

Pendugaan Litologi dan Pencemaran Airtanah dengan Metode Geolistrik di Tempat Pembuangan Akhir Talangagung

Marco Satyo¹, Ferryati Masitoh^{2*}

Departemen Geografi, Universitas Negeri Malang, Kota Malang, Indonesia

¹ marco.satyo.2007226@students.um.ac.id; ² ferryati.masitoh.fis@um.ac.id

*korespondensi penulis

Informasi artikel	A B S T R A K
<i>Sejarah artikel</i> Diterima :16 Agustus 2024 Revisi :30 Desember 2024 Dipublikasikan :1 Juni 2025	Tempat Pembuangan Akhir (TPA) merupakan tempat pembentukan air lindi karena adanya pembusukan sampah dan dapat menghasilkan limbah cair yang berpotensi mencemari lingkungan dan airtanah. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pendugaan litologi serta potensi pencemaran airtanah oleh air lindi yang dihasilkan oleh TPA Talangagung Kabupaten Malang, Jawa Timur. Metode yang digunakan adalah metode geolistrik konfigurasi <i>schlumberger</i> dan <i>Dipole – Dipole</i> . Hasil pendugaan kemudian diolah menggunakan <i>software progress</i> dan <i>Res2Dinv</i> . Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat material lempung, lanau, tufa pasiran serta aluvium pada litologi di sekitar lokasi penelitian dengan rentang nilai resistivitas 7.15 – 32.61 Ω m serta kedalaman hingga 27 m di lintasan 1 dan 35 m di lintasan 2. Airtanah yang teridentifikasi pada pendugaan kedua titik lokasi penelitian memiliki nilai resistivitas yang kurang dari 10 Ω m. Hal ini menunjukkan adanya resapan air lindi yang mencemari airtanah di lokasi penelitian. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi informasi bagi pengelola TPA Talangagung dalam menentukan kebijakan pengelolaan TPA.
Kata kunci: Tempat Pembuangan Akhir Geolistrik Airtanah Pencemaran	
Keywords: Landfill Goelectric Groundwater Contamination	A B S T R A C T Landfill is a place where leachate is formed due to the decay of waste and can produce liquid waste that has the potential to pollute the environment and groundwater. This study aims to identify the lithology and for groundwater pollution potential by leachate in the Talangagung Landfill, Malang Regency, East Java. The method used is the geoelectric method of Schlumberger and Dipole – Dipole configuration. The results of the estimation are then processed using Progress Software and Res2Dinv. The results showed that there were clay, silt, sand tufa, and alluvium materials in lithology around the research site with a resistivity value range of 7.15 – 32.61 Ω m and a depth of up to 27 m in track 1 and 35 m in track 2. The groundwater identified in the estimation of the two points of the research location has a resistivity value that is less than 10 Ω m. This shows that there is leachate infiltration that contaminates groundwater at the research site. The results of this study are expected to be information for the management of the Talangagung Landfill in determining the landfill management policy.

© 2024 (Satyo & Masitoh). All Right Reserved

Pendahuluan

Air merupakan salah satu sumber daya yang berperan mendukung kehidupan manusia secara umum dan dapat diperoleh dari berbagai sumber diantaranya adalah sungai, waduk, danau, mata air, air tanah dan lainnyasan (Santosan dkk., 2018). Airtanah merupakan salah satu sumber daya air yang berada di bawah permukaan tanah yang terbentuk karena adanya peresapan (infiltrasi) air permukaan melalui pori – pori tanah ke dalam tanah (Sutandi, 2012). Lapisan akuifer adalah lapisan dalam permukaan tanah yang dapat menyimpan serta meloloskan/mengalirkan air dalam volume yang relatif tinggi karena susunan materialnya terdiri dari pasir dan kerikil (Salsabila dkk., 2020). Lapisan akuifer tidak tertekan (bebas) berada dibawah lapisan tidak kedap (permeable) sehingga memiliki tekanan yang sama dengan tekanan atmosfer dan memiliki kedalaman yang dangkal (Darwis, 2018). Lapisan akuifer adalah lapisan dalam permukaan tanah yang dapat menyimpan serta meloloskan/mengalirkan air dalam volume yang relatif tinggi karena susunan material pada lapisan akuifer terdiri dari pasir, kerikil, serta batuan – batuan yang memiliki celah/retakan (Salsabila dkk., 2020).

Pencemaran lingkungan merupakan masalah yang perlu kita selesaikan bersama karena dapat memberikan dampak bagi kelangsungan dan kualitas hidup kita (Sompotan dkk., 2022). Pencemaran lingkungan yang tidak ditangani dengan segera akan menimbulkan permasalahan lanjutan yang berujung pada permasalahan sanitasi, kesehatan, dan kualitas hidup manusia. Permasalahan lanjutan yang berujung pada kesehatan dan kualitas hidup dapat terjadi karena adanya bahan pencemar (polutan) yang merembes kedalam tanah dan mencemari airtanah oleh senyawa berbahaya (Juandi, 2012a). Adanya aktivitas manusia yang cenderung memanfaatkan alam akan meninggalkan sisa yang disebut dengan sampah (Juandi, 2012a). Perkembangan populasi manusia membuat sisa – sisa buangan (sampah) yang dihasilkan juga semakin banyak (Rosnawati dkk., 2017).

Lebih dari 2.5 miliar manusia di dunia menggunakan airtanah sebagai sumber air dan sekitar 230 juta diantaranya telah terdampak dari

pencemaran airtanah (Shaji dkk., 2021). Permasalahan pencemaran lingkungan khususnya pencemaran air tidak hanya di terjadi di Indonesia namun juga di dunia (Sompotan dkk., 2022). Sampah merupakan salah satu bahan pencemar yang jika tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan masalah pencemaran lingkungan yang serius (Lensoni, 2023). Sampah yang tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan pencemaran udara, tanah, serta air (Nggadi dkk., 2022). Pencemaran air mempengaruhi kualitas hidup manusia karena mencemari badan air yang dapat berupa air sungai, danau, rawa – rawa, waduk, serta airtanah yang merupakan sumber air yang dikonsumsi manusia (Agusto, 2022).

Tumpukan sampah yang dibiarkan begitu saja dan dilalui oleh air (air hujan) menghasilkan air lindi yang dapat menyerap kedalam tanah dan mencemari airtanah (Fitria dkk., 2018). Air lindi merupakan cairan limbah pembawa bahan pencemar (polutan) bersifat toksik dari kandungan senyawa dan mikroorganisme patogen (Daryat dkk., 2017). Air lindi yang meresap kedalam tanah umumnya mencemari airtanah dangkal yang merupakan sumber air yang banyak digunakan oleh manusia (Sugestiani dkk., 2018). Partikel – partikel yang tersuspensi dan terlarut dalam air lindi berpotensi menjadi permasalahan lingkungan dan mempengaruhi kesehatan manusia jika tidak ditangani dengan segera (Yu dkk., 2014). Semakin banyak tumpukan sampah maka kandungan senyawa toksik yang terbawa pada air lindi juga akan semakin tinggi karena (Fazdli, 2023).

Tempat pembuangan akhir sampah merupakan fasilitas pengelolaan sampah yang bertujuan mengurangi dan menangani sampah yang dibuang secara sistematis, menyeluruh dan berkesinambungan (UU No. 18 Tahun 2008 tentang pengelolaan sampah) TPA merupakan salah satu sumber pembentukan air lindi karena adanya pembusukan sampah pada TPA dapat menghasilkan limbah cair (Hutagalung dkk., 2021). Semakin tinggi volume sampah pada TPA dapat meningkatkan konsentrasi air lindi sehingga potensi pencemaran airtanah semakin tinggi (Adriati dkk., 2023). Keberadaan TPA dapat menimbulkan masalah bagi masyarakat di sekitar

TPA karena adanya senyawa toksik, bakteri patogen serta berbagai racun berbahaya TPA yang dapat menyebar (Tuuk dkk., 2023). Kabupaten Malang memiliki 4 TPA dan TPA Talangagung merupakan TPA dengan daya penerimaan dan pengelolaan sampah tertinggi yaitu 72.936,12 ton/tahun pada tahun 2023. (SIPSN, 2023)

Salah satu sumber air bersih yang paling banyak digunakan oleh manusia adalah airtanah (Santosan dkk., 2018). Airtanah adalah sejumlah air yang menempati rongga – rongga lapisan tanah/batuan yang berada dibawah lapisan permukaan bumi. Lapisan akuifer dapat mengandung airtanah yang relatif banyak karena lapisan akuifer memiliki rongga yang memadai dalam meneruskan, menyimpan serta meneruskan airtanah (Bisri, 2012) . Airtanah merupakan salah satu sumber persediaan air yang berfungsi mendukung kelangsungan hidup dan aktivitas manusia seperti penggunaannya pada industri, air minum dan irigasi sehingga perlu dijaga dari segi kualitas dan kualitasnya (Soemarto, 1987). Pergerakan aliran airtanah juga memberikan pengaruh pada pencemaran airtanah karena dapat menyebarkan polutan (bahan pencemar) akibat adanya pergerakan aliran (Marjuanto dkk., 2020). Hal ini menjadi alasan mengapa diperlukan adanya pendugaan pencemaran airtanah di TPA.

Hasil dari beberapa penelitian lain menunjukkan bahwa terdapat penurunan kualitas airtanah dari sampel air sumur di sekitar lahan tempat pembuangan akhir sampah berupa kandungan nitrat yang tinggi (Fajarini, 2014). Penelitian yang dilakukan oleh Putri pada tahun 2015 menunjukkan bahwa konsentrasi air lindi pada airtanah tercemar di TPA Cahaya Kencana, Kabupaten Banjar memiliki nilai resistivitas 1.50 – 4.34 Ωm (Putri dkk, 2015). Penelitian lain yang dilakukan pada kawasan industri penyamakan kulit juga menunjukkan adanya pencemaran airtanah berdasarkan data resistivitas. Survei geolistrik pada tiga lintasan menunjukkan adanya pencemaran airtanah dengan rentang nilai resistivitas 1.33 – 9.16 Ωm (Wibowo dkk., 2021) .

Pendugaan airtanah yang tercemar pada TPA Talangagung dilakukan menggunakan metode geolistrik berupa data resistivitas yang divisualisasikan dalam 2D. Konsep dari metode

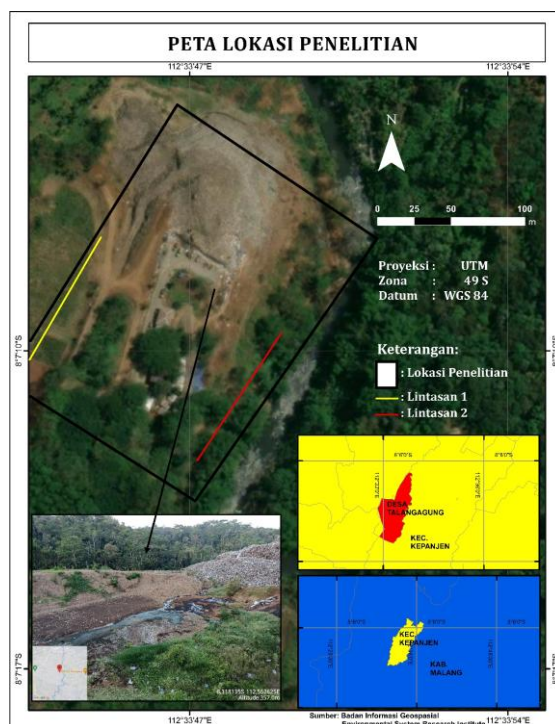
geolistrik adalah dengan menginjeksikan arus listrik ke dalam permukaan tanah melalui elektroda yang ditancapkan sehingga memberikan data resistivitas. Data resistivitas yang diterima akan bervariasi sesuai dengan tahanan jenis material di dalam permukaan tanah (Arsyadi, 2017). Adanya sifat konduktivitas listrik pada air membuat penggunaan metode resistivitas (geolistrik) lebih efektif. Airtanah tercemar memiliki sifat konduktivitas listrik yang lebih tinggi dibandingkan airtanah yang tidak tercemar sehingga dapat terlihat anomali pada data visual 2D (Juandi, 2012). Airtanah tidak tercemar memiliki nilai resistivitas antara 10 – 100 Ωm , namun nilai resistivitas pada airtanah yang terkontaminasi oleh limbah cenderung memiliki resistivitas yang sangat rendah bahkan kontaminasi dari jumlah yang kecil sehingga diasumsikan bahwa nilai resistivitas yang berada dibawah 10 Ωm merupakan airtanah yang tercemar (Loke, 1999). Berisi uraian permasalahan penelitian, pernyataan yang mengarah ke hipotesis dan kerangka pemecahan masalah. Dapat diperkuat dengan pustaka sebagai landasan pemikiran. Dapat disusun dengan atau tanpa sub judul. Panjang tidak lebih dari 3 halaman untuk artikel 15 halaman

Metode

TPA Talangagung merupakan salah satu fasilitas pengelolaan sampah yang terletak di Desa Talangagung, Kecamatan Kepanjen, Kabupaten Malang dengan luas 4,1 hektar (Adia dkk., 2019). TPA Talangagung merupakan tempat berkumpulnya berbagai jenis sampah dari Kabupaten Malang (Widyastuti dkk., 2021) TPA Talangagung merupakan tempat pengelolaan sampah akhir yang meliputi 8 kecamatan dan 87 tempat pengelolaan sampah (Tamami et al, 2019).

Metode yang digunakan pada penelitian ini berupa metode kuantitatif dengan taraf analisis deskriptif analitik pada data resistivitas dan kondisi geologi. Data kondisi geologi diperoleh melalui Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral yang dapat diakses secara umum, dan data resistivitas diperoleh melalui survei lapangan menggunakan geolistrik yang didukung dengan arah aliran muka airtanah melalui sumur – sumur sekitar wilayah kajian dalam menentukan lintasannya. Akuisisi data resistivitas

menggunakan metode resistivitas (geolistrik) pada dua lintasan dengan total panjang lintasan masing – masing 100 meter (Gambar 1). Panjang lintasan ditentukan berdasarkan kondisi lapangan yang hanya bisa dilakukan bentangan sepanjang 100 meter karena terhalang kebun tebu yang terlalu rapat untuk diakses pada lintasan pertama serta lereng yang cukup curam untuk diakses pada lintasan 2 karena berada di bantaran sungai.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian
(Sumber: Google Earth, 2024)

Teknik akuisisi data yang digunakan dalam penelitian ini berupa Vertical Electrical Sounding (VES) dan Electrical Resistivity Tomography (ERT). Vertical Electrical Sounding (VES) merupakan teknik akuisisi data pada metode geolistrik yang mengukur data resistivitas pada satu titik, sedangkan Electrical Resistivity Tomography (ERT) merupakan teknik akuisisi data pada metode geolistrik yang mengukur sebaran data resistivitas secara lateral dan vertikal sehingga hasil data yang diolah dapat berupa penampang 2D (Santoso, 2018). Konfigurasi pada masing – masing ERT dan VES adalah konfigurasi Dipole – Dipole dan konfigurasi Schlumberger. Penggunaan konfigurasi Schlumberger didasarkan karena merupakan metode yang efektif dan efisien dalam menduga litologi 1D dan penggunaan konfigurasi Dipole – Dipole didasarkan untuk menampilkan

hasil penampang 2D dan memiliki efek elektromagnetik yang rendah akibat sirkuit arus dan potensial sehingga hasil penampang 2D lebih stabil dibandingkan dengan konfigurasi Wenner (Nugroho & Farida A, 2016).

Perhitungan resistivitas semu konfigurasi Schlumberger menggunakan persamaan (1) sedangkan untuk faktor geometri menggunakan persamaan (2):

$$\rho\alpha = K \Delta V / I \quad \dots(1)$$

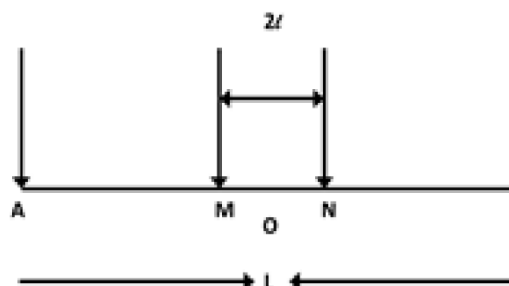
$$K = (\pi(L^2 - l^2)) / l^2 \quad \dots(2)$$

Faktor geometri K digunakan sebagai faktor pengali untuk mendapatkan nilai resistivitas. Faktor geometri K tersebut akan memberikan nilai yang berbeda sesuai dengan konfigurasi geolistrik yang digunakan (Masitoh dkk., 2021).

Nilai $\rho\alpha$ dinyatakan dalam persamaan (3) sedangkan faktor geometri yang digunakan dalam konfigurasi Dipole – Dipole dinyatakan dalam persamaan (4).

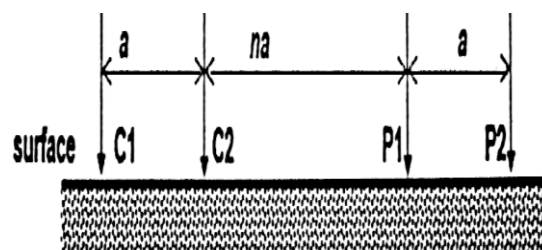
$$\rho\alpha = K \Delta V / I \quad \dots(3)$$

$$K = \pi \cdot a \cdot n(1+n)(2+n) \quad \dots(4)$$



Gambar 2. Konfigurasi Elektroda Schlumberger (Maemuna dkk., dalam (Masitoh dkk., 2021))

Pada persamaan 1, 2, 3, dan 4, nilai ρ adalah Resistivitas Semu, K adalah Faktor Geometri, ΔV adalah Beda potensial pada MN, sedangkan I adalah nilai Kuat arus.



Gambar 3. Konfigurasi Elektroda Dipole - Dipole (Putra & Malik, 2021)

Data – data yang diperoleh dari pengambilan data geolistrik berupa data – data resistivitas. Data resistivitas kemudian diolah menggunakan perangkat lunak progress dan Res2dinv. Progress digunakan untuk mengolah data resistivitas konfigurasi Schlumberger karena hasil interpretasi data berupa 1D dan Res2Dinv digunakan untuk mengolah data resistivitas konfigurasi Dipole – Dipole karena hasil interpretasi data berupa 2D.

Tabel 1. Material berdasarkan nilai resistivitas (Telford dkk., 1990)

Material	Nilai Resistivitas (Ωm)
Lempung	1 – 100
Lempung halus	30
Lempung basah	20
Batu lumpur	10 – 200
Kuarsa	3 – 70
Aluvium dan pasir	10 – 2×10^8
Batu pasir	10 – 800
Batu kapur	50 – 500
Lava	100 – 500
Airtanah	0,5 – 300
Air laut	0,2
Breksi	75 – 200
Andesit	100 – 200
Tufa vulkanik	10 – 100
Konglomerat	2×10^3 – 10^4

Hasil data yang telah diolah dalam perangkat lunak progress akan dianalisis dengan tabel resistivitas menurut Telford, 1990 (Tabel 1) dan disesuaikan dengan peta geologi untuk mengidentifikasi litologi. Hasil data dari Res2Dinv digunakan akan diinterpretasikan berdasarkan tabel resistivitas menurut Loke (1999) (Tabel 2) untuk mengidentifikasi pencemaran airtanah dengan tambahan bahwa nilai resistivitas yang lebih kecil dari 10 Ωm diduga sebagai airtanah tercemar. Hasil pengolahan data dari perangkat lunak progress dan Res2Dinv akan memiliki nilai error (Root Mean Square Error) yang merupakan perbedaan dari nilai data yang diakuisisi (Measured Apparent Resistivity) dengan

nilai data yang diolah (Calculated Apparent Resistivity) menggunakan metode iterasi (Gartika dkk., 2019)

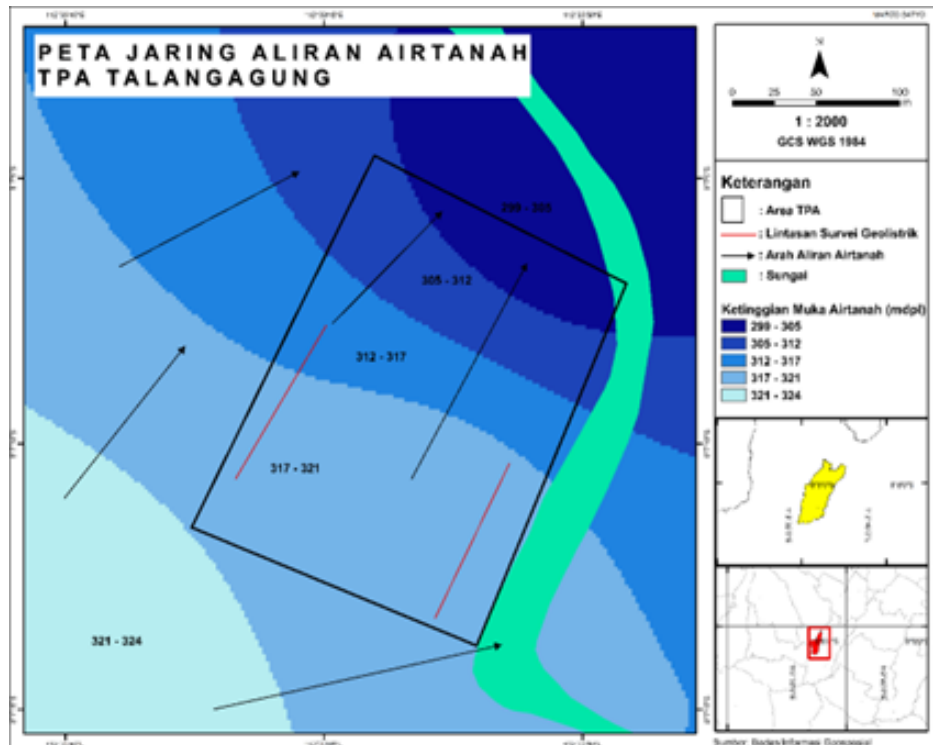
Tabel 2. Material berdasarkan nilai resistivitas (Loke, 1999)

Material	Nilai Resistivitas (Ωm)
Lempung	1 – 100
Aluvium	10 – 800
Airtanah (<i>Fresh</i>)	10 – 100
Air laut	0.2

Bagian metode berisi uraian bagaimana penelitian dilaksanakan. Metode dikemukakan dengan jelas, cukup, tetapi ringkas, maksimal satu halaman. Dapat memuat langkah-langkah atau prosedur yang dilakukan dalam pengumpulan data maupun teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian. Metode dapat juga berupa cara untuk menyelesaikan permasalahan dalam artikel.

Hasil dan Pembahasan Arah Aliran Airtanah

Aliran airtanah di sekitar TPA Talangagung didasari pengukuran kedalaman muka airtanah dari sumur – sumur yang terdapat di sekitar TPA Talangagung sebanyak 2 titik, sumur pantau di TPA Talangagung 1 titik dan imbuhan airtanah di sungai sebelah barat TPA Talangagung sebanyak 1 titik. Minimnya sampel pengukuran sumur dikarenakan sulit ditemukannya sumur disekitar TPA Talangagung karena warga sekitar menggunakan air PDAM sebagai sumber air. Data kedalaman muka airtanah kemudian diolah dengan Inverse Distance Weighting (IDW). Inverse Distance Weighting (IDW) merupakan salah satu metode interpolasi dengan menduga nilai dari area yang tidak memiliki dasar data berdasarkan data yang tercakup disekitarnya (Purnomo, 2018). Hasil dari pengolahan data aliran airtanah di TPA Talangagung mengarah ke arah sungai yang diklasifikasikan dalam lima kedalaman (mdpl) yaitu: 321.28 – 324.70 mdpl; 317.24 – 321.28 mdpl; 312 – 317.24 mdpl; 306.65 – 312 mdpl; dan 299 – 306.65 mdpl.



Gambar 4. Peta jaringan aliran airtanah

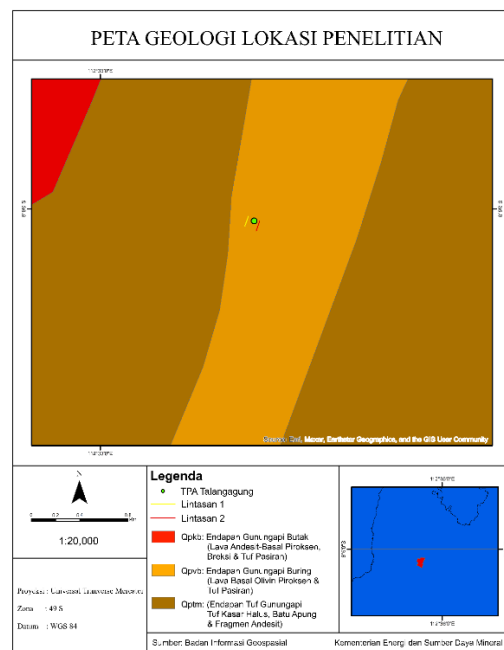
Kondisi Geologi

Kondisi Geologi di Kecamatan Kepanjen terdiri dari tiga formasi geologi diantaranya: Endapan Gunungapi Butak (Qp_{kb}), Endapan Gunungapi Buring (Qp_{vb}), dan Endapan Tuf Gunung Api (Qp_{tm}). Endapan Gunungapi Butak terdiri dari lava andesit – basal piroksen, breksi dan tuf pasir; endapan Gunungapi Buring terdiri dari lava basal olivin piroksen dan tuf pasir; serta endapan tuf gunungapi terdiri dari tuf kasar – halus, batupung dan fragmen andesit. Titik lokasi penelitian berada pada formasi batuan Qp_{vb} yang merupakan endapan Gunungapi Buring (Sujanto dkk., 1992) Ketiga formasi geologi tersebut diklasifikasikan sebagai Tuf Malang (Gambar 5).

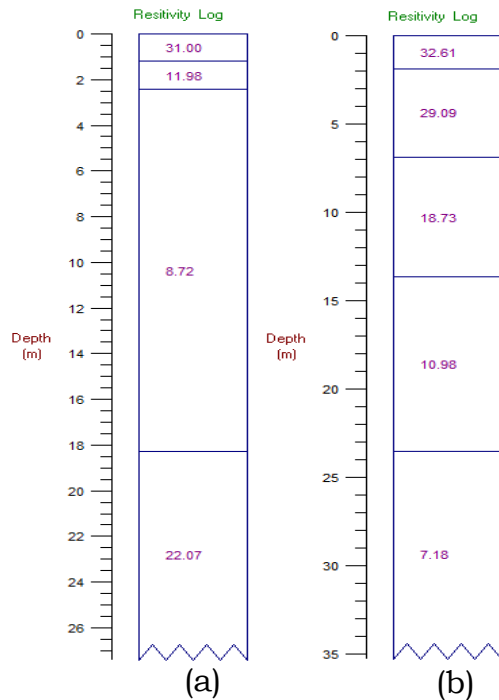
Identifikasi Pendugaan Litologi

Pendugaan Litologi yang dilakukan di TPA Talangagung dilakukan dengan menggunakan metode Vertical Electrical Sounding (VES) yang menggunakan konfigurasi Schlumberger. Hasil dari VES berupa lapisan – lapisan material bawah permukaan secara vertikal. Pendugaan litologi dengan metode VES dilakukan pada 2 lintasan. Lokasi lintasan pertama berada pada lahan perkebunan dan lintasan kedua berada pada bantaran sungai. Kedua lintasan memiliki jarak yang cukup dekat dengan Timbunan sampah yang masih aktif di TPA Talangagung. Hasil akuisisi data

geolistrik metode VES diolah dengan software progress dan diperoleh log resistivitas pada kedua lintasan ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 5. Peta Geologi Lokasi Penelitian



Gambar 6. Log resistivitas konfigurasi Schlumberger lintasan 1 (a) & 2 (b)

Hasil data resistivitas pada lintasan pertama memiliki rentang 8.72 – 31 Ωm dengan kedalaman yang diperoleh sekitar 26 m dan nilai RMS error 7.82%. Pada kedalaman 0 – 0.5 m diperoleh data resistivitas berupa 31 Ωm yang diidentifikasi sebagai tanah yang merupakan endapan permukaan. Berdasarkan pengamatan dan sidik cepat yang dilakukan di lapangan, dapat dikatakan bahwa tanah pada lapisan tanah ini merupakan lempung berpasir. Pada kedalaman 0.5 – 2.25 m diperoleh data resistivitas 11.98 Ωm yang diidentifikasi sebagai lanau/Silt. Tanah lanau memiliki porositas yang tinggi sehingga kenaikan air kapiler pada tanah lanau cukup tinggi, namun tanah lanau memiliki permeabilitas yang rendah meskipun memiliki porositas yang tinggi sehingga tidak terlalu baik dalam meloloskan air. Pada kedalaman 2.25 – 18.25 m diperoleh data resistivitas 8.72 Ωm yang diidentifikasi sebagai lanau berpasir. Lapisan ini memiliki kemampuan untuk meloloskan air namun dalam klasifikasi yang rendah (low permeability) dan pada kedalaman 18.25 – 26.5 m diperoleh data resistivitas 22.07 Ωm yang diidentifikasi sebagai tufa vulkanik (tuf pasir). Interpretasi data yang dilakukan mengacu pada tabel resistivitas pada buku Telford yang berjudul Applied Geophysics (Telford dkk., 1990)

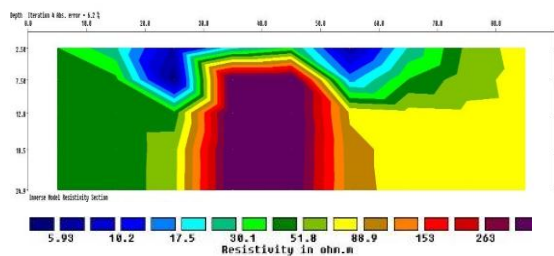
Hasil data resistivitas pada lintasan kedua memiliki rentang 7.18 – 32.61 Ωm dengan kedalaman yang diperoleh sekitar 35 m dan nilai RMS error 6.54%. Pada kedalaman 0 – 2 m diperoleh data resistivitas berupa 32.61 Ωm yang diidentifikasi sebagai tanah yang merupakan endapan permukaan. Pada kedalaman 2 – 7 m diperoleh data resistivitas 29.09 Ωm yang diidentifikasi sebagai silty clay/lempung halus. Pada kedalaman 7 – 14 m diperoleh data resistivitas 18.73 Ωm yang diidentifikasi sebagai lanau. Kedalaman 14 – 23.5 m diperoleh data resistivitas 10.98 Ωm yang diidentifikasi sebagai aluvium dan pasir. Lapisan ini memiliki tingkat permeabilitas yang tinggi sehingga dapat dikatakan bahwa lapisan ini merupakan lapisan akuifer. Kedalaman 23.5 – 35 m diperoleh data resistivitas 7.18 Ωm yang diidentifikasi sebagai lempung. Material yang teridentifikasi dari pendugaan geolistrik di lokasi penelitian diduga merupakan hasil rombakan dari material lava basal olivin piroksen dan tuf pasir. Hasil rombakan batuan merupakan batuan beku yang bersentuhan langsung dengan atmosfer sehingga terjadi pelapukan dan mengalami dekomposisi seiring waktu (Widiyastuti, 2016).

Identifikasi Pendugaan Pencemaran Airtanah

Identifikasi pencemaran airtanah dilakukan pada lintasan yang sama dengan lintasan yang mengidentifikasi litologi, namun dalam mengidentifikasi pencemaran airtanah menggunakan konfigurasi Dipole – Dipole guna mendapatkan penampang 2 dimensi sehingga terlihat konsentrasi air lindi pada airtanah sepanjang lintasan dengan bentangan lintasan 100 m. Analisis data resistivitas yang diolah didasarkan pada tabel nilai resistivitas oleh Loke, 1999 dengan catatan bahwa nilai resistivitas yang dibawah 10 Ωm diduga merupakan airtanah tercemar (Loke, 1999).

Lintasan 1 konfigurasi Dipole – Dipole diperoleh data resistivitas yang dari 5.93 – 263 Ωm dan memiliki nilai RMS error 6.2% (Gambar 7). Nilai resistivitas 5.93 Ωm yang ditemukan airtanah pada kedalaman 2.50 – 10 m pada jarak lintasan 10 – 68 m dengan nilai resistivitas 5.93 – 17.5 Ωm . Dapat diduga bahwa terdapat akumulasi air lindi yang merupakan bahan pencemar airtanah pada lintasan ini yang ditandai dengan warna biru yang gelap karena memiliki nilai resistivitas dibawah 10 Ωm (5.93 Ωm). Penelitian yang dilakukan oleh

Ganiyu et al. di TPA Lapite, Nigeria menunjukkan adanya anomali resistivitas rendah yang sama yaitu lebih rendah dari $10 \Omega\text{m}$ dan diidentifikasi sebagai akumulasi air lindi (Ganiyu dkk., 2015). Jika dikaitkan dengan pendugaan litologi, pencemaran yang terjadi tidak memasuki lapisan akuifer karena hasil penampang 2D diatas yang terduga airtanah berada pada kedalaman yang dangkal sehingga diasumsikan bahwa airtanah yang teridentifikasi merupakan lensa tanah yang jenuh karena memiliki jarak yang dekat dengan timbunan sampah yang aktif.

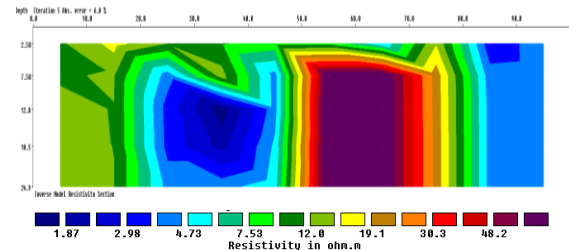


Gambar 7. Penampang 2D lintasan 1 konfigurasi Dipole – Dipole

Airtanah yang teridentifikasi diduga merupakan rembesan air lindi dari timbunan sampah aktif yang berada di dekat lintasan geolistrik. Adanya pencemaran pada rembesan airtanah dapat dikarenakan adanya perembesan air lindi dari timbunan sampah yang aktif kemudian masuk kedalam tanah karena bentangan lintasan memiliki jarak yang dekat dan elevasi yang lebih rendah dari daerah timbunan sampah yang aktif. Perembesan air lindi memiliki kaitan dengan karakteristik material sekitar timbunan sehingga air lindi memiliki pergerakan yang dapat terjadi secara lateral maupun vertikal (Munawar, 2011). Pada kedalaman 2.50 – 24.9 m dengan jarak 5 – 75 m diduga merupakan material batu pasir dengan nilai resistivitas $51.8 \Omega\text{m}$ yang ditandai dengan warna hijau. Pada kedalaman 3 – 24.9 m dengan jarak 30 – 60 m dengan nilai resistivitas $88.9 - 263 \Omega\text{m}$ diduga merupakan timbunan sampah yang dipadatkan.

Lintasan 2 konfigurasi Dipole – Dipole diperoleh data resistivitas dari $1.87 - 48.2 \Omega\text{m}$ (Gambar 8). Jarak lintasan 2 konfigurasi Dipole – Dipole sebesar 100 m dengan kedalaman 25 m serta nilai RMS error 6.8% setelah dilakukan pengolahan pada perangkat lunak Res2Dinv. Pada jarak 20 – 45 m dan 82 – 95 m dalam kedalaman 0 – 25 m diduga merupakan airtanah yang ditandai dengan warna biru. pendugaan ERT yang

dilakukan memiliki keselarasan dengan pendugaan VES yang menunjukkan bahwa terdapat lapisan akuifer di kedalaman 14 – 23.5 m. Nilai resistivitas yang rendah pada teridentifikasi airtanah ($1.87 - 4.73 \Omega\text{m}$) diasumsi mengindikasikan airtanah tercemar. Hasil penelitian oleh Hutagalung dan Malik yang berada pada TPA Muara Fajar, Kota Pekanbaru juga menunjukkan adanya pencemaran airtanah berupa konsentrasi air lindi dengan nilai resistivitas lebih rendah dari $10 \Omega\text{m}$ (Hutagalung & Malik, 2021). Penelitian yang dilakukan oleh Putri et al. di TPA Cahaya Kencana, Kabupaten Banjar juga menunjukkan adanya konsentrasi air lindi dengan rentang nilai resistivitas $1.50 - 4.34 \Omega\text{m}$ yang diduga merupakan airtanah tercemar karena memiliki nilai resistivitas yang lebih rendah dari $10 \Omega\text{m}$ (Putri et al., 2015).



Gambar 8. Penampang 2D lintasan 2 konfigurasi dipole – dipole

Data resistivitas dengan nilai $7.53 \Omega\text{m}$ pada jarak 17 – 80 m di kedalaman 0 – 24.9 m diidentifikasi sebagai tanah lempung yang memiliki peran sebagai akuikud. Nilai resistivitas $12 \Omega\text{m}$ yang berada pada jarak 5 – 35 m dan 45 – 78 m di kedalaman 0 – 24.9 m diidentifikasi sebagai lanau. Pada jarak 45 – 75 m yang memiliki resistivitas yang lebih tinggi diduga merupakan timbunan sampah yang dipadatkan. Hasil interpretasi data dari konfigurasi Dipole – Dipole memiliki sedikit perbedaan dari hasil interpretasi Schlumberger namun identifikasi dari hasil pendugaan material sama yaitu material lanau dan material lempung. Perbedaan ini diasumsikan terjadi karena konfigurasi Dipole – Dipole memiliki sensitivitas yang sangat tinggi terhadap perbedaan resistivitas secara horizontal sehingga sebaran horizontal pada konfigurasi Dipole – Dipole lebih bervariasi (Loke, 1999).

Hasil dari pendugaan litologi yang menggunakan VES dan pendugaan pencemaran airtanah yang menggunakan ERT menunjukkan

adanya keselarasan. Pada lintasan 1 metode VES konfigurasi Schlumberger ditemukan adanya material lanau berpasir yang memiliki kapilaritas yang tinggi dan permeabilitas yang rendah, ini menjelaskan teridentifikasinya air pada lensa tanah seperti yang ditunjukkan pada hasil penampang 2D lintasan 1 (Gambar 7.). Dapat diasumsikan bahwa air lindi yang jatuh pada timbunan sampah aktif di dekat lintasan 1 kemudian menyebar ke lapisan lanau berpasir di lokasi penelitian. Pada lintasan 2 juga terdapat keselarasan dalam pendugaan litologi dan pencemaran airtanah berupa lapisan akuifer pada lintasan 2 yang sama. Hasil VES yang diolah menggunakan software progress ditemukan material alluvium dan pasir yang merupakan akuifer di kedalaman 14 – 23.5 m mendukung hasil pendugaan ERT (penampang 2D) yang menunjukkan adanya lapisan akuifer pada kedalaman tersebut.

Hasil resistivitas semu akan berbeda pada setiap konfigurasi meskipun jarak spasi elektroda dan bentangan lintasan yang sama (Wijaya, 2009) sehingga interpretasi data dari konfigurasi Schlumberger dan Dipole – Dipole terdapat sedikit perbedaan dan dapat ditoleransi karena selisih perbedaan nilai yang tidak terlalu jauh. Proses inversi yang dilakukan saat pengolahan data mempengaruhi hasil dari pengolahan data sehingga dilakukan koreksi pada RMS error. Nilai RMS error menunjukkan adanya perbedaan antara data lapangan dengan data hasil pengolahan sehingga dilakukan koreksi dengan metode iterasi yang dapat menurunkan nilai RMS error (Fikriyah, 2018). Namun iterasi yang tinggi membuat visualisasi dibawah permukaan semakin tidak akurat sehingga diusahakan untuk mendapatkan hasil RMS error yang rendah dengan iterasi yang rendah juga.

Simpulan

Hasil pengolahan data resistivitas survei geolistrik yang dilakukan pada Tempat Pembuangan Akhir Talangagung menunjukkan bahwa lapisan litologi di sekitar lokasi penelitian terdiri dari material lempung, lanau, tufa pasir, dan aluvium serta ditemukan lapisan akuifer hanya pada lintasan 2 lokasi penelitian. Hasil material yang ditemukan merupakan hasil rombakan material batuan dari formasi geologi endapan gunungapi buring (Qp_{vb}) yang terdiri dari lava basal olivin piroksen dan tuf pasir. Pada

pengolahan penampang 2D yang dilakukan, lokasi penelitian teridentifikasi adanya pencemaran airtanah yang ditunjukkan pada gambar 6 dan gambar 7. Identifikasi tersebut didasarkan pada nilai resistivitas rendah (dibawah 10 Ω m). Keselarasan antara metode VES dan ERT pada kedua lintasan dari material dan lapisan akuifer mendukung identifikasi pendugaan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi wawasan dan referensi bagi pengelola TPA Talangagung untuk menanggulangi jika terjadi kebocoran air lindi yang merembes kedalam airtanah.

Ucapan terima kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada pengelola TPA Talangagung yang telah memberikan pendampingan selama pengambilan data di lapangan. Terima kasih juga disampaikan kepada Tim Asistensi Geohidrologi Laboratorium Hidrologi Departemen Geografi Universitas Negeri Malang atas bantuannya dalam pengambilan data di lapangan.

Referensi

- Adia, C. S., Pujiyanto, P., & Arizal, F. W. (2019). Branding TPA Wisata Edukasi Talangagung Kabupaten Malang. *MAVIS: Jurnal Desain Komunikasi Visual*, 1(02), 64–71.
- Adriati, A., Muhandi, M., Sutanto, Y., Putra, Y. S., & Perdhana, R. (2023). Sebaran Lindi di Sekitar TPA Batu Layang Pontianak Berdasarkan Nilai Self-Potential. *JOURNAL ONLINE OF PHYSICS*, 8(3), 104–108.
- Agusto, R. (2022). *KKebijakan Pemerintah Daerah Dalam Pengendalian Pencemaran Air Sungai Kapuas (Studi Pada Daerah Kota Putussibau)*. SEKOLAH TINGGI PEMBANGUNAN MASYARAKAT DESA STPMD" APMD".
- Arsyadi, A. Q. (2017). Identifikasi Persebaran Air Lindi Di Tpa Ngipik Kabupaten Gresik Dengan Menggunakan Metode Resistivitas 2d Konfigurasi Wenner-Schlumberger. *Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya*.
- Bisri, M., & Press, U. B. (2012). *Air Tanah*. Universitas Brawijaya Press. Diambil dari <https://books.google.co.id/books?id=tFOxDwAAQBAJ>

- Daryat, F., Zul, D., & FIBRIARTI, B. L. (2017). Analisis Kualitas Air Lindi Asal Tempat Embuangan Akhir Sampah Kota Pekanbaru Berdasarkan Parameterbiologi, Fisika Dan Kimia. *Jurnal Riau Biologia*, 2(1), 68.
- Fajarini, S. (2014). *Analisis Kualitas Air Tanah Masyarakat Di Sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Kelurahan Sumur Batu Bantar Gebang, Bekasi 2013*.
- Fazdli, D. and others. (2023). *Pengolahan Air Lindi TPA Gampong Jawa Banda Aceh dengan Menggunakan Proses Trickling Filter dan Rotating Biological Contactor (RBC)*. UIN Ar-Raniry.
- Fitria, B., Maharani, I., Lukmannul, L., & Sugiyanto, D. (2018). Analysis of Leachate Delineation of TPA Gampong Jawa Based on 2D Resistivity Modeling Using Geoelectric Method. *Journal of Aceh Physics Society*, 7(3), 133–138.
- Ganiyu, S. A., Badmus, B. S., Oladunjoye, M. A., Aizebeokhai, A. P., & Olurin, O. T. (2015). Delineation of leachate plume migration using electrical resistivity imaging on Lapite dumpsite in Ibadan, Southwestern Nigeria. *Geosciences*, 5(2), 70–80.
- Gartika Setiya Nugraha, G. S. N., Marwan Marwan, M. M., & Akmal Muhn, A. M. (2019). Aplikasi Metode Resistivitas 2D untuk Menentukan Intrusi Air Laut di Lambada Lhok Aceh Besar Aceh. *Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi*, 9(1), 1–85.
- Hutagalung, A. R. M., & Malik, U. (2021). Aplikasi metode geolistrik dipole-dipole dan geokimia dalam penentuan rembesan lindi pada lapisan tanah di sekitar TPA Muara Fajar Pekanbaru. *Komunikasi Fisika Indonesia*, 18(2), 156–166.
- Indonesia. (2008). *Undang – Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sampah. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2008 Nomor 69*. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Juandi, M. (2012a). Analisa pencemaran air tanah berdasarkan metode geolistrik studi kasus tempat pembuangan akhir sampah Muara Fajar Kecamatan Rumbai. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 3(02).
- Juandi, M. (2012b). Analisa pencemaran air tanah berdasarkan metode geolistrik studi kasus tempat pembuangan akhir sampah Muara Fajar Kecamatan Rumbai. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 3(02).
- LENSONI, L. (2023). Gambaran Analisis Kualitas Pencemaran Air Lindi dan Struktur Permukaan Bawah Tanah di Area TPA Kampung Jawa Banda Aceh: *JHR Journal Health Research*, 1(2).
- Loke, M. H. (1999). Electrical imaging surveys for environmental and engineering studies. *A practical guide to*, 2, 70.
- MARJUANTO, A. A., Triadi, T., & Sugianto, D. N. (2020). Pemetaan Indeks Kerentanan Air Tanah Bebas Terhadap Pencemaran di Dataran Aluvial Kota Semarang dengan Metode Susceptibility Indeks. School of Postgraduate.
- Masitoh, F., Rusydi, A. N., & Pratama, I. D. (2021). Pendekatan Hidrogeomorfologi Dan Pendugaan Geolistrik Untuk Identifikasi Potensi Airtanah Di Jedong Malang. *Jambura Geoscience Review*, 3(2), 84–96.
- Munawar, A. (2011). *Rembesan Air Lindi (Leachate) Dampak Pada Tanaman Pangan dan Kesehatan*. Upn Press.
- Nggadi, O. M., & Messakh, J. J. (2022). Pengaruh Sampah dan Limbah Terhadap Pencemaran Lingkungan Pesisir Oesapa Kecamatan Kelapa Lima: Kota Kupang: *BATAKARANG*, 3(1), 40–49.
- Nugroho, M. W., & Farida A, F. A. N. (2016). *Pendekatan Metode Geolistrik Dalam Perencanaan Pondasi*. Penerbit Samudra Biru (Anggota IKAPI).
- Putra, D., & Malik, U. (2021). Identifikasi litologi bawah permukaan menggunakan metode geolistrik konfigurasi dipole-dipole di wisata Hapanasan Desa Pawan Kabupaten Rokan

- Hulu. *Komunikasi Fisika Indonesia*, 18(2), 106–110.
- Putri, D. P., Wahyono, S. C., & Manik, T. N. (2015). *Penentuan sebaran dan kandungan unsur kimia kontaminasi limbah cair bawah permukaan di tpa cahaya kencana, Kabupaten Banjar*.
- Rosnawati, W. O., Bahtiar, B., & Ahmad, H. (2017). Pengelolaan Sampah Rumah Tangga Masyarakat Pemukiman Atas Laut Di Kecamatan Kota Ternate. *Techno: Jurnal Penelitian*, 6(02), 48–56.
- Salsabila, A., & Nugraheni, I. L. (2020). *Pengantar Hidrologi*. AURA LAMPUNG.
- Santosan, L. W., & Adji, T. N. (2018). *Karakteristik Akuifer dan Potensi Airtanah Graben Bantul*. UGM PRESS.
- Santoso, B. (2018). Identifikasi Akuifer Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Di Daerah Bebandem, Karang Asem, Bali. *Eksakta: Berkala Ilmiah Bidang MIPA (E-ISSN: 2549-7464)*, 19(1), 24–34.
- Shaji, E., Santosh, M., Sarath, K. V., Prakash, P., Deepchand, V., & Divya, B. V. (2021). Arsenic contamination of groundwater: A global synopsis with focus on the Indian Peninsula. *Geoscience frontiers*, 12(3), 101079.
- SIPSN. (2023). Capaian Kinerja Pengelolaan Sampah.
- Soemarto, C. D. (1987). *Hidrologi Teknik*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Sompotan, D. D., & Sinaga, J. (2022). Pencegahan pencemaran lingkungan. *SAINTEKES: Jurnal Sains, Teknologi Dan Kesehatan*, 1(1), 6–13.
- Sugestiani, N. K., Sukarasa, I. K., & Putra, I. K. (2018). Analisis Pencemaran Air Tanah Akibat Leachate dengan Metode Geolistrik di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Regional Sarbagita Analysis of Leachate of Soil Water Pollution Using Geo-electrical Methods in Final Processing Place (TPA) Regional Sarbagita. *Bul Fis*, 19(2), 52–57.
- Sujanto, R. H., Kusnama, R. C., & Baharuddin, R. (1992). *Peta Geologi Lembar Turen, Jawa*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Sujanto, R., Hadisantono, Kusnama, R. C., & Baharuddin, R. (1992). *Peta Geologi Lembar Turen, Jawa*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Sutandi, M. C. (2012). Air tanah. *Universitas Kristen Maranatha, Bandung*.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., & Sheriff, R. E. (1990). *Applied geophysics*. Cambridge university press.
- Tuuk, A. M., Zakarias, J., & Lumintang, J. (2023). Kondisi Tempat Pembuangan Akhir Sampah (TPA) Dalam Lingkungan Sosial Ekonomi dan Kesehatan (Studi Kasus Kelurahan Buha Kecamatan Mapanget Kota Manado). *Jurnal Ilmiah Society*, 3(2).
- Wibowo, D. A., Raharjo, P. D., Puswanto, E., Winduhutomo, S., Al Afif, M., & Saputro, S. P. (2021). Identifikasi Pencemaran Airtanah Bebas Menggunakan Geolistrik di Lokasi Sekitar Industri Penyamakan Kulit. *Majalah Geografi Indonesia*, 35(1), 21–29.
- Widiyastuti, D. A. (2016). Analisa struktur batuan dari sungai aranio kabupaten banjar menggunakan X-Ray difraction. *Polhasains: jurnal sains dan terapan Politeknik Hasnur*, 4(01), 8–13.
- Widyastuti, D., Purwanti, G. A., & Suprayitno, D. (2021). Analisis Efektivitas Biofilter Pada Pengolahan Air Lindi di TPA Talangagung. *Prosiding SENTIKUIN (Seminar Nasional Teknologi Industri, Lingkungan dan Infrastruktur)*, 4, A1-1.
- Wijaya, L. (2009). *Identifikasi pencemaran airtanah dengan metode geolistrik di wilayah Ngringo Jaten Karanganyar*.
- Yu, Y., & Rowe, R. K. (2014). The effect of leachate input characteristics on the leachate collected after passage through a leachate collection system. *Environmental Engineering. Proceedings of the International Conference*

on Environmental Engineering. ICEE, 9, 1.
Vilnius Gediminas Technical University,
Department of Construction Economics