

Delineasi pencemaran Lindi menggunakan data resistivitas dan analisis geokimia di TPA Pasir Sembung Cianjur sebagai mitigasi keracunan air tanah

Nanang Dwi Ardi, Salma Nasya Syahidah, Isna Nur Fadilah, Ripa Khodijah

Artikel ini telah dipresentasikan pada kegiatan Seminar Nasional Fisika (Sinafi X) & International Physics Conference (IPC)

Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia

9 November 2024

Abstrak

Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Pasir Sembung memiliki struktur geologi berupa lahan kritis dan kontur tidak stabil. Saat curah hujan tinggi, air lindi dari TPA berpotensi mencemari tanah dan air tanah di sekitarnya. Masyarakat sekitar memanfaatkan air tanah untuk kebutuhan sehari-hari dan lahan sekitar TPA untuk tambak lele. Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan distribusi air lindi di TPA Pasir Sembung menggunakan metode geolistrik konfigurasi Wenner. Penelitian ini dilakukan dengan tiga lintasan sepanjang 80 m dengan jarak elektroda terkecil 5 m. Data diinterpretasikan menggunakan metode inverse distance untuk model 3D. Hasil penelitian menunjukkan nilai resistivitas $\leq 10 \Omega\text{m}$ mengidentifikasi lapisan tanah terkontaminasi air lindi. Lapisan tanah terkontaminasi diperkirakan berupa lapisan lempung berlanau. Model 3D menunjukkan bahwa air lindi bergerak ke arah selatan dan barat TPA. Data penelitian ini dapat digunakan sebagai informasi daerah air tanah yang terkontaminasi lindi sehingga membantu dalam upaya pencegahan atau mitigasi keracunan air tanah di daerah sekitar TPA Pasir Sembung.

Kata Kunci: TPA Pasir Sembung · Air Lindi · Geolistrik · Konfigurasi Wenner · Model 3D

Abstract

Pasir Sembung Landfill (TPA) has a geological structure of critical land (ex-mining) and unstable contour. During high rainfall, leachate from the TPA has the potential to contaminate soil and groundwater in the surrounding area. The local community utilizes groundwater for daily needs and the land around the TPA for lele fish farming. Therefore, it is necessary to prevent and minimize the spread of leachate. One of the efforts that can be made is by modeling the leachate distribution. In this study, leachate distribution modeling was carried out using the Wenner electrical resistivity method. The study was conducted with three 80 m long traverses with the smallest electrode spacing of 5 m. Data were interpreted inverse distance method for 3D model. The results showed that resistivity values $\leq 10 \Omega\text{m}$ identified the soil layer contaminated with leachate. The contaminated soil layer is estimated to be a silt loam layer. 3D models show that leachate moves to the south and west of the TPA. This research data can be used as information on groundwater areas contaminated with leachate, thus helping in efforts to prevent or mitigate groundwater poisoning in the area around the Pasir Sembung landfill.

Keywords: Pasir Sembung TPA · Leachate · Electrical Resistivity · Wenner Configuration · 3D Model

✉ Nanang Dwi Ardi
nanang_dwiardi@upi.edu

Universitas Pendidikan Indonesia. Bandung, Indonesia.

How to Cite: Ardi, N.D., Syahidah, S.N., Fadilah, I.N., & Khodijah, R. (2024). Delineasi Pencemaran Lindi Menggunakan Data Resistivitas Dan Analisis Geokimia Di Tpa Pasir Sembung Cianjur Sebagai Mitigasi Keracunan Air Tanah. *Prosiding Seminar Nasional Fisika & International Physics Conference*, 3(1), 6-13. <https://proceedings.upi.edu/index.php/sinafi/>

PENDAHULUAN

Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Pasir Sembung merupakan Tempat Pembuangan Akhir sampah yang berlokasi di Desa Sirnagalih, Kecamatan Cilaku, Kabupaten Cianjur. Asisten Daerah (Asda) II Bidang Perekonomian dan Pembangunan Pemkab Cianjur mengatakan bahwa Kabupaten Cianjur sedang mengalami masa darurat sampah dikarenakan lahan seluas 8.000 m² yang tersisa di TPA Pasir Sembung kini sudah hampir penuh dan hanya dapat bertahan selama 3 bulan ke depan. Di sisi lain, sampah masih terus berdatangan ke TPA ini bahkan mencapai 100 ton per hari. Kondisi geologi TPA Pasir Sembung yang berupa lahan kritis (bekas galian) dan dekat pemukiman menambah permasalahan yang harus ditangani serius (Fathiras, 2011). Efektifitas pengangkutan sampah dan efek distribusi lindi pun menjadi faktor lain dalam penanganannya (Alfian & Phelia, 2021). Hal ini dikarenakan sampah-sampah yang ditampung pada TPA ini dapat turun ke daerah pemukiman dan air lindinya dapat mencemari kualitas air daerah setempat. Dengan semakin banyaknya sampah pada tempat penelitian ini, maka penting dilakukan pemetaan bawah permukaan tentang distribusi arah lindi yang dapat berdampak pada perumahan warga di sekitarnya (Ardi & Iryanti, 2015).

Lindi merupakan suatu cairan/larutan yang keluar dari sampah. Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Nasya Fathiras tentang kondisi geologis TPA Pasir Sembung, ditemukan bahwa kondisi geologi TPA merupakan lahan kritis (daerah bekas galian). Selain itu, kontur TPA yang lebih tinggi serta dekat dengan pemukiman warga menjadikan lindi hasil polutan limbah akan melewati daerah pemukiman warga dan sebagiannya meresap jauh ke dalam tanah. Komposisi air lindi dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti kondisi geologis daerah setempat dan jenis sampah yang tertimbun (Mahardika & Salami, 2012).

Memahami kondisi bawah permukaan TPA serta bagaimana air lindi bergerak menjadi krusial. Penelitian ini menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi Wenner untuk memetakan kondisi geologi bawah permukaan dan arah aliran air lindi. Dengan informasi ini, kita dapat memberikan gambaran kepada masyarakat dan pemerintah mengenai potensi kontaminasi air tanah dan membantu perencanaan pembangunan di sekitar TPA Pasir Sembung agar terhindar dari dampak pencemaran.

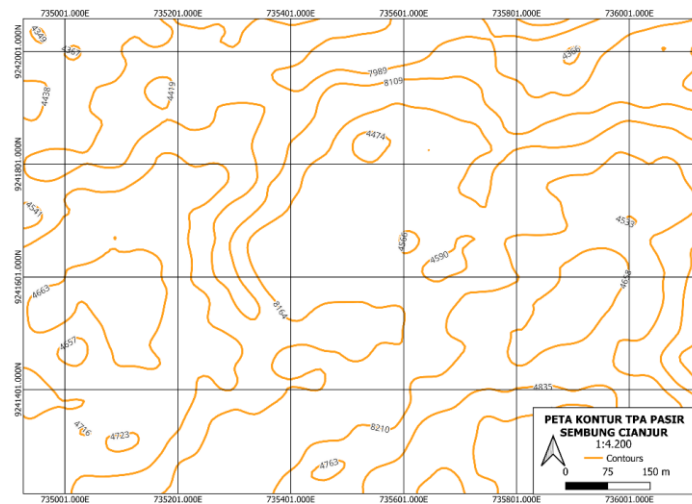
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi geologis bawah permukaan, mendapatkan gambaran penyebaran air lindi (deliniasi), dan mengidentifikasi pencemaran air tanah akibat air lindi di TPA Pasir Sembung menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi Wenner sebagai bentuk mitigasi keracunan air tanah. Data resistivitas yang diperoleh akan diinterpretasi untuk menghasilkan model geolistrik 3D yang menggambarkan kondisi bawah permukaan dan penyebaran air lindi. Hasil interpretasi kemudian dianalisis untuk mengetahui potensi pencemaran air tanah di sekitar TPA Pasir Sembung.

METODE

Pengambilan data dilaksanakan pada tanggal 24 - 25 November 2023 di TPA Pasir Sembung, Desa Sirnagalih, Kecamatan Cilaku, Kabupaten Cianjur dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian



Gambar 2. Peta kontur TPA Pasir Sembung

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : Fluke 1623-2, Empat batang elektroda, Empat gulung kabel elektroda, Accumulator, palu, GPS, TDS meter.

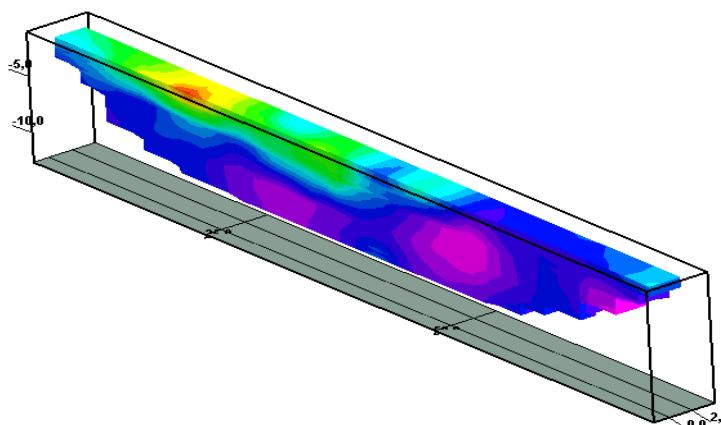
Penelitian ini menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi Wenner (Farihanum et al., 2020) dengan teknik akuisisi data imaging. Pemetaan resistivitas listrik umumnya digunakan untuk mengetahui variasi resistivitas listrik sebagai fungsi kedalaman dengan Fluke 1623-2 yang digunakan dalam pengumpulan data (Nurhayati & Ardi, 2016). Susunan Wenner dilakukan pada jarak elektroda 5 meter sepanjang lintasan 80 meter. Selain itu, pengukuran geokimia juga dilakukan dengan mengambil lima sampel air konduktivitas listrik (EC) di lima titik pada jalur lintasan 1 dengan tujuan untuk mengetahui sebaran pencemaran lindi dengan menggunakan hubungan empiris.

Susunan elektroda Wenner digunakan untuk pengukuran karena jenis pengukuran ini merupakan cara yang efisien untuk mengumpulkan sejumlah besar titik data serta sensitif terhadap posisi lateral dan karakteristik kedalaman distribusi resistivitas.

Data yang dihasilkan akan menampilkan gambaran bawah permukaan daerah yang diteliti secara 3D sehingga mampu menggambarkan aliran lindi dan analisis pencemarannya terhadap kualitas air tanah pada daerah sekitar lokasi penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tiga lintasan dalam pengukuran dengan metode ini dihasilkan dengan jarak antar lintasan 2 meter. Tiga lintasan ini kemudian dimodelkan secara dimensi tiga. Pemodelan yang digunakan *software RES2DINV* dan *Rockwork* untuk memudahkan interpretasi deliniasi lindi yang akan dipetakan.




Gambar 2. Resistivitas lintasan dalam inversi 3D








Air lindi yang mencemari tanah di daerah penelitian dapat dianalisis berdasarkan model resistivitas lateral pada kedalaman tertentu. Berdasarkan penelitian (Soeryamassoeka et al., 2023) bahwa nilai resistivitas $<10 \Omega m$ diduga merupakan daerah tercemar lindi yaitu daerah yang berwarna biru tua. Sementara itu untuk kontur dengan nilai resistivitasnya $>10 \Omega m$ diduga belum terkontaminasi lindi.

Ketiga lintasan membentang pada arah Barat-Timur dan terdiri dari 5 lapisan. Pada lapisan pertama (n_1) membentang sejauh 80 meter dan memiliki titik pengukuran sebanyak 14 titik dengan interval jarak antar titik 5 meter. Pada lapisan kedua (n_2) membentang sejauh 80 meter dan memiliki titik pengukuran sebanyak 6 titik dengan interval jarak antar titik 10 meter. Pada lapisan ketiga (n_3) membentang sejauh 75 meter dan memiliki titik pengukuran sebanyak 3 titik dengan interval 15 meter. Pada lapisan keempat (n_4) membentang sejauh 80 meter dan memiliki titik pengukuran sebanyak 2 titik dengan interval jarak antar titik adalah 20 meter. Pada lapisan kelima (n_5) membentang sejauh 75 meter dan memiliki titik pengukuran sebanyak 1 titik dengan interval jarak antar titik adalah 25 meter.

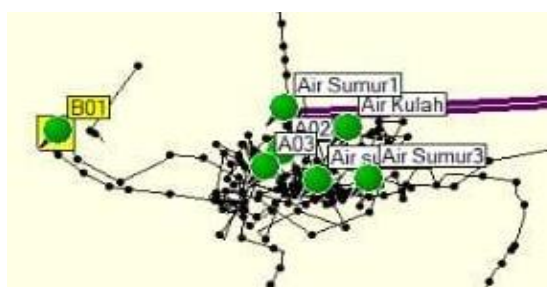
Selain itu, diketahui pula bahwa konfigurasi citra warna untuk resistivitas dan jenis tanah/batuan pada lintasan dirujuk dari peta geologi (Alzwar et al., 1992) dan hasil interpretasi peneliti disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Konfigurasi citra warna untuk resistivitas dan jenis tanah/batuan pada lintasan

No.	Citra Warna	Resistivitas	Kedalaman	Tanah/Batuan
1.		$3.17 \Omega m$	0.625 m – 4.7 m	Magnetik, pirit, air tanah mengandung air asin

No.	Citra Warna	Resistivitas	Kedalaman	Tanah/Batuan
2.		5.03 Ωm	0.625 m – 9.89 m dan 4.7 m – 8 m	Batuan pasir, lempung, lempung pasiran, dan kerikil yang mengandung air asin.
3		7.98 Ωm	0.625 m – 12 m	Batuan pasir, lempung, lempung pasiran, dan kerikil yang mengandung air asin.
4		12.6 Ωm	0.625 m – 12 m	Lapisan slit lempung, endapan alluvial yang mengandung air payau
5		20 Ωm	0.625 m – 12 m	Lapisan slit lempung, endapan alluvial yang mengandung air payau
6		31.8 Ωm	0.625 m – 12 m	Breksi vulkanik, batu pasir lempung yang mengandung air tawar (<i>freshwater</i>).
7		50.4 Ωm	0.625 m – 6.22 m dan 9.89 m – 12 m	Breksi vulkanik, batu pasir lempung yang mengandung air tawar (<i>freshwater</i>).
8		79.8 Ωm	0.625 m – 3.19 m	Breksi vulkanik, batu pasir lempung yang mengandung air tawar (<i>freshwater</i>).

Hidrogeokimia Daerah Penelitian



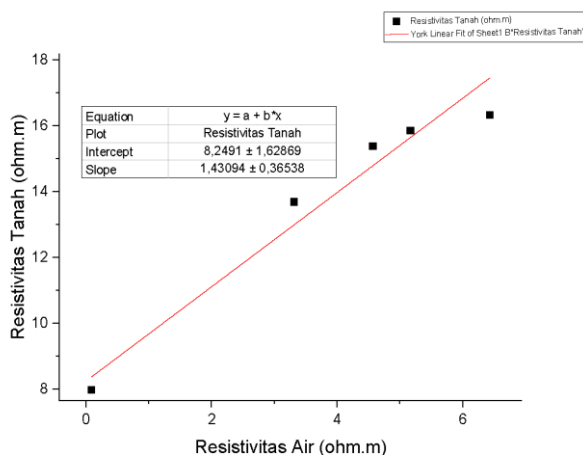
Gambar 3. Titik Pengambilan sampel air (Keterangan : B01 adalah titik terdapatnya pipa lindi)

Tabel 2. Rincian Data Sampel Air

Sampel Air	Koordinat	Conductivity (mS)	Water resistivity (ohm.m)	Earth resistivity (ohm.m)	pH	TDS
Pipa leachet	6.51462 S 107.07805 E	11.55	0.086580087	7.98	7.52	8.20 ppT
Air kulah	6.51462 S 107.07835 E	0.302	3.311258278	13.69	6.24	211 ppm
Sumur 1	6.51460 S 107.07829 E	0.219	4.566210046	15.38	5.84	212 ppm
Sumur 2	6.51467 S 107.07832 E	0.1936	5.165289256	15.857	5.41	111 ppm
Sumur 3	6.51467 S 107.07837 E	0.1555	6.430868167	16.328	5.78	137 ppm

Pengambilan sampel air dilakukan pada empat titik dengan satu pada pipa sumber mengalirnya lindi, satu kulah air, dan tiga merupakan sumur yang juga sering digunakan oleh warga. Semua sampel air berada di dekat lintasan 1 yang disajikan pada Gambar 3.

Berdasarkan data laboratorium, didapat nilai pH dan TDS sumber air yang diambil warga (sumur 1, sumur 2, sumur 3, dan air kulah) di luar jangkauan batas baku mutu. Kadar pH air yang baik bernilai 7 dengan nilai TDS >100 mg/l. Berdasarkan pernyataan Permenkes 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum dengan nilai TDS maksimal sebesar 500 mg/l. Walaupun begitu, air pada semua sumber warga tetap harus melalui proses filtrasi terlebih dahulu karena memiliki pH < 7 (bersifat asam dan berada di luar jangkauan batas baku mutu) dan berada dalam daerah terprediksi mengandung lindi karena memiliki resistivitas < 10 Ωm (Revansyah et al., 2023)



Gambar 4. Grafik hubungan antara resistivitas tanah dengan resistivitas air

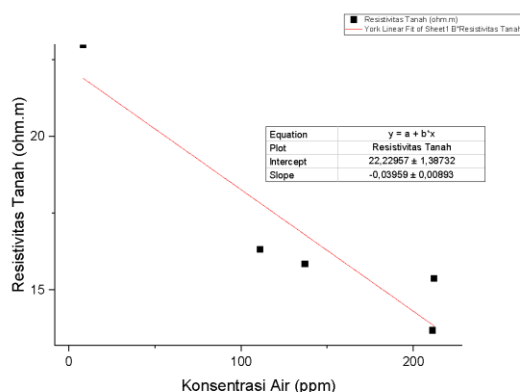
Dari hasil analisis data uji korelasi Gambar 4, hasilnya diperoleh grafik hubungan antara resistivitas tanah dan resistivitas air yang dikriteriakan memiliki korelasi sangat kuat. Resistivitas tanah (*earth resistivity*) merupakan metoda geofisika yang digunakan untuk mempelajari kondisi dibawah permukaan bumi dengan memanfaatkan sifat kelistrikan batuan terhadap sifat fisis dari batuan itu sendiri, sedangkan resistivitas air (*water resistivity*) adalah ukuran kemampuan air dalam menahan arus listrik yang berhubungan langsung dengan jumlah garam terlarut dalam air (Joseph Omeiza et al., 2023).

Dalam studi kasus hidrogeokimia, grafik hubungan antara resistivitas air (*water resistivity*) dengan resistivitas tanah (*earth resistivity*) dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik air tanah dan batuan di suatu daerah. Grafik ini biasanya memiliki pola yang linier, dengan nilai resistivitas air yang lebih rendah menunjukkan air tanah yang lebih terkontaminasi.

Pada umumnya, air tanah yang bersih memiliki nilai water resistivity yang lebih tinggi daripada air tanah yang terkontaminasi. Hal ini disebabkan oleh adanya mineral-mineral yang terlarut dalam air tanah, seperti garam, mineral logam, dan bahan organik. Mineral-mineral ini dapat meningkatkan konduktivitas listrik air tanah, sehingga nilai water resistivity-nya menjadi lebih rendah.

Nilai resistivitas air bersih umumnya berkisar antara 10-100 ohm-m. Nilai resistivitas yang lebih tinggi menunjukkan air tanah yang lebih bersih, sedangkan nilai resistivitas yang lebih rendah menunjukkan air tanah yang lebih terkontaminasi. Berdasarkan Tabel 2 dan Gambar 4 dapat dilihat bahwa air lindi memiliki nilai resistivitas terendah, artinya lindi termasuk air yang terkontaminasi sangat banyak. Sedangkan, air sumur 3 (pada lintasan meter ke-80) walaupun air tersebut sedikit terkontaminasi, namun air tersebut merupakan air yang paling bersih

diantara sampel air lainnya. Dan menurut keterangan warga setempat, air pada sumur tersebut memang air yang digunakan dan dikonsumsi warga.



Gambar 5. Grafik hubungan antara resistivitas tanah dengan konsentrasi air

Dari hasil analisis data uji korelasi pada Gambar 5, diperoleh grafik hubungan antara resistivitas tanah dan konsentrasi air dengan nilai korelasi 0.8675 dan dikriteriakan memiliki korelasi sangat kuat negatif.

Grafik hubungan antara resistivitas tanah dan konsentrasi air dalam studi kasus hidrogeokimia biasanya memiliki pola yang linier, dengan nilai earth resistivity yang lebih rendah menunjukkan konsentrasi air yang lebih tinggi. Grafik ini akan menghasilkan pola linear turun. Pola ini menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang berbanding terbalik antara nilai resistivitas tanah dan konsentrasi air. Pada pola linier, nilai earth resistivity akan semakin rendah seiring dengan peningkatan nilai water concentration dan menunjukkan bahwa konsentrasi air di daerah tersebut semakin tinggi. Hal ini disebabkan oleh adanya mineral-mineral terlarut dalam air, seperti garam, mineral logam, dan bahan organik. Mineral-mineral ini dapat meningkatkan konduktivitas listrik air, sehingga nilai resistivitas-nya menjadi lebih rendah.

SIMPULAN

Model resistivitas 2D dan 3D pada daerah penelitian mempunyai nilai resistivitas sebesar 3.17 hingga 97.1 Ω m. Nilai resistivitas $\leq 10 \Omega$ m mengidentifikasi lapisan tanah yang terkontaminasi lindi. Kandungan lindi dalam tanah menjadikan lapisan tanah bersifat konduktif. Lapisan tanah yang terkontaminasi diduga merupakan lapisan silt lempung, endapan alluvial yang mengandung air payau. Kondisi lapisan tanah di sekitar TPA Pasir Sembung mempengaruhi sebaran air lindi secara horizontal dan vertikal. Karakteristik lapisan silt lempung yang memiliki ukuran partikel sangat kecil dan struktur berpori menjadikan lapisan jenis ini memiliki kemampuan menyerap air sangat baik. Oleh karena itu, air lindi pada daerah penelitian ditemukan hingga kedalaman 9.89 m, bahkan di beberapa titik mencapai kedalaman 12 meter. Sebaran lindi ditemukan paling banyak pada lintasan 1 di dekat sumur-sumur atau sumber air warga. Hal ini diduga disebabkan oleh kondisi lokasi penelitian yang berada di dekat sumber kebocoran air lindi. Berdasarkan nilai resistivitas dan data laboratorium, diduga air pada sumur-sumur warga pun sedikit tercemar sehingga diperlukan proses filtrasi pada air agar air tersebut layak dikonsumsi warga dan terhindar dari keracunan air tanah.

ACKNOWLEDGMENT

Ucapan terima kasih kami haturkan kepada Ketua Program Studi Fisika Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FPMIPA) Universitas Pendidikan Indonesia (UPI) yang telah banyak membantu dalam kegiatan penelitian ini.

REFERENCES

- Alfian, R., & Phelia, A. (2021). Evaluasi Efektifitas Sistem Pengangkutan dan Pengelolaan Sampah Di TPA Sarimukti Kota Bandung. *JICE (Journal of Infrastructural in Civil Engineering)*, 2(01), 16. <https://doi.org/10.33365/jice.v2i01.1084>
- Alzwar, M., Akbar, N., & Bachri, S. (1992). *Peta Geologi Lembar Garut dan Pameungpeuk*. P3G.
- Ardi, N. D., & Iryanti, M. (2015). *Resistivity mapping and geochemical data for groundwater contamination at Sarimukti municipal landfill, West Bandung*. 060019. <https://doi.org/10.1063/1.4930699>
- Farihanum, A., Nasution, N., & Daulay, A. H. (2020). Wenner's Configuration Geoelectric Method For The Interpretation of The Subsurface Structures of Panungkiran Village. *Fisitek : Jurnal Ilmu Fisika Dan Teknologi*, 4(2), 18. <https://doi.org/10.30821/fisitekfisitek.v4i2.9616>
- Fathiras, N. (2011). *Analisis pengelolaan sampah di Tempat Pembuangan Akhir Pasir Sembung Kabupaten Cianjur (Aplikasi Model IPAT)* [Institut Pertanian Bogor]. <http://repository.ipb.ac.id/jspui/bitstream/123456789/49969/3/H11nfa.pdf>
- Joseph Omeiza, A., Hammed Adeniyi, L., & Mohammed Shettima, N. (2023). Investigation of groundwater vulnerability to open dumpsites and its potential risk using electrical resistivity and water analysis. *Heliyon*, 9(2), e13265. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13265>
- Mahardika, D. I., & Salami, I. R. S. S. (2012). Profil Distribusi Pencemaran Logam Berat Pada Air Dan Sedimen Aliran Sungai Dari Air Lindi Tpa Sari Mukti. *Jurnal Tehnik Lingkungan*, 18(1), 30–42. <https://doi.org/10.5614/jtl.2012.18.1.4>
- Nurhayati, N., & Ardi, N. D. (2016). *Identifikasi Zona Bidang Gelincir Daerah Rawan Longsor Cihideung Kabupaten Bandung Barat dengan Menggunakan Metode Resistivitas Konfigurasi Wenner*. 581–589.
- Revansyah, M. A., Men, L. K., Setianto, S., F, F., Safriani, L., & Aprilia, A. (2023). Analisis TDS, PH, dan COD Untuk Mengetahui Kualitas Air Di Desa Cilayung. *Jurnal Material Dan Energi Indonesia*, 12(02), 43. <https://doi.org/10.24198/jme.v12i02.41305>
- Soeryamassoeka, S. B., Meilasari, F., Sutrisno, H., Yuniarti, E., & Zulfian, Z. (2023). 3D Modeling of Leachate Distribution Around Zone E of Batu Layang Landfill, Pontianak, West Kalimantan, Indonesia Using the Geoelectrical Method. *Journal of Engineering and Technological Sciences*, 55(2), 153–166. <https://doi.org/10.5614/j.eng.technol.sci.2023.55.2.5>