



Identifikasi Pencemaran Air Tanah terhadap Air Lindi Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner Alpha: Studi Kasus TPS Institut Teknologi Sumatera

Mhd Afido Ikhsan^{1*}, Purwaditya Nugraha¹

¹ Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan, Indonesia.

DOI: <https://doi.org/10.29303/goescienceed.v7i1.1696>

Article Info:

Received : 22 Desember 2025
Revised : 15 Januari 2026
Accepted : 26 Januari 2026
Published : 20 Februari 2026

Correspondence:

Mhd Afido Ikhsan

Phone:

Abstract: Suboptimal waste management has the potential to produce leachate that can pollute groundwater. This study aims to identify the presence, depth, and distribution of leachate around the Temporary Disposal Site (TPS) of the Sumatera Institute of Technology using the *Wenner Alpha* configuration geoelectric resistivity method with the Electrical Resistivity Tomography (ERT) approach. Data acquisition was carried out on several tracks with an electrode spacing of 5 m. The data were processed using Res2DInv software to obtain a two-dimensional resistivity cross-section. The results show a low resistivity zone ($<10 \Omega\text{m}$) which is interpreted as an indication of leachate at shallow to medium depths, with a lateral distribution following local lithological conditions. These findings indicate the potential for groundwater pollution around the ITERA TPS. This study is expected to be the basis for environmental management and groundwater pollution mitigation.

Keywords: Electrical Resistivity Tomography; Environmental Geophysics; Waste Management; Groundwater Contamination; Subsurface Investigation

Citation: Ikhsan, M. A., & Nugraha, P. (2026). Identifikasi Pencemaran Air Tanah terhadap Air Lindi Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi *Wenner Alpha*: Studi Kasus TPS Institut Teknologi Sumatera. *Jurnal Pendidikan, Sains, Geologi, Dan Geofisika (GeoScienceEd Journal)*, 7(1), 161-166. <https://doi.org/10.29303/goescienceed.v7i1.1696>

Pendahuluan

Pengelolaan sampah yang belum optimal dapat menghasilkan air lindi, yaitu cairan hasil dekomposisi sampah yang mengandung senyawa organik dan anorganik bersifat konduktif. Air lindi berpotensi mencemari lingkungan, khususnya air tanah, apabila meresap ke dalam lapisan bawah permukaan (Hakim et al., 2017). Air tanah sendiri merupakan sumber air bersih utama yang sangat penting bagi keberlangsungan aktivitas manusia dan ekosistem, sehingga penurunan kualitasnya dapat berdampak langsung pada kesehatan, keberlanjutan lingkungan, serta ketersediaan sumber daya air di masa mendatang (Vinti & Vaccari, 2022).

Penelitian ini dilakukan di sekitar Tempat Penampungan Sementara (TPS) Institut Teknologi Sumatera (ITERA), Kecamatan Jati Agung, Kabupaten Lampung Selatan. TPS ini telah beroperasi sejak tahun 2014 dan berada di lingkungan kampus yang terus

mengalami perkembangan pembangunan dan peningkatan aktivitas civitas akademika, sehingga potensi timbulan sampah dan risiko pencemaran lingkungan di kawasan ini perlu mendapatkan perhatian khusus (Raphela et al., 2024).

Potensi pencemaran air tanah oleh air lindi menjadi semakin signifikan terutama pada musim hujan, ketika intensitas infiltrasi air meningkat (Damanhuri, 2010). Kondisi ini memungkinkan air lindi lebih mudah meresap ke dalam tanah dan menyebar secara vertikal maupun lateral mengikuti kondisi hidrogeologi setempat, yang pada akhirnya dapat memperluas area terdampak pencemaran jika tidak dilakukan upaya pengendalian sejak dini (Abdel-Shafy et al., 2024).

Pencemaran air tanah akibat air lindi dapat berdampak pada civitas akademika ITERA dan masyarakat di sekitar kawasan kampus yang

memanfaatkan air tanah sebagai sumber air bersih (Banerjee & Ganguly, 2024). Selain itu, pengelola kampus dan pemangku kebijakan lingkungan memiliki peran penting dalam upaya pencegahan dan pengendalian dampak pencemaran tersebut, baik melalui pengelolaan TPS yang lebih baik maupun melalui kebijakan perlindungan lingkungan berbasis data ilmiah (Pambudi et al., 2022).

Kajian pencemaran air tanah perlu dilakukan karena air lindi mengandung zat pencemar yang dapat menurunkan kualitas air tanah dalam jangka panjang (Maubana & Nipu, 2024). Kondisi litologi, porositas, dan permeabilitas batuan bawah permukaan di sekitar TPS ITERA diduga memungkinkan pergerakan fluida pencemar, sehingga tanpa pemantauan yang memadai pencemaran dapat berlangsung secara perlahan namun berdampak luas dan sulit dipulihkan (Parilia Pratiwi et al., 2018).

Penelitian ini menggunakan metode geolistrik resistivitas dengan pendekatan Electrical Resistivity Tomography (ERT) konfigurasi *Wenner Alpha* (Puluyio & Tongkukut, 2018). Metode ini memanfaatkan perbedaan nilai resistivitas listrik material bawah permukaan untuk mengidentifikasi zona resistivitas rendah yang diinterpretasikan sebagai indikasi keberadaan air lindi, sehingga mampu memberikan gambaran sebaran dan kedalaman pencemaran sebagai dasar evaluasi pengelolaan lingkungan di sekitar TPS ITERA.

Metode

Pada penelitian tugas akhir ini, seluruh data yang digunakan diperoleh melalui akuisisi metode geolistrik resistivitas yang dilakukan secara bertahap di tempat Penampungan Sementara (TPS) Institut Teknologi Sumatera, Kecamatan Way Huwi, Kabupaten Lampung Selatan. Pengambilan data dilakukan pada dua lintasan dengan panjang masing-masing 100 meter menggunakan konfigurasi *Wenner Alpha* dan jarak spasi elektroda 5 meter. Hasil akuisisi menghasilkan data kuat arus listrik (I) dan beda potensial (V) yang kemudian digunakan sebagai dasar dalam pengolahan data geolistrik. Penelitian ini dimulai pada bulan Mei 2024 dengan tahapan kegiatan meliputi studi literatur, pengumpulan data, pengolahan data, serta penyusunan laporan akhir sesuai jadwal penelitian (Rizka & Satiawan, 2019).

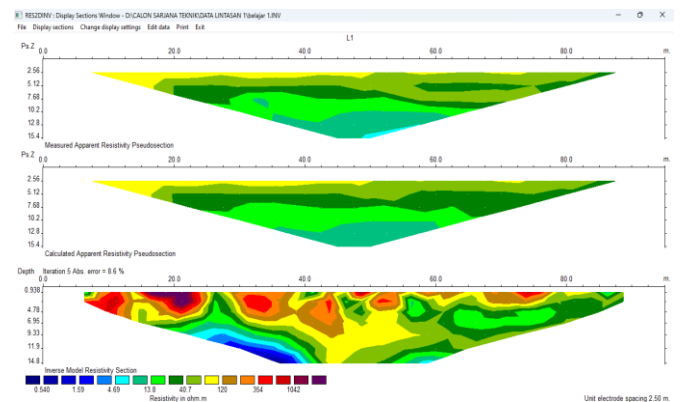
Prosedur penelitian yang dilakukan meliputi beberapa langkah utama, yaitu studi literatur untuk memperkuat pemahaman teori, identifikasi masalah terkait pencemaran air tanah akibat air lindi di sekitar TPS ITERA, pengumpulan data geologi dari pengamatan lapangan dan peta geologi regional, serta akuisisi data geolistrik dengan instrumen Naniura konfigurasi *Wenner Alpha* (Prameswari, 2019). Data yang

diperoleh kemudian diolah menggunakan perangkat lunak *Res2Dinv* untuk menghasilkan penampang bawah permukaan 2D, yang selanjutnya diinterpretasikan dengan mengkorelasikan data resistivitas dan geologi menggunakan software *Surfer* (Nur, 2022). Analisis dilakukan untuk menjelaskan hasil yang diperoleh, dan kesimpulan disusun sebagai jawaban atas tujuan penelitian yang telah dirumuskan sebelumnya.

Hasil dan Diskusi

Hasil Pengolahan Data Geolistrik 2D

Pada penelitian ini dilakukan pemodelan 2D bawah permukaan. Pengolahan data dilakukan dengan software *Res2dinv* menggunakan konfigurasi *Wenner Alpha* (Ebong et al., 2021). Pengambilan data geolistrik dilakukan dengan 2 lintasan pengukuran. Dengan kedua panjang lintasan itu sama yaitu 100 m dengan estimasi kedalaman 14,8 meter. Spasi elektroda yang dipakai pada pengukuran ini adalah 5 m.

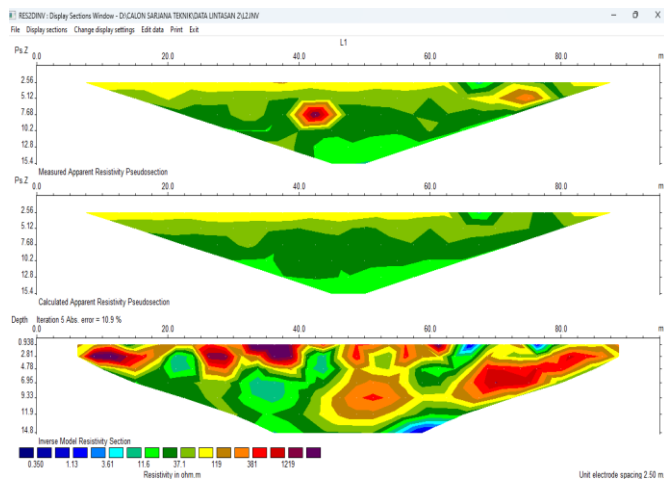


Gambar 1. Hasil Pengolahan Lintasan 1

Tampilan awal setelah melakukan inversi akan muncul seperti pada Gambar 1. Penampang pertama menunjukkan (*measured apparent resistivity pseudosection*) data resistivitas semu yang diperoleh dari pengukuran di lapangan (akuisisi data). Resistivitas ini disebut "semu" karena merupakan nilai rata-rata yang dipengaruhi oleh struktur resistivitas kompleks di bawah permukaan (Utari, 2020). Nilai ini diperoleh dengan menggunakan konfigurasi elektroda tertentu (*seperti wenner, schlumberger, atau dipole-dipole*) dan merupakan dasar untuk proses inversi selanjutnya (Lu et al., 2023).

Penampang kedua menunjukkan (*calculated apparent resistivity pseudosection*) kontur resistivitas semu dari hasil perhitungan. Kemudian penampang ketiga menunjukkan (*inverse model resistivity section*) kontur resistivitas sebenarnya yang diperoleh dari hasil perhitungan. Model yang mempresentasikan kondisi sebenarnya dibawah permukaan adalah *inverse model resistivity section* dimana pada setiap model nilai RMS

error yang diperoleh dari selisih antara *apparent resistivity pseudosection* dan *calculated apparent resistivity pseudosection*.



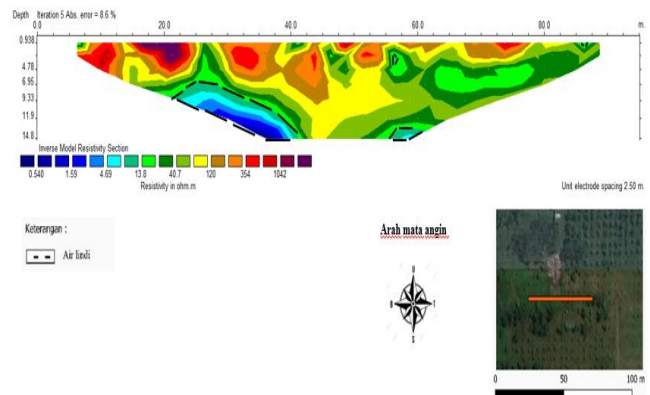
Gambar 2. Hasil Pengolahan Lintasan 2

Tampilan awal setelah melakukan inversi akan muncul seperti pada Gambar 2. Model penampang bawah permukaan dua dimensi yang dihasilkan oleh perangkat lunak Res2dinv terdiri dari tiga gambar. Penampang pertama menunjukkan (*measured apparent resistivity pseudosection*) data resistivitas semu yang diperoleh dari pengukuran di lapangan (akuisisi data). Resistivitas ini disebut "semu" karena merupakan nilai rata-rata yang dipengaruhi oleh struktur resistivitas kompleks di bawah permukaan (Oyeyemi et al., 2022). Nilai ini diperoleh dengan menggunakan konfigurasi elektroda tertentu (*seperti wenner, schlumberger, atau dipole-dipole*) dan merupakan dasar untuk proses inversi selanjutnya. Penampang kedua menunjukkan (*calculated apparent resistivity pseudosection*) kontur resistivitas semu dari hasil perhitungan. Kemudian penampang ketiga menunjukkan (*inverse model resistivity section*) kontur resistivitas sebenarnya yang diperoleh dari hasil perhitungan. Model yang mempresentasikan kondisi sebenarnya dibawah permukaan adalah *inverse model resistivity section* dimana pada setiap model nilai RMS error yang diperoleh dari selisih antara *apparent resistivity pseudosection* dan *calculated apparent resistivity pseudosection*.

Analisis Penampang Resistivitas

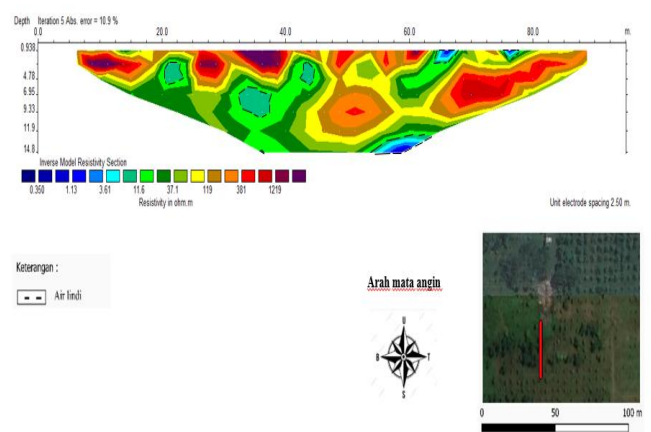
Lintasan 1 terletak di selatan dari tumpukan pembuangan sampah. Pola persebaran air lindi pada lintasan 1 dapat dilihat dari arah timur ke barat. Rembesan air lindi ditunjukkan oleh lapisan yang berwarna biru tua, biru muda, dan hijau muda dengan nilai resistivitas 0,540 hingga 8 Ωm pada jarak 57 sampai 58 m dengan kedalaman 3 hingga 4,78 m pada jarak 20 sampai 40 m dengan kedalaman 6,95 hingga 14,8 m pada jarak 58 hingga 60 m dengan kedalaman 12 sampai 14,8

m. Nilai *error* yang diperoleh pada pengolahan data ini adalah 8,6%.



Gambar 3. Hasil Penampang Lintasan 1

Pada lintasan 2 dari arah selatan tumpukan pembuangan sampah. Pola persebaran air lindi pada lintasan 2 dapat dilihat pada gambar di dibawah . Rembesan air lindi ditunjukkan oleh lapisan yang berwarna biru tua, biru muda dan hijau muda dengan nilai resistivitasnya 0,350 hingga 9,8 Ωm pada jarak 64 hingga 65 m dengan kedalaman 1 hingga 3 m pada jarak 67 hingga 69 m dengan kedalaman 1 hingga 3,1 m pada jarak 20 hingga 22 m dengan kedalaman 3 hingga 5 m pada jarak 42,5 hingga 44 dengan kedalaman 3 sampai 7 m pada jarak 35 hingga 39 m dengan kedalaman 7 sampai 10 m pada jarak 55 hingga 62 m dengan kedalaman 12 sampai 14,8. Nilai error yang diperoleh dari data tersebut adalah 10,9%.



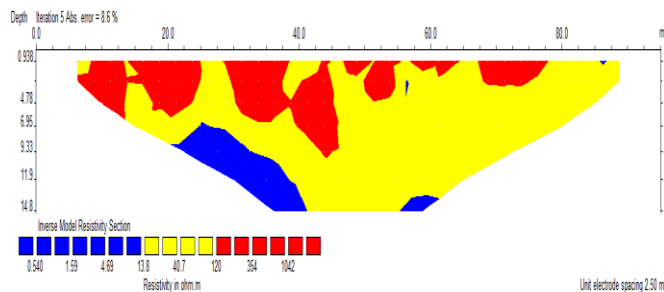
Gambar 4. Hasil Penampang Lintasan 2

Tampilan awal setelah melakukan inversi akan muncul seperti pada Gambar 4. Model penampang bawah permukaan dua dimensi yang dihasilkan oleh perangkat lunak Res2dinv terdiri dari tiga gambar. Penampang pertama menunjukkan (*measured apparent resistivity pseudosection*) data resistivitas semu yang diperoleh dari pengukuran di lapangan (akuisisi data).

Resistivitas ini disebut "semu" karena merupakan nilai rata-rata yang dipengaruhi oleh struktur resistivitas kompleks di bawah permukaan. Nilai ini diperoleh dengan menggunakan konfigurasi elektroda tertentu (*seperti wenner, schlumberger, atau dipole-dipole*) dan merupakan dasar untuk proses inversi selanjutnya. Penampang kedua menunjukkan (*calculated apparent resistivity pseudosection*) kontur resistivitas semu dari hasil perhitungan. Kemudian penampang ketiga menunjukkan (*inverse model resistivity section*) kontur resistivitas sebenarnya yang diperoleh dari hasil perhitungan. Model yang mempresentasikan kondisi sebenarnya dibawah permukaan adalah *inverse model resistivity section* dimana pada setiap model nilai RMS error yang diperoleh dari selisih antara *apparent resistivity pseudosection* dan *calculated apparent resistivity pseudosection*.

Analisis Litologi Batuan

Berdasarkan hasil pemodelan 2D didapat informasi litologi yang dihasilkan dari nilai resistivitas sebenarnya. Hasil pemodelan didasarkan pada peta geologi daerah penelitian lampung (QTI) dari (Mangga S.A., 1993) dan tabel nilai resistivitas batuan dari (Rizka & Satiawan, 2019).



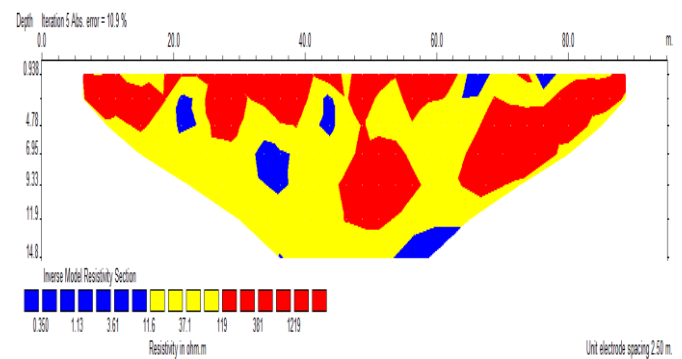
Gambar 5. Hasil Interpretasi litologi Lintasan 1

Tabel 1. Rentan Resistivitas Lintasan 1

No.	Resistivitas	Jenis lapisan
1	20-80 Ωm	Pasir tufan
2	>150 Ωm	Tuf kompak

Lapisan diklasifikasikan sebagai pasir tufan dengan warna kuning dengan nilai resistivitasnya 20 – 80 Ωm. Lapisan kedua diklasifikasikan dengan tuf kompak dengan warna merah didapat nilai resistivitasnya 150 – 1042 Ωm. Batuan tuf merupakan batuan piroklastik yang terbentuk dari aktivitas gunung api dimana abu yang berterbangan membeku diatas udara dan kemudian mengendap. Batu pasir tufan terbentuk dari abu vulkanik yang terendapkan ke batupasir dan tersisipkan bersama batuan tufan, sehingga kondisi litologinya dapat diinterpretasikan (Aini et al., 2019).

Interpretasi Lintasan 2



Gambar 6. Hasil Interpretasi Litologi Lintasan 2

Lapisan diklasifikasikan sebagai pasir tufan dengan warna kuning dengan nilai resistivitasnya 20 – 80 Ωm. Lapisan tuf kompak dengan resistivitasnya diatas 150 Ωm yang di tandai dengan warna merah. Batuan tuf merupakan batuan piroklastik yang terbentuk dari aktivitas gunung api dimana abu yang berterbangan membeku diatas udara dan kemudian mengendap. Batu pasir tufan terbentuk dari abu vulkanik yang terendapkan ke batupasir dan tersisipkan bersama batuan tufan, sehingga kondisi litologinya dapat diinterpretasikan

Tabel 2. Rentan Resistivitas Lintasan 2

No.	Resistivitas	Jenis lapisan
1	20-80 Ωm	Pasir tufan
2	>150 Ωm	Tuf kompak

Secara keseluruhan, hasil dan pembahasan menunjukkan bahwa metode ERT *Wenner Alpha* mampu memberikan gambaran yang cukup jelas mengenai kondisi bawah permukaan dan potensi pencemaran air tanah oleh air lindi di sekitar TPS Institut Teknologi Sumatera. Untuk memperjelas kontribusi ilmiah penelitian ini, beberapa poin diskusi utama dapat dirangkum sebagai berikut: *Pertama*, Keterkaitan dengan teori resistivitas batuan. Menurut teori geolistrik resistivitas, nilai resistivitas suatu material sangat dipengaruhi oleh kandungan fluida, porositas, dan salinitas. Zona resistivitas rendah yang teridentifikasi pada penelitian ini sejalan dengan teori tersebut, karena air lindi mengandung ion terlarut yang tinggi sehingga bersifat konduktif dan menurunkan nilai resistivitas batuan. *Kedua*, Kesesuaian dengan konsep hidrogeologi pencemaran. Dalam teori hidrogeologi, migrasi fluida pencemar dipengaruhi oleh permeabilitas dan struktur lapisan bawah permukaan. Pola sebaran lateral dan vertikal zona resistivitas rendah pada hasil ERT menunjukkan bahwa air lindi bergerak mengikuti jalur aliran air tanah dangkal, sebagaimana dijelaskan dalam konsep aliran fluida pada media berpori. *Ketiga*, Validasi

metode ERT dalam kerangka teori geofisika lingkungan. Electrical Resistivity Tomography (ERT) secara teoretis mampu memetakan heterogenitas bawah permukaan berdasarkan kontras resistivitas. Hasil penelitian ini mendukung teori tersebut, di mana konfigurasi *Wenner Alpha* efektif dalam menggambarkan variasi resistivitas lateral yang berkaitan dengan pencemaran lingkungan.

Keempat, Korelasi dengan teori kualitas air tanah. Penurunan kualitas air tanah akibat pencemaran ditandai oleh peningkatan kandungan zat terlarut. Secara teoritis, kondisi ini akan tercermin pada nilai resistivitas yang lebih rendah. Temuan penelitian ini menunjukkan korelasi yang kuat antara teori kualitas air tanah dan hasil pengukuran geolistrik.

Kelima, Implikasi teoritis terhadap pengelolaan lingkungan. Berdasarkan teori pengelolaan lingkungan berbasis pencegahan, identifikasi dini zona pencemaran merupakan langkah penting untuk mitigasi. Hasil penelitian ini memperkuat kerangka teori tersebut dengan menyediakan bukti empiris berupa pemetaan sebaran air lindi yang dapat digunakan dalam perencanaan pengelolaan TPS dan perlindungan air tanah. Penyelarasan antara hasil penelitian dan teori-teori tersebut menunjukkan bahwa temuan penelitian ini tidak hanya bersifat empiris, tetapi juga memiliki dasar teoretis yang kuat dalam bidang geofisika lingkungan dan hidrogeologi.

Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengidentifikasi adanya indikasi pencemaran air tanah akibat rembesan air lindi di sekitar TPS ITERA dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi *Wenner Alpha*. Hasil pengolahan data menunjukkan adanya zona resistivitas rendah ($<10 \Omega\text{m}$) pada kedalaman 1–14,8 meter di dua lintasan penelitian, yang menandakan adanya infiltrasi air lindi ke dalam lapisan bawah permukaan. Litologi daerah penelitian didominasi oleh pasir tufan dan tuf kompak yang memiliki sifat permeabel sehingga memungkinkan migrasi fluida secara lateral maupun vertikal, sehingga memperbesar potensi pencemaran akuifer dangkal. Temuan ini menegaskan bahwa air tanah di sekitar TPS ITERA rentan terhadap kontaminasi, sehingga diperlukan langkah mitigasi berupa pengelolaan air lindi yang lebih baik agar tidak menurunkan kualitas air tanah yang berperan penting sebagai sumber air bersih masyarakat.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih penulis berikan kepada Bapak Hendra selaku laboran teknik geofisika yang telah mengizinkan saya menggunakan alat dalam pengambilan data serta bapak Purwaditya Nugraha S.Si., M.T selaku pembimbing 1 yang telah membimbing dan mengarahkan sepenuhnya dalam menyelesaikan penelitian ini.

Referensi

- Abdel-Shafy, H. I., Ibrahim, A. M., Al-Sulaiman, A. M., & Okasha, R. A. (2024). Landfill leachate: Sources, nature, organic composition, and treatment: An environmental overview. *Ain Shams Engineering Journal*, 15(1), 102293. <https://doi.org/10.1016/J.ASEJ.2023.102293>
- Aini, H. N., Syafri, I., & Patonah, A. (2019). Provenance Batupasir dan Batulempung Anggota TUF Formasi Waturanda, Daerah Kebumen, Jawa Tengah. *Geoscience Journal*, 3(4), 271–280. <https://doi.org/10.24198/PGJ.V3I4.23193>
- Banerjee, D., & Ganguly, S. (2024). A Review on the Research Advances in Groundwater–Surface Water Interaction with an Overview of the Phenomenon [Indian Institute of Technology Ropar]. <https://www.mdpi.com/2073-4441/15/8/1552>
- Ebong, E. D., Abong, A. A., Ulem, E. B., & Ebong, L. A. (2021). Geoelectrical Resistivity and Geological Characterization of Hydrostructures for Groundwater Resource Appraisal in the Obudu Plateau, Southeastern Nigeria. *Natural Resources Research*, 30(3), 2103–2117. <https://doi.org/10.1007/S11053-021-09818-4/METRICS>
- Damanhuri, E. (2010). Diktat Pengelolaan Sampah. Bandung: Institut Teknologi Bandung
- Hakim, A. R., Hairunisa, & Nurjumiyati. (2017). Studi Akumulasi Rembesan Air Lindi dengan Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner Mapping: Studi Kasus TPA Supit Urang, Malang. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 3(June), 1–14.
- Lu, Y., Tao, J., Cao, C., Liu, H., Liu, Y., & Ge, Z. (2023). Detection of Landfill Leachate Leakage Based on ERT and OCTEM. *Water* 2023, Vol. 15, Page 1778, 15(9), 1778. <https://doi.org/10.3390/W15091778>
- Maubana, W. M., & Nipu, L. P. (2024). Pendugaan Kedalaman Rembesan Lindi Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Alak Berdasarkan Metode Geolistrik Resistivitas. *Jurnal Fisika Unand*, 13(3), 372–378. <https://doi.org/10.25077/jfu.13.3.372-378.2024>
- Nur, R. M. (2022). Aplikasi Metode Geolistrik Tahanan Jenis untuk Menentukan Letak dan Kedalaman Air Tanah Kelurahan Maccini Baji, Kecamatan Lau, Kabupaten Maros = Application of the Geoelectrical Resistivity Method to Determine the Location and Depth of Groundwater in Macc. Universitas Hasanuddin.
- Oyeyemi, K. D., Aizebeokhai, A. P., Metwaly, M., Omobulejo, O., Sanuade, O. A., & Okon, E. E.

- (2022). Assessing the suitable electrical resistivity arrays for characterization of basement aquifers using numerical modeling. *Heliyon*, 8(5). <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2022.E09427/ASSET/5FF0F5BE-EF42-4C88-A09A-D45957FE63C4/MAIN.ASSETS/GR19.JPG>
- Pambudi, R. R., Nurul, M., Prihadita, W. P., & Mulyasari, R. (2022). Analisis Kelongsoran dengan Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner-Schlumberger. *Jurnal Geoelebes*, 6(2), 108-116. <https://doi.org/10.20956/geoelebes.v6i2.17903>
- Parilia Pratiwi, D., Susanti, N., & Dewi, I. K. (2018). Penerapan Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner Mapping untuk Mengetahui Rembesan Air Lindi di TPA Talang Gulo Jambi. *JoP*, 4(1), 18-22.
- Prameswari. (2019). Analisa Resistivitas Batuan dengan Menggunakan Parameter Dar Zarrouk dan Konsep Anisotropi. *Jurnal Sains dan Seni ITS*,
- Puluyio, J., & Tongkukul, S. H. J. (2018). Perbandingan Konfigurasi Wenner Wenner- Schlumberger , Dipol-dipol Dan Pol-dipol Dalam Metode Geolistrik Tahanan Jenis Untuk Mendeteksi Keberadaan Air Tanah. *K. 7(1)*, 29-33.
- Raphela, T., Manqele, N., & Erasmus, M. (2024). The impact of improper waste disposal on human health and the environment: a case of Umgungundlovu District in KwaZulu Natal Province, South Africa. *Frontiers in Sustainability*, 5, 1386047. <https://doi.org/10.3389/FRSUS.2024.1386047/BIBTEX>
- Rizka, & Satiawan, S. (2019). Bedrock Investigation using Resistivity Method as an effort to Provide Subsurface Data at ITERA Campus. *ICOSITER 2018 Proceeding*.
- Utari, L. N. (2020). Identifikasi Lapisan Keras pada Kompleks Laboratorium Teknik dengan Menggunakan data Vertical Electrical Sounding (VES) dan Data Standard Penetration Test (SPT) di Institut Teknologi Sumatera. *Institut Teknologi Sumatera*.
- Vinti, G., & Vaccari, M. (2022). Solid Waste Management in Rural Communities of Developing Countries: An Overview of Challenges and Opportunities. *Clean Technologies 2022*, Vol. 4, Pages 1138-1151, 4(4), 1138-1151. <https://doi.org/10.3390/CLEANTECHNOL40069>