. Susunan Elektroda Konfigurasi Wenner

Susunan elektroda pada konfigurasi Wenner mempunyai jarak spasi yang sama (pada penelitian ini, $a = 5$ m). C_1 dan C_2 adalah elektroda arus, sedangkan P_1 dan P_2 adalah elektroda potensial (Gambar 3.). Prinsip kerja alat ARES secara otomatis yaitu dengan menginput data yang diperlukan sesuai dengan perintah yang tertera pada layar ARES. Selanjutnya alat ARES akan mendeteksi tiap elektroda yang terpasang dan melakukan pengukuran arus, tegangan, resistivitas, dan standar deviasinya. Tiap data yang telah terukur akan terekam secara langsung pada alat ARES tersebut.

Pengolahan data dilakukan untuk mengubah data primer yang didapat di lapangan menjadi data yang dapat dianalisis dan diinterpretasi. Data primer yang telah tersimpan pada alat ARES dapat digunakan dengan cara *mendownload* data secara langsung. Selanjutnya data diolah dengan

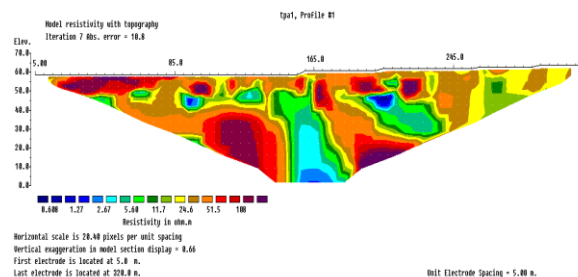
menggunakan *software RES2Dinv* dan *inversi Least Square* (Media, 2013). *Software* ini dapat memperlihatkan nilai resistivitas semu tiap lapisan yang terukur untuk tiap kedalamannya. Analisa data dapat dilakukan dengan melihat tiap lapisan yang tergambar pada layar komputer, dimana tiap warna memperlihatkan nilai resistivitasnya masing-masing.

Selanjutnya dilakukan interpretasi data dengan melakukan perbandingan nilai resistivitas yang didapatkan dengan *software Res2Dinv* dengan nilai resistivitas yang sesuai dengan referensi (Telford, 2004) dan data geologi penelitian. Sehingga dapat diketahui struktur batuan atau keberadaan dan kondisi air tanah pada daerah penelitian tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Penelitian

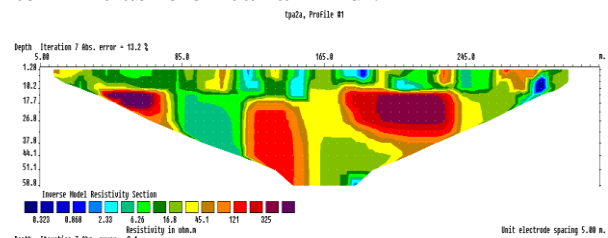
Nilai resistivitas penampang bawah permukaan pada lintasan I dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Penampang Resistivitas Bawah Permukaan Lintasan I

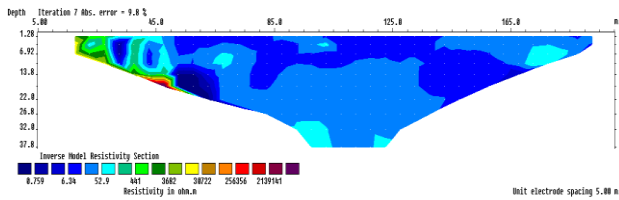
Berdasarkan Gambar 4, dapat dilihat bahwa pada kedalaman 10 – 20 m pada titik 90 m, 125 m dan 200 m terindikasi adanya pencemaran pada air tanah dengan nilai resistivitas $< 3 \Omega\text{m}$ yang ditandai dengan warna biru muda dan biru tua. Begitu juga pada kedalaman 30 – 60 m dan titik 150 - 180 m juga ditemukan indikasi pencemaran

pada akuifer air tanah. Pencemaran logam berat ditandai dengan warna biru tua dengan nilai resistivitas yang lebih kecil ($0,6 - 1,2 \Omega\text{m}$) pada kedalaman 10 – 20 m tersebut. Sedangkan warna coklat, merah dan ungu dengan nilai resistivitas 20 - 100 Ωm menunjukkan keberadaan *clay* dengan jumlah yang lebih dominan, sedangkan warna hijau dan kuning dengan resistivitas 10 - 20 Ωm diduga *clay* basah yang mulai terinfiltrasi oleh cairan lindi.



Gambar 5. Penampang Resistivitas Bawah Permukaan Lintasan II

Pada Lintasan II (Gambar 5.), indikasi pencemaran terlihat pada kedalaman 1 – 20 m dengan nilai resistivitas $< 3 \Omega\text{m}$ terjadi pada titik 120 m, 150 m, 180 m, 210 m, 245 m dan 285 m dengan warna biru. Dugaan pencemaran logam berat terjadi pada titik 185 m dan 285 m dengan nilai resistivitas $0,3 - 0,8 \Omega\text{m}$ ditandai dengan warna biru tua. Pada titik 85 – 115 m dan kedalaman 10 - 50 m juga terlihat akuifer yang mulai dicemari lindi dengan nilai resistivitas $2 \Omega\text{m}$. Warna hijau dengan nilai resistivitas 10 – 20 Ωm menunjukkan *clay* yang basah diduga karena infiltrasi lindi, sedangkan warna coklat dengan nilai resistivitas 20 – 100 Ωm adalah *clay*. *Clay* dan *clay* basah tersebut mendominasi dan tersebar pada kedalaman 1 – 60 m. Pada kedalaman 10 m – 50 m pada titik tertentu juga terdapat jenis batuan Argillites dengan nilai resistivitas 100 – 400 Ωm (warna merah dan ungu)



Gambar 6. Penampang Resistivitas Bawah Permukaan Lintasan III

Pada lintasan III (Gambar 6.) Indikasi pencemaran terlihat pada kedalaman 13 – 25 m, pada titik 50 – 60 meter dengan nilai resistivitas 0,5 – 1 Ω m ditandai warna biru tua pekat. Warna biru tua diduga adalah clay basah dengan nilai resistivitas 5 – 10 Ω m, sedangkan warna biru yang paling dominan merupakan clay dengan nilai resistivitas 10 – 100 Ω m. Warna hijau diduga jenis batuan Argillites dengan nilai resistivitas 400 – 800 Ω m. Nilai resistivitas diatas puluhan ribu (warna coklat dan merah) diduga tumpukan plastik, ditemukan pada kedalaman 20 m. Nilai resistivitas yang mencapai jutaan Ω m mempengaruhi konversi warna yang terjadi.

2. Pembahasan

Berdasarkan singkapan yang ada di daerah penelitian ditemukan jenis sedimen yang mendominasi adalah *clay*, ini sesuai dengan data geolistrik di ketiga lintasan. Pengukuran geolistrik ini dilakukan pada musim hujan, sehingga pada ketiga lintasan juga ditemukan *clay* basah yang diduga terinfiltrasi air lindi. Hal ini juga terbukti dengan *coring* yang dilakukan di dekat lintasan II, sampai pada kedalaman 2 m terdapat *clay* basah dan berbau.



Gambar 7. Lintasan II Berada Di Antara Kolam Lindi (Kiri) Dan Sungai (Kanan)

Lintasan II terletak antara kolam lindi dan sungai, sehingga lebih banyak terdapat *clay* basah karena infiltrasi lindi (Gambar 7). Pada lintasan II ini terdapat 6 titik pencemaran lindi pada kedalaman 1 – 20 m, ini diduga berasal dari 7 kolam lindi yang terdapat di lokasi TPA, dengan kedalaman kolam lindi sekitar 8 m. Pencemaran ini dikhawatirkan akan merembes menuju sungai yang berada sekitar 8 m dari kolam lindi. Tidak beberapa jauh dari sungai juga terdapat beberapa perumahan penduduk dan ladang pertanian, sehingga tidak tertutup kemungkinan pencemaran ini sampai pada air tanah yang di konsumsi penduduk maupun yang diserap oleh akar tanaman penduduk. Pencemaran logam berat terindikasi pada titik 285 m dan kedalaman 10-15 m diduga berasal dari kolam lindi 1 dengan konsentrasi lindi yang lebih besar, sedangkan pada titik 185 m diduga berasal dari kolam lindi yang konstruksinya mulai retak. Pada titik 85 – 115 m dan kedalaman 10 - 50 m terdapat akuifer yang mulai dicemari lindi. Pencemaran ini sangat mengkhawatirkan kondisi sistem air tanah yang alirannya dapat mencapai tempat yang lebih jauh.



Gambar 8. Lintasan I Berjarak Sekitar 3 M
Sebelah Utara Tumpukan Sampah

Pencemaran yang terjadi pada lintasan I berasal dari lindi tumpukan sampah (Gambar 8). Pencemaran terjadi di tiga titik pada kedalaman 10 - 20 m. Pada kedalaman 30 - 60 m diduga pencemaran terjadi pada aquifer yang lebih besar, dikhawatirkan rembesan yang dalam ini mencemari sistem air bawah tanah. Pencemaran logam berat ditemukan di dua titik pada kedalaman 10 – 20 m diduga berasal dari sampah logam yang tidak terpilah dengan baik.



Gambar 9. Lintasan III, Berada Diantara
Tumpukan Sampah Yang Sudah
Ditimbun (Sebelah Kiri Lintasan)
Dan Sungai (Sebelah Kanan
Lintasan)

Pencemaran lindi pada lintasan III ditemukan pada satu titik di kedalaman 13 – 25 meter, dan tidak terindikasi adanya logam berat. Tidak terindikasinya logam pada lintasan ini diduga karena tumpukan sampah sudah tertimbun tanah dan ditumbuhi tanaman, sehingga air hujan sulit untuk infiltrasi ke tumpukan sampah yang menghasilkan cairan lindi.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pada lintasan I, II maupun III terindikasi adanya pencemaran oleh lindi yang infiltrasi ke *clay* dan mencemari aquifer air tanah yang ada di lokasi penelitian. Pencemaran logam berat teridikasi pada lintasan I dan II yang diduga berasal dari tumpukan sampah jenis logam dan dari rembesan kolam lindi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Karya tulis ini merupakan rangkaian penelitian Hibah Bersaing yang dibiayai oleh DP2M Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi melalui dana BOPTN sesuai SK Rektor nomor 289/UN.35/KP/ 2013.

DAFTAR PUSTAKA

- Juandi, M (2009). **Analisa Pencemaran Air Tanah Berdasarkan Metode Geolistrik, Studi Kasus Tempat Pembuangan Akhir Sampah Muara Fajar Kecamatan Rumbai**, Journal of Enviromental Science. ISSN 1978-5283
- Komala, P.S, B.Primasari, Fitri Rivai.(2008). **Pengaruh sistem Open Dumping di Lokasi Pembuangan Akhir (LPA) Terhadap Kandungan Logam Berat pada Air Tanah Dangkal di Sekitarnya (Studi Kasus LPA Air Dingin Padang)**. Enviromental technology Sanotary Engineering. No 29 Vol 1, Tahun XV.

- Loke, H.M (2000), **A practical Guide to 2-D and 3-D Suveys**, Goetomo, USM Malaysia
- Media Febrina, Akmam, Fatni
Mufit.(2013).**Estimasi Kedalaman Batuan Dasar Menggunakan Metoda Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Dipole-Dipole di Universitas Negeri Padang Kampus Air Tawar** . Jurnal Pillar of Physics, Volume 1, pp 121-128. ISSN 2337 - 9030
- Reynolds, J.M. (1997). **An Introduction to Applied and Environmental Geophysics**. New York: John Willey and Sons.
- Santoso J (2002). **Pengantar Teknik Geofisika**. Penerbit ITB Bandung
- Telford, W.M, (2004) **Applied Geophysics** second edition. London: Cambridge University.
- Widianingrum, Miskiyah, Suismono (2007). **Bahaya Kontaminasi Logam Berat dalam Sayuran dan Alternatif Pencegahan Pencemarannya**, Buletin Teknologi Pasca Panen Vol. 3. Hal 16 – 27.