

IDENTIFIKASI DISTRIBUSI 3D AIR LINDI DI TPA UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

IDENTIFICATION OF 3D LEACHATE DISTRIBUTION IN SEMARANG STATE UNIVERSITY LANDFILL

Tri Mugirahayu*, Supriyadi dan Fianti

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang
Gedung D7 Lt.2 Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229

*email: trimugirahayu83@gmail.com

Diterima 4 Desember 2015 disetujui 5 Maret 2016

Abstrak

Sistem pengelolaan sampah di TPA Universitas Negeri Semarang (UNNES) menerapkan sistem open dumping yang terletak di Desa Banaran, Kelurahan Sekaran, Kecamatan Gunungpati, Kota Semarang. Berdasarkan data hasil survei Tim Konservasi UNNES pada tanggal 28 Desember 2010 tentang volume sampah per hari yang dihasilkan oleh UNNES didapatkan hasil bahwa mayoritas sampah yang dihasilkan adalah sampah organik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui distribusi 3D air lindi. Metode geolistrik resistivitas konfigurasi Schlumberger digunakan untuk mengindikasikan air lindi. Pengambilan data dilakukan sebanyak tiga lintasan yaitu, tiga lintasan sejajar arah Timur-Barat, dengan panjang lintasan masing-masing 75 m. Profil air lindi di daerah sekitar TPA UNNES dapat diobservasi sampai kedalaman ± 20 m dari permukaan bumi. Pengolahan data dilakukan menggunakan software Res2Dinv, Surfer 10.0, dan RockWorks 15. Hasil pengolahan data didapatkan nilai resistivitas air lindi 1,87-9,9 Ωm dengan arah aliran ke daerah elevasi lebih rendah.

Kata kunci: geolistrik, air lindi, resistivitas, konfigurasi Schlumberger

Abstract

Waste management system at Semarang State University (UNNES) landfill implements a system of open dumping located in Banaran, Gunungpati, Semarang City. Data from Conservation Team UNNES on December 28, 2010 about the volume of waste per day from UNNES showed that the majority of waste is organic waste. This study aims to determine of 3D distribution leachate. Resistivity geoelectrical method Schlumberger configuration is used to indicate leachate. Data collection was performed three tracks, which three tracks parallel East-West direction, with a path length of 75 m each. The profile of leachate water in the surrounding area of UNNES landfill can be observed ± 20 m depth from the surface. Data processing was performed using software Res2Dinv, Surfer 10.0, and RockWorks 15. Based on the results, resistivity of leachate is 1,87-9,9 Ωm with the direction of flow to a lower elevation areas.

Keywords: geoelectrical, leachate, resistivity, Schlumberger's configuration

Pendahuluan

TPA UNNES merupakan salah satu contoh TPA yang menerapkan sistem *open dumping*. TPA ini terletak di Desa Banaran, Kelurahan Sekaran, Kecamatan Gunungpati, Kota Semarang. Berdasarkan data hasil survei Tim Konservasi UNNES pada tanggal 28 Desember 2010 tentang volume sampah per hari yang dihasilkan oleh UNNES didapatkan hasil bahwa mayoritas sampah

yang dihasilkan adalah sampah organik. Volume sampah ini dalam satu hari dapat mencapai sampah lebih dari 20 m³, dimana 95% komposisi sampah yang dihasilkan merupakan sampah organik dan sisanya sampah anorganik [1]. Hal ini menyebabkan sampah lebih cepat membusuk dan menghasilkan polutan air lindi yang dapat mencemari air tanah. Sampah yang tertimbun

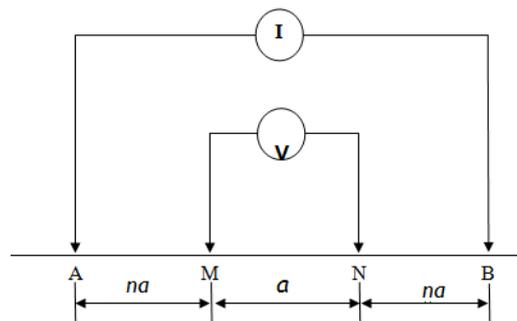
di lokasi TPA mengandung zat organik, jika hujan turun akan menghasilkan air lindi dengan kandungan mineral dan zat organik tinggi. Bila kondisi aliran air lindi dibiarkan mengalir ke permukaan tanah dapat menimbulkan efek negatif bagi lingkungan sekitarnya termasuk bagi manusia [2]. Air lindi merupakan cairan yang keluar dari tumpukan sampah, dan ini salah satu bentuk pencemaran lingkungan yang dihasilkan oleh timbunan sampah. Nilai resistivitas air lindi yang dihasilkan dari pembusukan sampah di TPA yaitu, di bawah $10 \Omega\text{m}$ [3]. Dengan demikian nilai resistivitas polutan ini lebih rendah dari pada air tanah.

Berdasarkan gambaran tersebut maka perlu dilakukan kajian untuk mengetahui distribusi air lindi di daerah sekitar TPA. Pendugaan distribusi air lindi bawah permukaan dapat dilakukan menggunakan metode geolistrik resistivitas [4]. Geolistrik resistivitas dapat mengenali struktur bawah permukaan dengan mengobservasi kontras warna dari distribusi resistivitas bawah permukaan [5].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui distribusi 3D air lindi di daerah sekitar TPA UNNES. Metode resistivitas 3D mampu memberikan gambaran bawah permukaan lebih detail meliputi citra distribusi nilai resistivitas dalam penampang vertikal maupun horisontal [6].

Metode geolistrik didasarkan pada anggapan bahwa bumi mempunyai sifat homogen isotropis dimana bumi memiliki bentuk simetri bola. Pada kenyataannya bumi terdiri dari lapisan-lapisan dengan resistivitas yang berbeda-beda, sehingga potensial yang terukur dipengaruhi oleh lapisan-lapisan tersebut dan menyebabkan nilai resistivitas yang terukur tergantung pada jarak elektroda nilai resistivitas terukur bukanlah resistivitas sebenarnya melainkan resistivitas semu (ρ_a) [7].

Pada alat *Resistivity Multi-Channel* terdapat pengaturan konfigurasi yang diinginkan, alat tersebut otomatis muncul opsi *Schlumberger*. Jarak elektroda potensial MN dibuat tetap sedangkan jarak AB yang diubah-ubah. Tetapi pengaruh keterbatasan kepekaan alat ukur, maka ketika jarak AB diubah pada jarak yang relatif besar maka jarak MN hendaknya diubah pula. Perubahan jarak hendaknya tidak lebih besar dari 1/5 jarak AB, seperti pada Gambar 1 [8].



Gambar 1. Elektroda arus dan potensial konfigurasi *Schlumberger*

Konfigurasi *Schlumberger* mendasarkan pengukuran kepada kontinuitas pengukuran dalam satu penampang dan hasilnya suatu penampang semu (*pseudosection*). Pengukuran ini dilakukan dengan membuat variasi posisi elektroda arus (AB) dan elektroda potensial (MN). Dalam konfigurasi *Schlumberger* ini dapat dihitung nilai resistivitas semu (ρ) sebagai berikut:

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I} \quad (1)$$

dengan K adalah faktor geometri dari konfigurasi elektroda yang digunakan di lapangan. Rumusan faktor geometri dapat dituliskan:

$$K = \frac{2\pi}{\left[\left(\frac{1}{MA} - \frac{1}{BM}\right)\right] - \left[\left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN}\right)\right]} \quad (2)$$

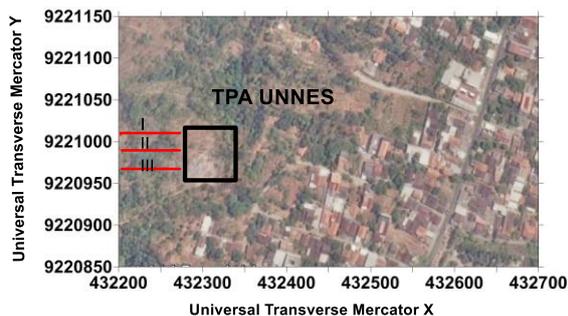
dengan $AM = MN = BM = BN = a$

$$K = 2\pi a \quad (3)$$

dari persamaan (1), didapatkan nilai resistivitas air lindi.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi *Schlumberger* untuk mengetahui distribusi 3D air lindi TPA UNNES dilaksanakan di Desa Banaran, Kelurahan Sekaran, Kecamatan Gunungpati, Kota Semarang. Secara astronomis wilayah Kelurahan Sekaran terletak pada $7^{\circ}5'15''\text{LS}$ - $7^{\circ}7'29''\text{LS}$ dan pada $110^{\circ}28'11''\text{BT}$ - $110^{\circ}30'56''\text{BT}$. Adapun lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta lokasi penelitian (Modifikasi Google Earth)

Peralatan yang diperlukan dalam pengambilan data adalah *Resistivitymeter Multi Channel* merk *S-Field*, patok, elektroda arus dan elektroda potensial, dua gulung kabel arus dan potensial masing-masing 150 m, dua buah aki kering masing-masing 12 volt, palu, meteran, laptop, dan GPS (*Global Positioning System*).

Prosedur pengambilan data adalah sebagai berikut:

1. Menentukan lintasan pengukuran dan arah lintasan.
2. Memasang elektroda sebanyak 16 elektroda dengan spasi antar elektroda sebesar 5 m.
3. Menyusun rangkaian *resistivitymeter*.
4. Mengaktifkan alat *resistivitymeter* kemudian menginjeksikan arus listrik ke dalam tanah melalui elektroda yang sudah terpasang.
5. Melakukan pengukuran pada lintasan dan mencatat arus listrik (I) dan beda potensial (V) antara 2 titik elektroda.
6. Menghitung tahanan jenis (ρ) hasil pengukuran.

Pengukuran resistivitas tanah secara langsung di lokasi penelitian dilakukan dengan mengambil tiga lintasan yang terdiri dari tiga lintasan sejajar arah Timut-Barat, sehingga dapat diinterpretasikan menjadi model 3D. Lokasi pengambilan lintasan dipilih berdasarkan data pengamatan meliputi keadaan topografi yang miring di daerah TPA UNNES karena indikasi air lindi bergerak dari dataran tinggi ke dataran rendah.

Pengolahan data menggunakan *Microsoft Excel* untuk mendapatkan nilai resistivitas semu, kemudian melakukan proses inversi menggunakan *Res2Dinv* untuk mendapatkan model penampang 2D resistivitas bawah permukaan daerah penelitian. Selanjutnya, menggabungkan ketiga data penampang lintasan dengan *Res3Dinv* dan

menampilkan hasil pola 3D menggunakan *RockWorks 15*.

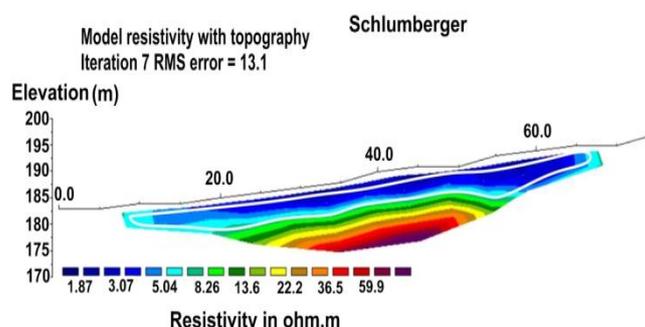
Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis data yang disesuaikan dengan hasil referensi resistivitas limbah, resistivitas batuan, dan kondisi geologi maka diperoleh nilai resistivitas pada setiap titik pengukuran. Secara umum dari semua hasil data yang diperoleh menunjukkan nilai resistivitas rendah, yang berarti kondisi bawah permukaan di TPA UNNES memiliki nilai konduktivitas yang sangat tinggi atau batuan dan material penyusunnya merupakan konduktor yang baik sampai konduktor pertengahan yaitu sekitar $10^{-8} < \rho < 1 \Omega\text{m}$ sampai $1 < \rho < 10^7 \Omega\text{m}$. Hasil dari analisis data yang disesuaikan dengan kondisi geologi setempat sesuai dengan nilai resistivitasnya yaitu yang terdiri dari batu pasir tufan, batu lempung, batu lempung pasir, batu gamping.

1. Interpretasi Distribusi Air Lindi

A. Lintasan I

Akuisisi data pada lintasan I dilakukan dengan mengambil lintasan sepanjang 75 m. Titik awal (titik 0 m) berada pada koordinat $110^{\circ}23'17.15''\text{BT}$ dan $07^{\circ}2'53.25''\text{LS}$, titik akhir (75 m) berada pada koordinat $110^{\circ}23'20.04''\text{BT}$ dan $07^{\circ}2'55.90''\text{LS}$. Arah lintasan dari timur ke barat. Jarak antar elektroda terkecil adalah 5 m. Nilai resistivitas dari hasil pengukuran berkisar 1,87-59,9 Ωm . Gambaran pendugaan letak distribusi air lindi dari hasil pengolahan data dengan menggunakan *Res2Dinv* untuk lintasan I ditunjukkan seperti pada Gambar 3.



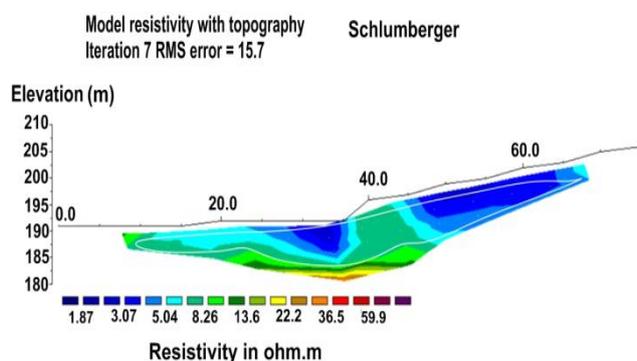
Gambar 3. Pendugaan letak distribusi air lindi untuk lintasan I.

Berdasarkan pada Gambar 3 letak distribusi air lindi pada jarak 5-65 m dengan kedalaman 7,5 m dari permukaan bumi yang ditandai dengan kontras

resistivitas 1,87-9,9 Ωm. Distribusi air lindi terdapat di dalam garis tepi yang berwarna putih. Pada lintasan ini, distribusi air lindi terdistribusi merata karena tidak adanya material yang keras di dalam tanah. Air lindi tersebut diduga tersebar pada lapisan tanah dengan struktur batuan lempung. Batuan lempung memiliki daya ikat antar batuan sangat lemah dan memiliki nilai porositas cukup tinggi yakni 45% tetapi juga memiliki nilai permeabilitas sangat kecil (0,0004 m/hari) sehingga batu lempung dapat menyimpan air tetapi tidak mampu mengalirkan (air terjebak) [7].

B. Lintasan II

Akuisisi data pada lintasan II dilakukan dengan mengambil lintasan sepanjang 75 m. Titik awal (titik 0 m) berada pada koordinat 110°23'13.11"BT dan 07°2'50.67"LS, titik akhir (75 m) berada pada koordinat 110°23'13.15"BT dan 07°2'50.74"LS. Arah lintasan dari timur ke barat. Jarak antar elektroda terkecil adalah 5 m. Nilai resistivitas dari hasil pengukuran berkisar 1,87-59,9 Ωm. Gambaran pendugaan letak distribusi air lindi dari hasil pengolahan data dengan menggunakan *Res2Dinv* untuk lintasan II ditunjukkan seperti pada Gambar 4.

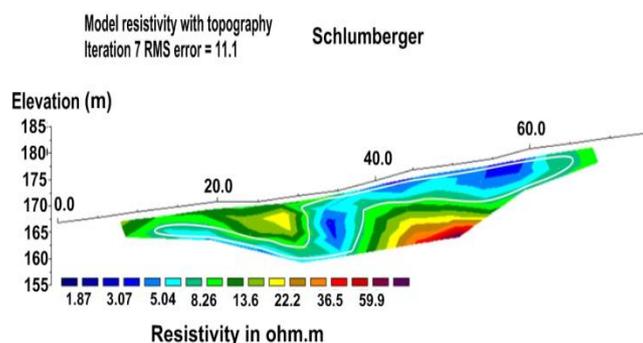


Gambar 4. Pendugaan letak distribusi air lindi untuk lintasan II.

Berdasarkan pada Gambar 4 letak distribusi air lindi pada jarak 10-65 m dengan kedalaman 15 m dari permukaan bumi yang ditandai dengan kontras resistivitas 1,87-9,9 Ωm. Distribusi air lindi terdapat di dalam garis tepi yang berwarna putih. Pada lintasan ini, distribusi air lindi terdistribusi merata karena tidak adanya material yang keras di dalam tanah. Air lindi tersebut diduga tersebar pada lapisan tanah dengan struktur batuan lempung. Air lindi mengalir dari elevasi tinggi ke elevasi rendah. Di samping itu juga merembesnya air lindi diakibatkan oleh adanya gaya gravitasi [9].

C. Lintasan III

Akuisisi data pada lintasan III dilakukan dengan mengambil lintasan sepanjang 75 m. Titik awal titik 0 m) berada pada koordinat 110°23'11.43"BT dan 07°2'51.40"LS, titik akhir (75 m) berada pada koordinat 110°23'13.36"BT dan 07°2'52.48"LS. Arah lintasan dari timur ke barat. Jarak antar elektroda terkecil adalah 5 m. Nilai resistivitas dari hasil pengukuran berkisar 1,87-59,9 Ωm. Gambaran pendugaan letak distribusi air lindi dari hasil pengolahan data dengan menggunakan *Res2Dinv* untuk lintasan III ditunjukkan seperti pada Gambar 5.

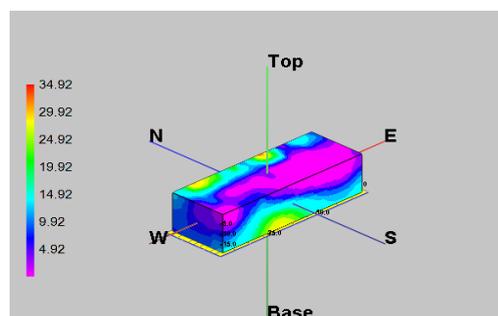


Gambar 5. Pendugaan letak distribusi air lindi untuk lintasan III.

Berdasarkan pada Gambar 5 letak distribusi air lindi pada jarak 10-65 m yang ditandai dengan kontras resistivitas 1,87-9,9 Ωm. Distribusi air lindi terdapat di dalam garis tepi yang berwarna putih. Letak ketinggian lintasan pengukuran menunjukkan bahwa air lindi mengalir dari elevasi tinggi ke elevasi rendah.

2. Pemodelan 3D Menggunakan RockWorks 15

Gambaran indikasi air lindi hasil pengolahan 3D menggunakan *Software RockWorks 15* ditunjukkan seperti Gambar 6.



Gambar 6. Hasil pemodelan 3D menggunakan *RockWorks 15*

Dari hasil pengolahan ini, daerah dengan resistivitas rendah $<9,92 \Omega\text{m}$ diinterpretasikan sebagai air lindi. Daerah dengan nilai resistivitas rendah terdapat pada lapisan tanah dengan struktur batuan lempung yang tercemar air lindi. Hasil dari penggambaran 3D adalah grid persegi atau grid persegi panjang dengan spasi elektroda konstan dalam arah sumbu x, y, dan z [10]. Skala warna hasil olahan ini tidak dapat disesuaikan dengan hasil olahan *Res2Dinv* dan *RockWorks 15*, namun dalam hal interpretasi tetap sama. Hasil olahan *RockWorks 15* ini memperkuat dugaan adanya distribusi air lindi di daerah penelitian.

Air lindi merupakan cairan yang keluar dari tumpukan sampah, dan ini salah satu bentuk pencemaran lingkungan yang dihasilkan oleh timbunan sampah. Sampah yang tertimbun di lokasi TPA mengandung zat organik, jika hujan turun akan menghasilkan air lindi dengan kandungan mineral dan zat organik tinggi. Masuknya air lindi ke dalam tanah akan menyebabkan turunnya kualitas air tersebut. Selain mencemari air permukaan, lindi juga berpotensi mencemari air dalam tanah. Gerakan air lindi ke dalam tanah mengikuti aliran air tanah [11].

Simpulan

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui distribusi 3D air lindi. Penelitian dilakukan dengan metode geolistrik resistivitas konfigurasi *Schlumberger*. Dengan metode ini, maka profil air lindi di daerah sekitar TPA UNNES dapat diobservasi sampai kedalaman ± 20 m dari permukaan bumi. Dari data yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa daerah di sekitar TPA UNNES mempunyai distribusi air lindi yang mengalir ke daerah yang berelevasi lebih rendah dengan nilai resistivitas $1,87-9,9 \Omega\text{m}$.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Laboratorium Fisika UNNES yang telah memberikan izin peminjaman alat penelitian. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Pengelola TPA UNNES atas izin tempat yang diberikan, dan penulis juga mengucapkan terima kasih kepada teman-teman yang telah membantu dalam penelitian ini.

Pustaka

- [1] Wijaya, Y. 2012. Faktor Risiko Kejadian Diare Balita Di Sekitar Tps Banaran Kampus Unnes. *Unnes Journal of Public Health*, 1(1): 1-8
- [2] Ali, M. 2011. *Rembesan Air Lindi (Leachate) Dampak pada Tanaman dan Kesehatan*. Surabaya: UPN Press
- [3] L. Adeoti, S. Oladele, and F.O Ogunlana. 2011. Geo-electrical Investigation of Leachate impact on groundwater: a case study of Ile-Epo dump site Lagos, Nigeria. *J. Appl. Sci. Environ. Manage*, 15(2): 361-364
- [4] Supriyadi, Khumaedi, dan P. R.N. 2013. Pola Sebaran Limbah Tpa Studi Kasus Di Jatibarang Semarang (Waste Distribution Pattern Cese Study in TPA Jatibarang Semarang). *J. Manusia dan Lingkungan*, 20(1): 49-56
- [5] Neymadpour, A., W.A.T.W. Abdullah, & S. Taib. 2010. Use of Four Electrode Arrays in Three-Dimensional Electrical Resistivity Imaging Survey. *Stud Geophys Geod*, 54: 299-311
- [6] Prapitari, A. & T. Yulianto. 2013. Penggunaan Metode Geolistrik Resistivitas 3-Dimensi untuk Mengetahui Sebaran Limbah di TPA Jatibarang Kota Semarang. *Youngster Physics Journal*, 1(4): 59-70
- [7] Daraninggar, F.V., Khumaedi, & D. Pratiwi. 2014. Aplikasi Geolistrik 3-Dimensi untuk Mengetahui Sebaran Limbah Rco (Rubber Compound Oils) di Kabupaten Kendal. *Unnes Physics Journal*, 3(1): 34-41.
- [8] Telford, M.W., L.P. Geldard, R.E. Sheriff, & D.A. Keys. 1990. *Applied Geophysics*. Cambridge University Press.
- [9] Putra, I. K. 2012. Identifikasi Arah Rembesan dan Letak Akumulasi Lindi dengan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner-Schlumberger Di Tpa Temesi Kabupaten Gianyar. *Tesis*. Denpasar: Universitas Udayana.
- [10] Aizebeokhai, A.P. & A.I. Olayinka. 2011. Anomaly Effects of Orthogonal Paired-Arrays for 3D Geoelectrical Resistivity Imaging. *Environ Earth Sci*, 64: 2141–2149
- [11] Amirah, Pengaruh Timbunan Sampah Di Lahan Terbuka Terhadap Kualitas Air Tanah Di Sekitar Tempat Penampungan Sampah Sementara Kelurahan Batu Ampar. *Skripsi*. Depok : Fakultas Teknik UI