



Model 3D Sebaran Lindi pada Lapisan Tanah di Area TPA Batulayang Pontianak Kalimantan Barat Berdasarkan Nilai Resistivitas

Muhardi*), Muliadi, Zulfian

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Tanjungpura, Pontianak

*)Email Korespodensi : muhardi@physics.untan.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.20527/flux.v17i2.7713>

Submitted: 13 Januari 2020; Accepted: 24 Februari 2020

ABSTRACT- The Final Disposal Site (TPA) of Batulayang Pontianak, West Kalimantan, uses an open dumping system so that it produces waste water (leachate). Its area on peatlands creates problems, especially in the distribution of leachate. The purpose of this study was to create a 3D model of leachate distribution in the soil layer in the TPA area of Pontianak Batulayang, West Kalimantan, based on the distribution of resistivity values. This study using the geoelectric resistivity method by the Wenner-Schlumberger configuration. The tracks that have been used are six, having a length of 117 m each. The results showed that the soil layer contaminated by leachate spreads from a depth of 5 m to 23.6 m. This layer is interpreted as sandy clay and sand, having a resistivity value of 0.152 Ω m to 13 Ω m. The results also showed that leachate comes from the West, North, and South directions, which spread to all study areas.

KEYWORDS : lindi; resistivitas; tpa batulayang pontianak

PENDAHULUAN

Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Batulayang Pontianak terletak di Kelurahan Batulayang, Kota Pontianak, Propinsi Kalimantan Barat. TPA Batulayang Pontianak berdiri sejak tahun 1996 dan hingga saat ini telah beroperasi selama 24 tahun. TPA Batulayang Pontianak menggunakan sistem *open dumping* yang menghasilkan air buangan atau lindi (*leachate*). Lindi merupakan cairan yang merembes/meresap ke dalam tumpukan sampah dan mengangkut material terlarut (tersuspensi) hasil dari proses penguraian (dekomposisi) material sampah (Damanhuri & Padmi, 2010).

TPA Batulayang Pontianak berada berdekatan dengan pemukiman warga yaitu kurang dari 1 km. Hal ini dapat menimbulkan dampak terhadap kesehatan warga (Yatim & Mukhlis, 2013), pencemaran air pada sumur warga (Putri, Wahyono, & Manik, 2015), dan

polusi udara (Hartini & Yulianto, 2018). Penelitian terkait sumber air baku di area TPA Batulayang Pontianak menunjukkan bahwa lindi menyebar hingga sejauh 600 m dan mencemari air sumur warga (Maryani, Marsudi, & Nashrullah, 2016). Penelitian lain juga telah mengidentifikasi penyebaran lindi ke arah Selatan hingga sejauh 156 m (Apriasti, Marsudi, & Utomo, 2016). Salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui dampak lindi terhadap kesehatan warga yaitu kandungan *Biology Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) (Agustina, Wahyono, & Manik, 2017). Kandungan BOD dan COD pada lindi TPA Batulayang Pontianak masing-masing sebesar 203,38 mg/l dan 986,7 mg/l (Farastika, Apriani, & Kadaria, 2017). Kandungan tersebut dinilai cukup tinggi sehingga melewati batas baku mutu yang telah diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup

Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah.

TPA Batulayang Pontianak yang berada pada lahan gambut juga menimbulkan permasalahan terutama dalam penyebaran lindi. Tanah gambut merupakan tanah yang memiliki porositas dan permeabilitas tinggi sehingga termasuk tanah yang jenuh air (Sampurno, Muid, Zulfian, & Latief, 2018). Tanah gambut merupakan tanah yang kaya akan kandungan organik (Murtedza, Padmanabhan, Mei, & Siong, 2002; Agus & Subiksa, 2008). Kandungan organik tanah gambut bisa mencapai lebih dari 75% (Zulkifley et al., 2013). Kandungan organik yang tinggi mengakibatkan tingkat kejenuhan terhadap air menjadi besar.

Sifat tanah gambut yang jenuh air dapat mempermudah lindi dalam mengisi ruang pori dan mengkontaminasi tanah, sehingga menyebabkan tercampurnya air tanah dengan lindi. Konduktivitas tanah gambut yang tersaturasi air lebih tinggi dibandingkan konduktivitas tanah padat (Gupta & Hans, 1972). Tanah gambut yang tersaturasi air memiliki nilai konduktivitas antara 1 mS/m hingga 1000 mS/m ($1 \Omega\text{m}$ hingga $1000 \Omega\text{m}$). Lapisan tanah di sekitar TPA Batulayang Pontianak yang terkontaminasi lindi memiliki nilai resistivitas kurang dari $10 \Omega\text{m}$ (Apriasti et al., 2016). Sebaran lindi di sekitar TPA Batulayang Pontianak telah diidentifikasi menggunakan metode elektromagnetik dengan nilai konduktivitas sebesar 41 mS/m hingga 47 mS/m ($21,3 \Omega\text{m}$ hingga $24,4 \Omega\text{m}$) (Aswan, Sampurno, & Putra, 2014). Namun penelitian yang pernah dilakukan belum memperlihatkan model 3D sebaran lindi pada lapisan tanah di sekitar area TPA Batulayang Pontianak.

Penelitian ini menggunakan metode geolistrik resistivitas yang bertujuan untuk melakukan pemodelan 3D sebaran lindi pada lapisan tanah berdasarkan nilai resistivitas. Metode ini bersifat non destruktif, sehingga tidak mengganggu ekosistem yang ada di lokasi penelitian. Model resistivitas 3D diperoleh dengan menggabungkan enam buah lintasan yang diinterpolasi menggunakan

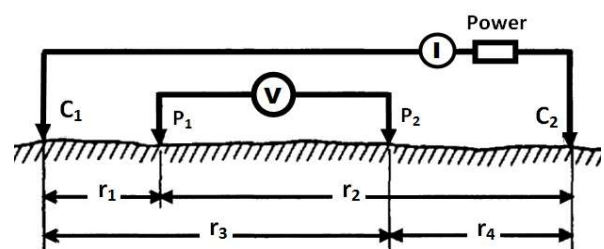
metode *inverse distance*. Metode ini telah berhasil diterapkan untuk memperoleh model 3D lapisan tanah gambut (Muliadi, Zulfian, & Muhandi, 2019). Model 3D dapat menggambarkan sebaran lindi dari berbagai arah, baik secara lateral maupun vertikal.

Metode Geolistrik Resistivitas

Metode geolistrik resistivitas merupakan salah satu metode geofisika yang mempelajari sifat kelistrikan di bawah permukaan bumi (Telford, Geldart, & Sheriff, 1990). Metode ini memanfaatkan sifat kelistrikan bahan untuk menyelidiki keadaan di bawah permukaan bumi (Everett, 2013). Metode geolistrik digunakan untuk mengetahui beda potensial di bawah permukaan tanah dengan cara mengalirkan arus listrik searah (*direct current*) dari permukaan bumi. Injeksi arus listrik ini menggunakan 2 buah elektroda arus C_1 dan C_2 yang dipasang dengan jarak tertentu. Semakin panjang jarak elektroda arus, maka akan menyebabkan aliran arus listrik dapat menembus lapisan batuan lebih dalam (Dentith & Mudge, 2014). Aliran arus listrik di bawah permukaan dapat mengidentifikasi beda potensial pada lapisan bawah permukaan yang terukur oleh 2 buah elektroda potensial P_1 dan P_2 . Susunan elektroda dapat dilihat pada Gambar 1.

Arus listrik yang diinjeksikan di permukaan oleh elektroda arus C_1 dan C_2 akan menyebar ke bawah permukaan. Sehingga diperoleh beda potensial pada lapisan bawah permukaan yang terukur antara P_1 dan P_2 seperti pada Pers. (1)

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right] \quad (1)$$



Gambar 1 Pengukuran beda potensial dengan empat elektroda (Milsom, 2002)

Bumi terdiri dari beberapa lapisan yang memiliki nilai resistivitas berbeda-beda, sehingga beda potensial yang terukur merupakan pengaruh dari lapisan-lapisan tersebut. Dengan demikian, nilai resistivitas yang terukur bukan resistivitas yang sebenarnya, melainkan resistivitas semu. Nilai resistivitas semu dapat dirumuskan pada Pers. (2) berikut (Lowrie, 2007).

$$\rho_a = k \frac{\Delta V}{I} \tag{2}$$

Dengan ρ_a merupakan resistivitas semu (Ohm-m), dan k merupakan faktor geometri (m) yang ditunjukkan dengan Pers. (3)

$$k = 2\pi \left(\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right)^{-1} \tag{3}$$

Konfigurasi Wenner-Schlumberger

Konfigurasi Wenner-Schlumberger diaplikasikan dengan mengkombinasikan antara konfigurasi Wenner dan Schlumberger sekaligus. Jarak elektroda $C_1 - P_1$ dan $C_2 - P_2$ adalah na , dengan n merupakan faktor rasio dan a merupakan jarak elektroda P_1 dan P_2 (Gambar 2). Konfigurasi ini dapat menggambarkan sebaran resistivitas secara vertikal (*sounding*) dan lateral (*mapping*). Konfigurasi elektroda menentukan faktor geometri k . Pada konfigurasi Wenner-Schlumberger, faktor geometri dapat dirumuskan dengan Pers. (4)

$$k = \pi n (n + 1)a \tag{4}$$

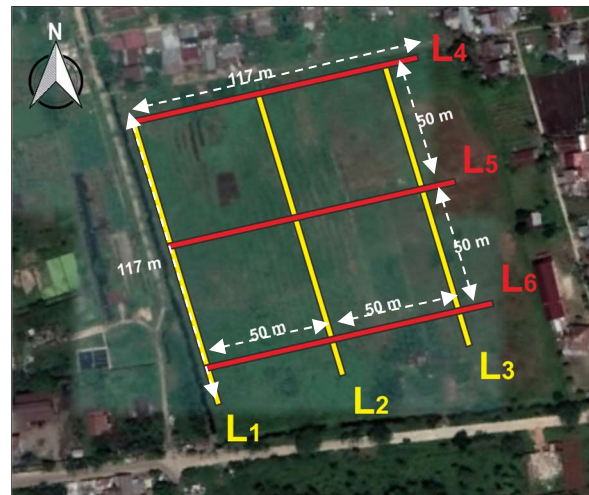
METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Daerah penelitian berada pada area TPA Batulayang Pontianak dengan luas 30,6 ha yang dibatasi oleh parit pada sisi Barat, Utara, dan Selatan. Gambar 3 memperlihatkan lokasi penelitian di sekitar area TPA Batulayang Pontianak.



Gambar 3 Peta lokasi penelitian



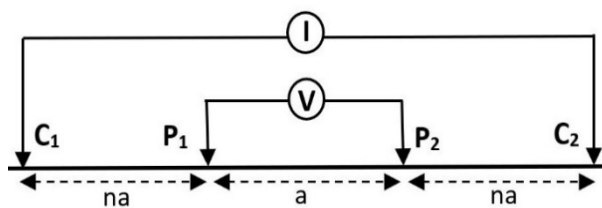
Gambar 4 Desain lintasan di lokasi penelitian

Akuisisi Data

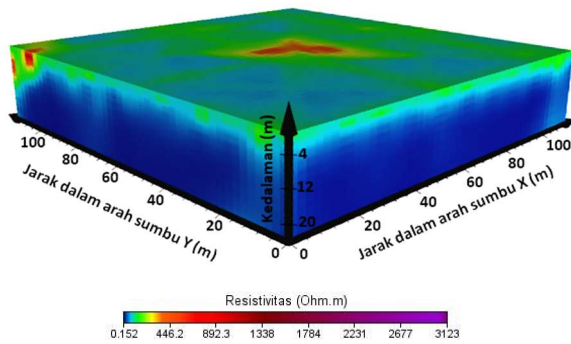
Luas lokasi penelitian adalah 117 m x 117 m yang terletak di sekitar area TPA Batulayang Pontianak. Lintasan yang akan dibuat sebanyak enam buah lintasan yaitu $L_1, L_2, L_3, L_4, L_5,$ dan L_6 . Lintasan ini dibuat mengikuti arah aliran drainase yang berada pada lokasi penelitian. Keenam lintasan ini berada di sebelah Timur dari TPA Batulayang Pontianak. Setiap lintasan memiliki panjang 117 m dengan jarak antar lintasan 50 m. Lintasan $L_1, L_2,$ dan L_3 dibuat sejajar, sedangkan lintasan $L_4, L_5,$ dan L_6 dibuat memotong ketiga lintasan tersebut seperti pada Gambar 4, agar diperoleh model resistivitas 3D.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Model resistivitas 3D lapisan tanah diperoleh dengan menggabungkan keenam lintasan L_1 hingga L_6 . Sedangkan titik acuan (0, 0) m adalah pertemuan antara awal lintasan L_1 (sumbu X) dan L_4 (sumbu Y). Model resistivitas 3D lapisan tanah gambut dapat dilihat pada



Gambar 2 Konfigurasi Wenner-Schlumberger (Loke, 2000)



Gambar 5 Model resistivitas

Gambar 5. Berdasarkan Gambar 5, nilai resistivitas di lokasi penelitian antara 0,152 Ω m hingga 3.123 Ω m. Model resistivitas 3D ini diperoleh dengan menginterpolasi sebaran resistivitas pada setiap luasan dan kedalaman pada daerah penelitian. Hasil model resistivitas 3D memperlihatkan ke-dalaman lapisan hingga mencapai 23,6 m. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa tanah yang terkontaminasi lindi diduga memiliki nilai resistivitas 0,125 Ω m hingga 13 Ω m (Apriasti et al., 2016).

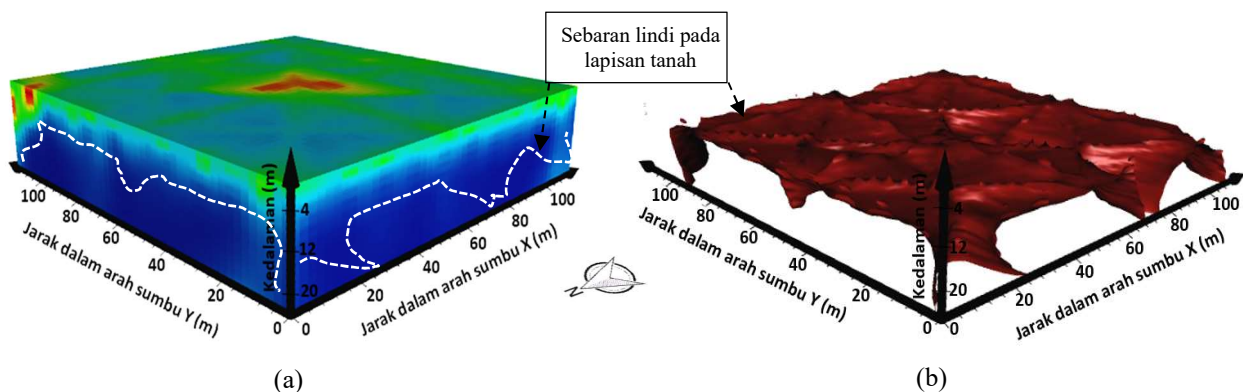
Gambar 6(a) memperlihatkan batas antara tanah yang terkontaminasi lindi dan tanah yang tidak terkontaminasi lindi. Gambar 6(b) menunjukkan sebaran lindi bawah permukaan. Model ini dibuat dengan cara menghilangkan lapisan tanah yang tidak terkontaminasi lindi. Batas tanah yang terkontaminasi lindi mempunyai nilai resistivitas sebesar 13 Ω m. Batas tersebut merupakan antarmuka pertemuan lapisan yang terkontaminasi lindi dengan lapisan yang tidak terkontaminasi lindi. Lapisan ini diinterpretasi

berupa lempung pasir dan pasir, yang memiliki porositas tinggi dan menjadi tempat terakumulasinya lindi (Muliadi et al., 2019).

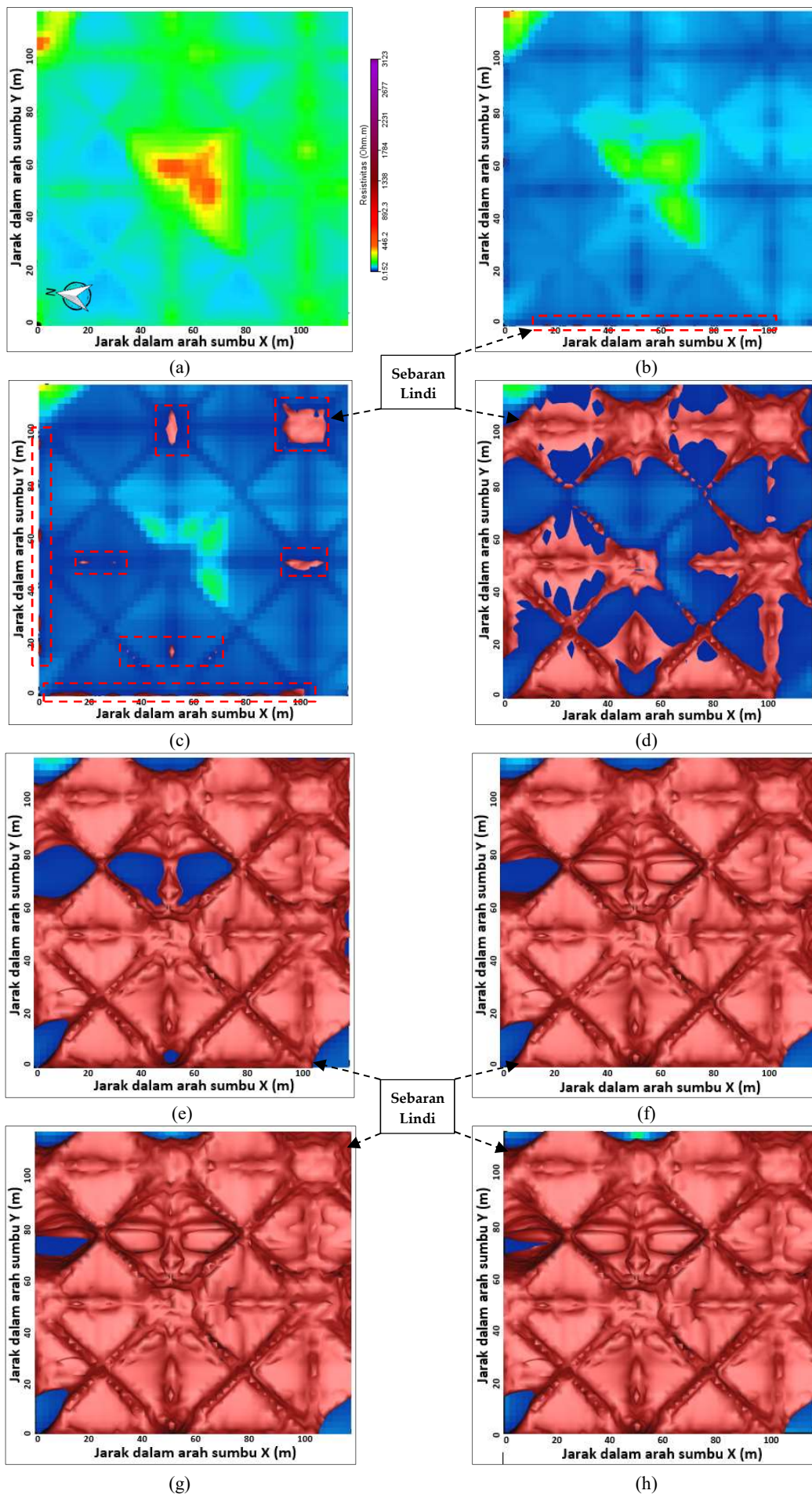
Lindi terakumulasi mengisi pori-pori pasir dan membuat lapisan ini menjadi lebih konduktif daripada lapisan yang lain (Sampurno et al., 2018). Lindi merupakan cairan yang bersifat elektrolit, dan dihasilkan oleh limbah yang berasal dari bahan anorganik seperti logam. Pada TPA Batulayang Pontianak bahan organik dan anorganik ditumpuk menjadi satu tumpukan. Sehingga rembesan lindi yang berasal dari TPA Batulayang Pontianak bersifat konduktif dan elektrolit. Lapisan ini berada dari kedalaman 5 m hingga 23,6 m.

Gambar 7(a) memperlihatkan nilai resistivitas tanah yang tidak tercemar lindi di permukaan (kedalaman 0 m). Gambar 7(b) memperlihatkan nilai resistivitas pada kedalaman 5 m, lapisan yang terkontaminasi lindi sudah mulai terlihat, khususnya pada lintasan L₁ yaitu yang berhimpitan dengan sumbu X dan ditunjukkan oleh warna coklat dalam kotak berwarna merah yang merupakan batas antarmuka lapisan yang terkontaminasi lindi. Sebaran lindi hanya ditemukan beberapa titik, dan sebarannya masih belum merata.

Gambar 7(c) memperlihatkan sebaran tanah yang terkontaminasi lindi pada kedalaman 8 m. Sebaran lindi pada kedalaman ini sudah terlihat menyebar dan mulai terlihat beberapa di bagian tengah lokasi penelitian yang ditunjukkan oleh warna coklat dalam kotak berwarna merah.



Gambar 6 Model 3D (a) batas tanah yang terkontaminasi lindi; (b) batas antarmuka lapisan yang terkontaminasi lindi



Gambar 7 Citra resistivitas 2D dengan batas lapisan tanah yang terkontaminasi lindi pada kedalaman; (a) 0 m; (b) 5 m; (c) 8 m; (d) 11 m; (e) 14 m; (f) 17 m; (g) 20 m; dan (h) 23 m.

Gambar 7(d) menunjukkan sebaran lindi pada lapisan tanah mulai merata pada kedalaman 11 m, namun di bagian tengah lokasi penelitian masih belum merata. Gambar 7(e) menunjukkan sebaran lindi pada kedalaman 14 m sudah hampir merata hingga ke bagian tengah lokasi penelitian. Dari kedalaman 11 m hingga kedalaman 14 m penyebaran lindi menuju ke bagian tengah lokasi penelitian.

Sedangkan pada kedalaman 17 m, 20 m dan 23 m sebaran lindi sudah sangat merata (Gambar 7(f), 7(g), dan 7(h)). Berdasarkan sebaran lindi pada beberapa kedalaman dapat terlihat bahwa lindi menyebar menuju ke bagian tengah lokasi penelitian dan terakumulasi pada daerah tersebut. Penyebaran lindi berasal dari arah Barat, Utara, dan Selatan dari lokasi penelitian dikarenakan terdapat parit yang kemudian menjadi tempat aliran lindi.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, parit tersebut juga telah tercemar lindi yang ditunjukkan oleh nilai amonia yang melewati batas ambang baku mutu air kelas II (Maryani et al., 2016). Dengan demikian, penyebaran lindi di lokasi penelitian yang berada di area TPA Batulayang Pontianak diduga kuat berasal dari parit di sekitar lokasi penelitian. Keberadaan parit di sebelah Barat lokasi penelitian berjarak 1 m, sebelah Utara berjarak 0,5 m, dan sebelah Selatan berjarak 15 m.

KESIMPULAN

Lapisan tanah bawah permukaan di TPA Batulayang Pontianak mempunyai nilai resistivitas sebesar 0,152 Ω m hingga 3123 Ω m, yang diinterpretasi berupa tanah gambut, lempung pasir, dan pasir. Sedangkan tanah yang terkontaminasi lindi diduga memiliki nilai resistivitas 0,152 Ω m hingga 13 Ω m, dan berada pada lapisan lempung pasir dan pasir. Sebaran lindi di lokasi penelitian berasal dari arah Barat, Utara, dan Selatan yang menyebar dari kedalaman 5 m hingga 23,6 m.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan

Alam (FMIPA) Universitas Tanjungpura yang telah mendukung penelitian ini dengan dana DIPA Tahun 2019/2020.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, F., & Subiksa, I. M. (2008). *Lahan Gambut: Potensi untuk Pertanian dan Aspek Lingkungan*. Bogor, Indonesia: Balai Penelitian Tanah dan World Agroforestry Center (ICRAF).
- Agustina, M., Wahyono, S. C., & Manik, T. N. (2017). Identifikasi Lapisan Bawah Permukaan yang Terkontaminasi Lindi Sekitar Sistem Sanitary Landfill di TPA Cahaya Kencana, Kabupaten Banjar. *Jurnal Fisika Flux*, 14(1), 46–52. <https://doi.org/10.20527/flux.v14i1.3837>
- Apriasti, E. R., Marsudi, & Utomo, K. P. (2016). Pola Sebaran Air Lindi di TPA Batulayang Pontianak dengan Metode Geolistrik Wenner-Schlumberger. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 1(1), 1–10. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.26418/jtllb.v4i1.15437>
- Aswan, M., Sampurno, J., & Putra, Y. S. (2014). *Studi Rembesan Polutan Sampah Berdasarkan Metode Konduktivitas Elektromagnetik di Sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Batulayang Kota Pontianak*. II(1), 23–26.
- Damanhuri, E., & Padmi, T. (2010). *Diktat Kuliah Pengelolaan Sampah*. Bandung: Teknik Sipil dan Lingkungan ITB.
- Dentith, M., & Mudge, S. (2014). *Geophysics for the Mineral Exploration Geoscientist*. New York: Cambridge University Press.
- Everett, M. E. (2013). *Near-Surface Applied Geophysics*. New York: Cambridge University Press.
- Farastika, D., Apriani, I., & Kadaria, U. (2017). Pengaruh Resirkulasi Lindi Secara Anaerobik pada Sampah Segar dan Sampah TPA Batulayang, Pontianak. *Jurna Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 5(1), 1–10. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.26418/jtllb.v5i1.18537>
- Gupta, S. C., & Hans, R. J. (1972). Influence of Water Content on Electrical Conductivity

- of the Soil. *Soil Sci Soc Am Proc*, 36(6), 855–857.
<https://doi.org/10.2136/sssaj1972.03615995003600060011x>
- Hartini, E., & Yulianto, Y. (2018). Kajian Dampak Pencemaran Lindi Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Ciangir terhadap Kualitas Air dan Udara. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 4(1), 27–32.
- Loke, D. M. (2000). *Electrical Imaging Surveys for Environmental and Engineering Studies*. Geoelectrical.com.
- Lowrie, W. (2007). *Fundamental of Geophysics* (Second Edition). New York: Cambridge University Press.
- Maryani, I., Marsudi, & Nashrullah. (2016). Identifikasi Penggunaan Sumber Air Baku oleh Penduduk di Sekitar TPA Batulayang Pontianak. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 1(1), 1–10.
- Milsom, J. (2002). *Field Geophysics* (Third Edition). England: Wiley.
- Muliadi, Zulfian, & Muhardi. (2019). Identifikasi Ketebalan Tanah Gambut di Daerah Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Batu Layang Kota Pontianak Berdasarkan Nilai Resistivitas 3D. *Positron*, 9(2), 98–105.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.26418/positron.v9i2.34821>
- Murtedza, M., Padmanabhan, E., Mei, B. L. H., & Siong, W. B. (2002). *The Peat Soils of Sarawak*. STRAPEAT status report University Malaysia Sarawak.
- Putri, D. P., Wahyono, S. C., & Manik, T. N. (2015). Kontaminasi Limbah Cair Bawah Permukaan di TPA Cahaya Kencana, Kabupaten Banjar. *Jurnal Fisika Flux*, 12(2), 140–149.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.20527/flux.v12i2.2614>
- Sampurno, J., Muid, A., Zulfian, & Latief, F. D. E. (2018). Characterization the geometry of the peat soil of Pontianak using fractal method. *Journal of Physics: Conference Series*, 1040(1).
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1040/1/012044>
- Telford, W. M., Geldart, L. P., & Sheriff, R. E. (1990). *Applied Geophysics* (Second Edition). New York: Cambridge University Press.
- Yatim, E. M., & Mukhlis. (2013). Pengaruh Lindi (Leachate) Sampah terhadap Air Sumur Penduduk Sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Air Dingin. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 7(2), 54–59.
<https://doi.org/https://doi.org/10.24893/jkma.v7i2.109>
- Zulkifley, M. T. M., Ng, T. F., Raj, J. K., Hashim, R., Ghani, A., Shuib, M. K., & Ashraf, M. A. (2013). Definitions and engineering classifications of tropical lowland peats. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 72(3-4), 547–553.
<https://doi.org/10.1007/s10064-013-0520-5>