

# INTERPRETASI DATA RESISTIVITAS DI TEMPAT PEMBUANGAN SAMPAH AKHIR SUKOLILO SURABAYA

## INTERPRETATION OF RESISTIVITY DATA IN SOLID WASTE FINAL DISPOSAL SITE SUKOLILO SURABAYA

A. Syaeful Bahri<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Fisika FMIPA-ITS

### Abstrak

Pengukuran resistivitas di Tempat Pembuangan Sampah Akhir (TPA) Sukolilo, Surabaya dilakukan untuk memperkirakan pola aliran air tanah. Harga resistivitas dianalisis menggunakan software *Surfer* untuk mendapatkan peta kontur 2-dimensi yang menunjukkan distribusi harga resistivitas di lokasi penelitian. Diduga terjadi rembesan lindi ke dalam air tanah di daerah sekitar TPA yang dideteksi berdasarkan adanya pola harga resistivitas minimum di antara harga maksimum yang terukur pada koordinat (17850, 14755), (17850, 14650), (17900,14600) dan (18100, 14490). Lokasi 4 titik koordinat maksimum resistivitas tersebut jika di-*overlay* merupakan lokasi harga minimum pada peta kontur potensial diri yang diperoleh pada penelitian sebelumnya. Harga resistivitas maksimum yang terukur sampai dengan 90 ohm-meter. Dengan demikian hasil interpretasi resistivitas menunjukkan hubungan yang signifikan terhadap hasil penelitian sebelumnya.

Kata kunci : lindi, resistivitas, tanah, TPA

### Abstract

The resistivity data in Solid Waste Final Disposal Site Sukolilo, Surabaya were measured to estimate the pattern of groundwater flow. The results of measurement were analysed by the *Surfer* software to obtain a map of resistivity distribution in the research site. It was estimated that there were leakage of leachate to the groundwater around the solid waste disposal site, which was identified from the pattern of minimum resistivity value among its maximum value at the coordinate (17850, 14755), (17850, 14650), (17900,14600) and (18100, 14490). By overlaying this map to the map of selfpotential data, it was obtained the maximum data was on the same location of the minimum selfpotential data. The maximum value of resistivity about 90 ohm-meter. The research concluded that the resistivity has significant correlation with the self-potential obtained from the previous research.

Keywords : leachate, resistivity, soil, final disposal site

### 1. PENDAHULUAN

Kualitas air sumur penduduk dan udara di lokasi sekitar Tempat Pembuangan Sampah Akhir (TPA) Sukolilo sudah pada taraf mengkhawatirkan. Indikasi tersebut ditunjukkan dengan banyaknya penyakit kulit (gatal-gatal) dan gangguan saluran pernapasan pada penduduk sekitar lokasi TPA Sukolilo (Endah dan Pudjiastuti, 1995).

Masalah pencemaran terhadap lingkungan sekitar muncul karena ketebatasan sarana yang ada di TPA dibandingkan dengan volume sampah yang masuk TPA. Sehingga tidak seluruh sampah dapat terolah dengan baik, sebagian besar sampah yang masuk langsung ditimbun tanpa mendapat perlakuan khusus. Proses pembusukan yang terjadi di

*landfill* menghasilkan lindi, yang secara langsung maupun tidak langsung menyebar ke lingkungan sekitar melalui media rembesan air tanah. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran resistivitas di lokasi TPA Sukolilo untuk mengetahui pola rembesan/aliran air tanah dari TPA terhadap lingkungan sekitarnya. Diduga pola rembesan air tersebut disertai dengan polutan yang dapat membahayakan kesehatan penduduk.

Data geologi Surabaya Timur secara visual kolom batuan menunjukkan batuan lempung bersisipan lanau dan pasir (Sukaisi, 1999). Secara geologi, lanau merupakan jenis lempung, bisa hasil endapan pantai atau darat. Batu pasir juga dapat dihasilkan oleh endapan pantai dan endapan darat. Menurut Winny (1998) pada peta lembar Surabaya, aluvial

yang menutup wilayah Surabaya Timur sebagai endapan sungai Kalimas yang bercampur endapan pantai Timur Surabaya. Hasil endapan tersebut berupa pasir, lempung, lanau dan kerikil sampai kedalaman 39 meter (Sukaisi, 1999). Dari keterangan di atas, dapat disimpulkan struktur batuan merupakan komponen aluvial yang terdiri atas pasir, lempung dan lanau.

TPA Sukolilo yang relatif dekat dengan pantai dan berjenis aluvial berporositas tinggi sangat memungkinkan adanya intrusi air laut dan pola rembesan air tanah. Struktur tanahnya didominasi oleh lempung dengan fosil-fosil endapan laut dangkal seperti siput laut dan lain-lain. Vegetasi lokasi penelitian terdiri dari; akasia, asem, lamtoro, rumput tambak dan lain-lain, hal ini lebih disebabkan karena tanah di lokasi penelitian tergolong asin, sehingga sulit bagi tumbuhan lain untuk dapat tumbuh dengan baik. Hal itu disebabkan oleh penetrasi akar yang tidak dalam, hanya sekitar 1 meter saja (Bahri dkk, 1999).

Topografi lokasi penelitian relatif datar dan terjadi penambahan tinggi hanya di sekitar lokasi inti TPA akibat adanya proses penimbunan sampah. Tempat penimbunan sampah/landfill TPA lebih tinggi sekitar 1,5 - 2 meter sehingga efek gravitasi dalam pola aliran air tanah dari lokasi ke daerah sekitarnya memungkinkan terjadi.

Metoda resistivitas merupakan salah satu metoda geofisika yang dapat digunakan untuk meneliti suatu batuan berdasarkan sifat tahanan jenis batuan, dilihat dari sifatnya lebih spesifik jika dibandingkan dengan metoda potensial diri yang hanya memanfaatkan proses kelistrikan alami bumi. Metoda ini menunjukkan sifat kelistrikan yang lebih khusus, yaitu tahanan jenis batuan jika dialiri arus listrik (Green, 1999).

Metoda resistivitas sangat cocok untuk eksplorasi dangkal, misalnya untuk penentuan batuan dasar, pencarian reservoir air dan eksplorasi geothermal. Pengukuran harga resistivitas dilakukan dengan metoda mapping dan sounding Wenner.

Pengukuran *mapping* dilakukan untuk mengetahui sebaran resistivitas suatu daerah dalam arah horizontal (lateral). Sebaran harga resistivitas yang terukur selanjutnya dapat dibuat konturnya berdasarkan spasi elektroda. Dalam pengukuran ini spasi elektroda dibuat tetap pada jarak spasi tertentu yang diinginkan (Taufiqulbar, 1997).

Pengukuran *sounding* dilakukan untuk mengetahui sebaran harga resistivitas secara vertikal (di bawah suatu titik pengukuran sounding) terhadap permukaan bumi. Dalam hal ini, suatu titik sounding yang telah ditentukan spasi elektrodanya diperbesar secara gradual. Hasil pengukuran kemudian diplotkan (*matching*) dengan grafik bilog untuk mendapatkan kurva lapangan yang siap diinterpretasi.

Tinjau suatu medium homogen isotropik, jika medium tersebut dialiri arus listrik searah  $I$  (timbul medan listrik  $E$ ) maka elemen arus  $\delta I$  yang menembus elemen luas  $\delta A$  dengan kerapatan arus listrik  $J$  seperti pada Persamaan 1

$$I = J \cdot \delta A \quad (1)$$

dan menurut Hukum Ohm pada Persamaan 2

$$J = \sigma E \text{ dan } E = -\nabla V \quad (2)$$

Jika di dalam medium tak ada sumber arus maka  $\int J \cdot dA = 0$  sehingga  $\nabla^2 \cdot V = 0$ .

Karena bumi yang dimodelkan dianggap homogen isotropis maka bumi mempunyai simetri bola, maka solusi per-samaan Laplace di atas dapat dinyatakan dalam Persamaan 3

$$V(r) = \frac{c_1}{r} + c_2 \quad (3)$$

dimana  $C_1$  dan  $C_2$  adalah konstanta dengan syarat batas sebagai berikut, untuk  $r = \infty$ ,  $V(\infty) = 0$ , sehingga  $C_2=0$  dinyatakan dalam Persamaan 4

$$V(r) = \frac{c_1}{r} \quad (4)$$

Arus keluar secara radial dari titik arus sehingga jumlah arus yang keluar melalui permukaan bola  $A$  dengan jari-jari  $r$  seperti pada Persamaan 5.

$$V(r) = \frac{I\rho}{4\pi r} \quad (5)$$

Asumsi awal bahwa bumi mempunyai sifat homogen isotropis membawa konsekuensi resistivitas yang terukur merupakan harga sebenarnya, tidak bergantung spasi elektroda. Pada kenyataannya, bumi berlapis-lapis dengan harga  $\rho$  berbeda-beda, sehingga potensial yang terukur merupakan penga-

ruh lapisan-lapisan tersebut. Maka harga resistivitas yang terukur merupakan pengaruh dari lapisan-lapisan tersebut. Dengan kata lain harga resistivitas yang terukur bukan merupakan harga satu lapisan saja, terutama untuk jarak spasi yang lebar seperti pada Persamaan 6.

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \tag{6}$$

dimana  $\rho_a$  merupakan harga resistivitas semu (*apparent resistivity*) yang sangat bergantung pada spasi elektroda.

Untuk kasus bumi yang tak homogen, bumi diasumsikan berlapis-lapis yang masing-masing mempunyai harga resistivitas yang berbeda-beda. Resistivitas semu adalah resistivitas dari suatu medium fiktif homogen yang ekuivalen dengan medium berlapis yang ditinjau.

Model bumi yang sesungguhnya adalah model bumi yang tak homogen, dimana pada kedalaman tertentu terjadi perubahan fisik struktur bumi. Model tersebut sering dikenal sebagai model bumi berlapis tak homogen. Semakin dalam penetrasi pengukuran semakin besar menemukan ketakhomogenan bumi, atau akan ditemukan fenomena bumi berlapis-lapis.

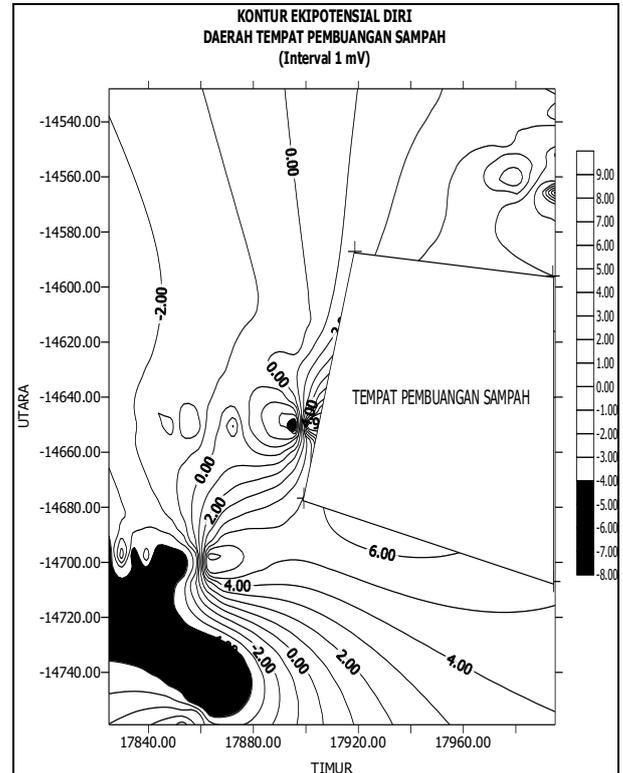
Jika dalam bumi tak ada sumber arus, maka persamaan Laplace tetap berlaku karena asumsi-asumsi di atas, maka persamaan Laplace dapat dipecahkan dengan menggunakan metoda separasi variabel, yaitu dengan memisalkan  $V(r, z) = R(r)Z(z)$ , sehingga solusi umum dari persamaan Laplace untuk medium yang mempunyai simetri selinder tersebut seperti pada Persamaan 7.

$$V(r, z) = \int_0^\mu \{A(\lambda)e^{-\lambda z} + B(\lambda)e^{+\lambda z}\} J_0(\lambda r) d\lambda \tag{7}$$

Dengan  $\lambda$  adalah orde fungsi Bessel yang dicari  $J_0(\lambda r)$  adalah fungsi Bessel orde nol. Dan A, B adalah konstanta yang tergantung nilai  $\lambda$ .

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pola aliran air tanah terhadap daerah sekitarnya dengan metoda geofisika, yaitu mengukur variasi harga resistivitas secara lateral dan memberikan alternatif pemecahan masalah dengan meminimalisasi efek polutan terhadap lingkungan sekitarnya. Hasil ini

diharapkan akan melengkapi data geofisika di samping penggunaan metoda potensial diri yang telah dilakukan pada lokasi yang sama seperti yang terlihat pada Gambar 1 berikut ini.



**Gambar 1.** Kontur SP di Lokasi Penelitian (interval 1 mV)  
Sumber : Bahri dkk, 1999

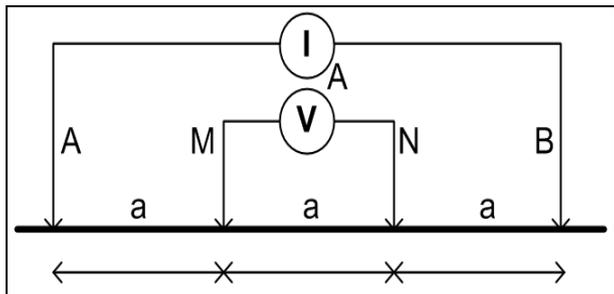
## 2. METODOLOGI

Lokasi pengukuran meliputi lokasi sekitar TPA, yang terdiri dari 7 lintasan ukur Wenner mapping dan 3 lintasan ukur Wenner sounding. Harga resistivitas lateral selanjutnya akan diproses menggunakan software Surfer untuk mendapatkan kontur 2 dimensi distribusi harga resistivitas lokasi penelitian. Sedangkan harga pengukuran Wenner sounding selanjutnya akan diolah menggunakan software VES untuk mendapatkan penampang secara vertikal distribusi harga resistivitas.

Peralatan ukur lapangan yang digunakan adalah resistivimeter Tigre dan pendukungnya.

Pengambilan data resistivitas di lapangan dilakukan dengan dua metoda pengukuran, yaitu pengukuran sounding dan cara mapping. Metoda pengukuran sounding dan mapping dilakukan menggunakan konfigurasi Wenner. Pengukuran mapping dilakukan menggunakan konfigurasi Wenner ,

seperti terlihat pada Gambar 2, untuk mendapatkan distribusi harga resistivitas secara lateral.



Gambar 2. Konfigurasi Wenner

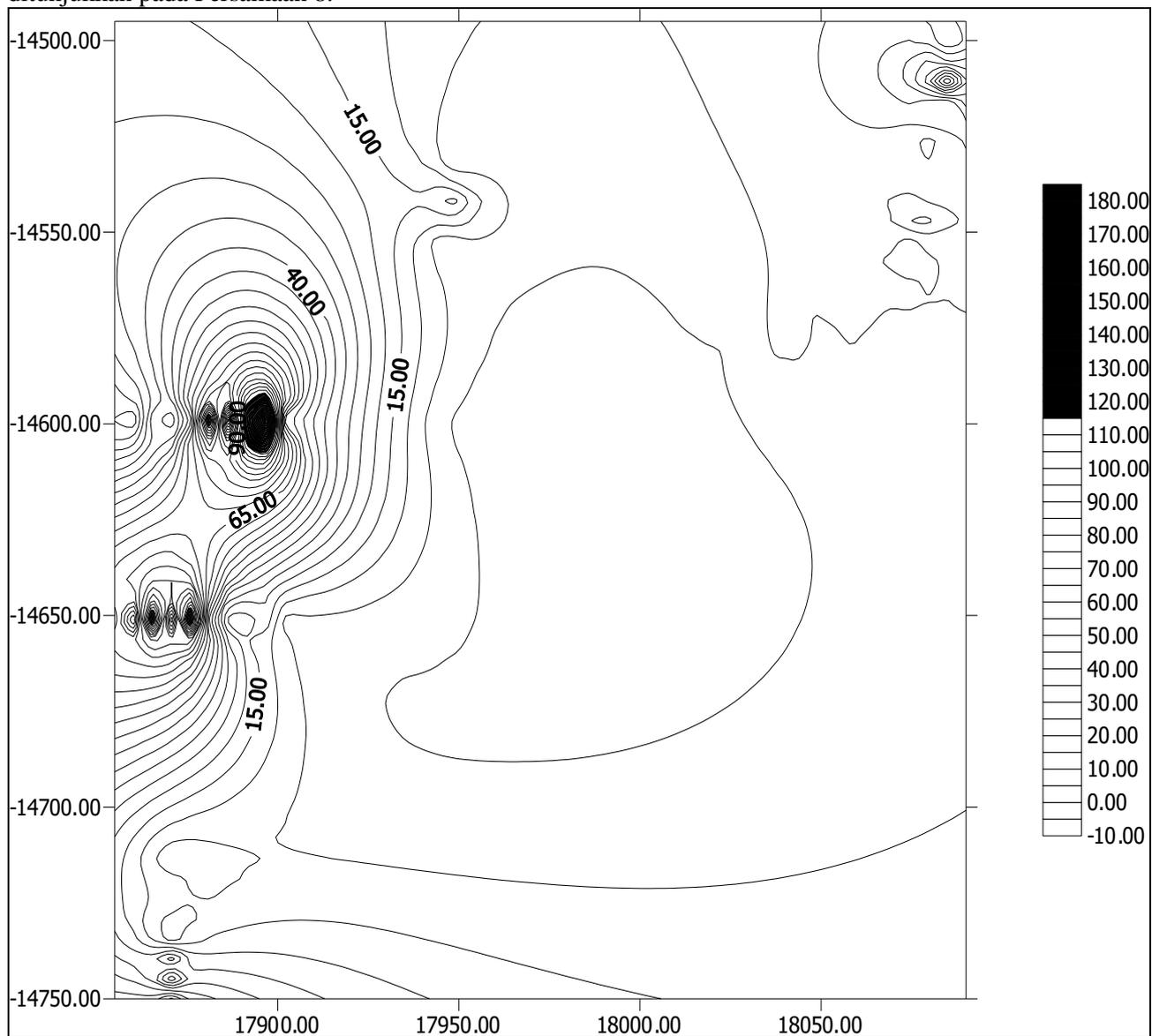
Titik M, N digunakan sebagai elektroda potensial dan A, B sebagai elektroda arus. Dimana  $AM = MN = NB = a$ . Nilai resistivitas untuk konfigurasi ini ditunjukkan pada Persamaan 8.

$$\rho_w = K_w \frac{\Delta V}{I} \tag{8}$$

dimana faktor konfigurasinya adalah  $K_w = 2\pi a$ .

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil akhir dari pengolahan data resistivitas terbagi menjadi 2 bagian utama, yaitu *pertama* adalah peta kontur 2-dimensi lokasi penelitian yang menggambarkan distribusi harga resistivitas lokasi penelitian secara lateral dan *kedua* adalah penampang vertikal yang menggambarkan distribusi harga resistivitas lokasi penelitian di tiga titik pengamatan *sounding*.



Gambar 3. Kontur Resistivitas Lokasi Penelitian (interval 5 ohm-meter)

Peta kontur resistivitas 2D, seperti terlihat pada Gambar 3, menunjukkan harga maksimum di 4 lokasi dengan harga maksimum resistivitas teramati sekitar 90 ohm-meter di titik (17900, 14600).

Pola kontur yang terjadi menggambarkan distribusi tahanan jenis dari batuan/tanah terhadap alir arus listrik yang diinjeksikan ke bumi. Harga tahanan jenis tinggi menunjukkan derajat hambatan aliran arus listrik (lawan) yang diberikan, artinya bahan yang dilewati bersifat menghambat aliran arus listrik. Sebaliknya harga tahanan jenis rendah menunjukkan derajat kemudahan aliran arus listrik yang diberikan, artinya bahan yang dilewati bersifat meneruskan aliran arus listrik.

Harga maksimum teramati di koordinat (17850, 14755), (17850, 14650), (17900, 14600) dan (18100, 14490). Di pihak lain lokasi maksimum pada peta kontur tahanan jenis merupakan lokasi minimum pada peta kontur potensial diri (Bahri dkk., 1999). Hal tersebut semakin memperkuat dugaan penelitian sebelumnya bahwa terjadi pola aliran/rembesan air tanah yang diduga sebagai pola aliran polutan terhadap daerah sekitarnya

Dari kedua metoda tersebut dihasilkan analisis yang saling mendukung dan memperkuat hipotesis sebelumnya tentang adanya pola aliran air tanah yang diduga sebagai media terdistribusinya polutan dari lokasi TPA Sukolilo terhadap daerah sekitarnya

Interpretasi data titik sounding lokasi penelitian dilakukan dengan menggunakan *software* VES. Interpretasi dilakukan terhadap 3 titik pengamatan *sounding* dengan menggunakan inversi dengan penerapan iterasi 50 sampai dengan 100 kali.

Berdasarkan pemodelan penampang titik *sounding* lokasi penelitian di 3 titik pengamatan *sounding* didapatkan data sebagai berikut :

Titik *sounding*-1, merupakan akifer air tawar sampai kedalaman 2 meter diikuti oleh tanah lempung, basah dan lembek sampai kedalaman 5 meter serta tanah lanau berpasir pada kedalaman lebih dari 5 meter.

Titik *sounding*-2, merupakan tanah lempung kelaunan, basah dan lembek sampai kedalaman 1 meter diikuti oleh tanah lanau berpasir mulai dari kedalaman 1 meter dan seterusnya.

Titik *sounding*-3, merupakan tanah lempung kelaunan, basah dan lembek sampai kedalaman 2 meter diikuti oleh tanah lempung, basah dan lembek sampai kedalaman 4 meter serta tanah lanau pasiran mulai dari kedalaman 4 meter dan seterusnya.

Dari data di atas terlihat bahwa daerah penelitian merupakan daerah yang relatif tidak seragam jenis tanahnya. Ada beberapa kemungkinan yang mendasari keadaan tersebut, yaitu ; pertama daerah tersebut merupakan lokasi penimbunan tanah yang berasal dari lokasi lain (pembukaan lahan baru) dan kedua karena kurang rapatnya titik pengamatan *sounding* yang hanya mengambil 3 titik pengamatan.

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya (Bahri dan Masduqi, 2000) dengan menggunakan metoda potensial diri telah diajukan model barrier yang lebih efisien dibandingkan hasil penelitian Endah dan Pudjiastuti (1995). Model yang diajukan adalah dengan membuat barrier hanya di lokasi yang diperkirakan terjadi kebocoran leachetanya saja. Panjang *barrier* diperkirakan sekitar 20 meter dengan kedalaman maksimal yang aman sekitar 2 meter.

Pada penelitian ini model tersebut masih dianggap relevan, diperkuat dengan data hasil interpretasi yang telah dilakukan. *Barrier* terbuat dari bahan *slurry bentonite*.

## 4. KESIMPULAN DAN SARAN

### 4.1. Kesimpulan

Hasil interpretasi metoda resistivitas berupa peta kontur 2 dimensi menunjukkan adanya 4 titik harga maksimum di koordinat (17850, 14755), (17850, 14650), (17900,14600) dan (18100, 14490). Lokasi 4 titik koordinat maksimum resistivitas tersebut jika dioverlay merupakan lokasi harga minimum pada peta kontur potensial diri pada penelitian Bahri dkk (1999). Dengan demikian hasil interpretasi resistivitas menunjukkan hubungan yang signifikan terhadap hasil penelitian sebelumnya. Dugaan adanya pola aliran/rembesan air tanah yang diduga sebagai media terdistribusinya polutan terhadap lokasi sekitarnya semakin kuat. Interpretasi 3 titik sounding untuk melihat model penampang lokasi penelitian secara vertikal tidak menunjukkan adanya sebaran jenis batuan/tanah jenis tertentu. Hal tersebut kemungkinan besar karena 2 hal, yaitu; pertama, lokasi penelitian merupakan daerah pembukaan baru sehingga banyak

timbunan tanah yang berasal dari tempat lain dan kedua, kemungkinan diakibatkan oleh kurangnya pengambilan titik ukur sounding. Hasil interpretasi metoda *Self Potensial* dan resistivitas di lokasi penelitian menunjukkan keterkaitan yang cukup signifikan dalam memetakan pola aliran/rembesan air tanah yang diperkirakan sebagai media terdistribusinya polutan ke daerah sekitar.

#### 4.2. Saran

Untuk lebih menajamkan analisis distribusi polutan di lokasi penelitian disarankan untuk melakukan pengukuran metoda *self potensial* dan resistivitas secara bersama-sama dengan cakupan daerah yang lebih luas dan rinci sehingga dapat memetakan seluruh lokasi TPA Sukolilo secara detail. Dan hendaknya diikuti dengan pengambilan data bor dan sampel air atau tanah untuk dianalisa kandungan kimianya yang dianggap penting di laboratorium. Keluaran hasil penelitian ini semakin menguatkan saran penelitian sebelumnya (Bahri dkk, 1998) dan (Endah dan Pudjiastuti, 1995), untuk menanam *barrier slurry bentonite* TPA Sukolilo pada tempat tertentu untuk meminimalisasi dampak pencemaran terhadap lokasi sekitarnya.

#### DAFTAR PUSTAKA

Green, A. (1999). **A Template For Geophysical Investigations Of Small Landfills.** *The Leading Edge*. Vol. 02. pp. 249-254.

Bahri, A.S. dan Masduqi, A. (2000). **Pendugaan Pencemaran Air Tanah Oleh Lindi Menggunakan Metoda Potensial Diri :**

**Studi Kasus Tempat Pembuangan Sampah Akhir Sukolilo, Surabaya.** *Jurnal Purifikasi*. Vol. 1(3). hal.127-132.

- Bahri, A.S., Seno P..S. dan Masduqi, A. (1999). **Pendugaan Kebocoran Tempat Pembuangan Akhir Sampah Sukolilo terhadap Lingkungan Sekitar dengan Menggunakan Metoda Potensial Diri.** Lembaga Penelitian ITS.
- Endah, N. dan Pudjiastuti, L. (1995). **Pengaruh Leachate Sampah Kota Surabaya di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sukolilo terhadap Kualitas Air Sumur Penduduk di sekitarnya.** Lemlit ITS. Surabaya.
- Sukaisi. (1999). **Pendugaan Struktur Dangkal Bawah Permukaan Wilayah Surabaya Timur Dengan Metode Resistivitas Sounding Schlumberger.** Tugas Akhir, Jurusan Fisika FMIPA-ITS. Surabaya.
- Taufiqulbar, M. (1997). **Pendeteksian Kebocoran Kolam Tambak Dengan Menggunakan Metoda Potensial Diri Di Desa Banjar Kemuning Sedati Sidoarjo.** Tugas Akhir. Jurusan Fisika FMIPA-ITS, Surabaya.
- Winny, R.S. (1998). **Toksisitas Akut Genangan Air Sampah LPA Keputih Surabaya Terhadap Udang Windu, Algae dan Bakteri Coliform.** Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS, Surabaya.