

ANALISIS SEBARAN PENCEMARAN LINDI (*LEACHATE*) BERDASARKAN SIFAT KELISTRIKAN BATUAN MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK

Ninik Agustin^{1*}, Siti Fauzaton Wachidah²

¹Teknik Informatika, Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali (UNUGHA) Cilacap

²Teknik Industri, Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali (UNUGHA) Cilacap

*Email : ninik.agustin@unugha.ac.id

Abstrak

Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Jeruklegi memiliki sistem pengelolaan lindi yang masih berpotensi adanya resapan air lindi di bawah permukaan. Pencemaran lindi dapat terjadi jika aktivitas TPA yang berlangsung terus-menerus dan berdampak pada masyarakat sekitar. Pencemaran lindi merupakan polusi lingkungan yang termasuk salah satu bencana buatan manusia minor. Penelitian ini merupakan langkah awal pencegahan bencana yang dilakukan dengan identifikasi sumber bencana. Identifikasi dilakukan dengan menganalisis sebaran lindi sekitar TPA di bawah permukaan dengan metode geolistrik dengan konfigurasi Wenner-Schlumberger. Hasil akuisisi data berupa resistivitas batuan yang diolah menjadi resistivitas semu untuk selanjutnya dimodelkan. Pemodelan inversi bawah permukaan pada beberapa titik dekat permukaan tanah yang menunjukkan adanya kontaminasi lindi ditunjukkan dengan nilai resistivitas kurang dari 1 ohm.m. Kontaminasi lindi pada kedalaman lebih dari 20 m tidak terlihat karena tidak adanya perbedaan resistivitas. Hal tersebut terkonfirmasi dengan uji kimia air sumur bor warga sekitar dengan hasil bahwa air tersebut sesuai dengan standar hygiene sanitasi.

Kata kunci: lindi, resistivitas, geolistrik, Wenner-Schlumberger.

Abstract

Jeruklegi landfill has leachate management system that still potential for leachate infiltration in subsurface. Leachate contamination may occur if landfill activity is continuous and have an impact to local society. Leachate contamination is an environmental pollution man-made minor disaster clasified. This research is an early prevention step by identifying disaster source. Identification is done by analyzing leachate distribution in subsurface using geoelectrical method with Wenner-Schlumberger array. The result of data acquisition is resistivity which is processed to apparent resistivity. Apparent resistivity was modelled by inversion method that shows leachate contamination near surface by resistivity not least at 1 ohm.m. Leachate contamination was not found over 20 meters based on the lack of resistivity difference. This was confirmed by chemical test of bore well water that match to hygiene and sanitation standards.

Keywords: leachate, resistivity, geoelectric, Wenner-Schlumberger.

1. Pendahuluan

Jumlah penduduk dan industri yang terus berkembang di kabupaten Cilacap berdampak pada banyak hal. Salah satu dampak tersebut adalah bertambahnya kuantitas material buangan (sampah) yang dihasilkan setiap hari dari berbagai kegiatan. Pengelolaan sampah di kabupaten Cilacap dilakukan dengan metode penimbunan di Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Kabupaten Cilacap memiliki beberapa TPA yang tersebar di beberapa kecamatan, salah satunya adalah TPA Jeruklegi.

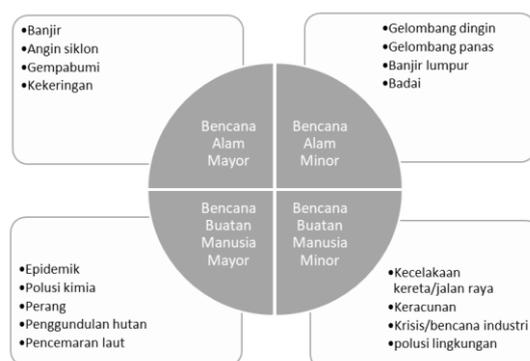
TPA Jeruklegi terletak di desa Tritih Lor, kecamatan Jeruklegi. TPA yang beroperasi sejak tahun 1990 ini menampung sampah yang dihasilkan lima kecamatan, yaitu Cilacap Tengah, Cilacap Utara, Cilacap Selatan, Jeruklegi, dan Kesugihan. Luas wilayah TPA Jeruklegi adalah 6,3Ha dengan 5 Ha sudah terpakai. Jumlah sampah yang dikelola sebanyak 114,52 Ton/hari. Sistem pengelolaan sampah di TPA Jeruklegi adalah *open dumping* (tampak pada Gambar 1) dengan fasilitas seperti jalan masuk, jalan operasi, fasilitas penunjang, saluran drainase, papan nama, saluran pengumpul lindi, sistem pengolahan lindi, dan peralatan operasional [1].

Pengolahan lindi yang sudah dilakukan di TPA Jeruklegi adalah penampungan lindi berupa tiga tingkat bak penampung. Selain itu, pembangunan tanggul lindi juga sedang dilakukan untuk mengurangi penyebaran lindi keluar area TPA. Tetapi dilihat dari struktur timbunannya, masih ada kemungkinan air lindi yang meresap dan meluas ke tanah sekitar area TPA. Dengan jumlah sampah yang terus meningkat, hal tersebut dapat menimbulkan pencemaran lingkungan jangka panjang.



Gambar 1. *Open dumping* di TPA Jeruklegi

Pencemaran atau polusi lingkungan merupakan salah satu bencana buatan manusia minor berdasarkan penggolongan tipe bencana dari National Disaster Management Institute (NDMI) dengan bentuk-bentuk bencana lainnya disebutkan pada Gambar 2 [2]. Sedangkan berdasarkan UU No.24 Tahun 2007 mengenai Penanggulangan Bencana, pencemaran lingkungan merupakan salah satu bencana yang disebabkan faktor nonalam [3]. Penanggulangan bencana memiliki tiga tahapan yang terdiri dari prabencana, saat tangap darurat, dan pascabencana. Tahap prabencana dilakukan baik dalam situasi tidak terjadi bencana maupun situasi terdapat potensi terjadinya bencana. Penanggulangan saat tidak terjadi bencana dilaksanakan salah satunya adalah tahap pencegahan yang diawali dengan identifikasi dan pengenalan secara pasti terhadap sumber bahaya atau ancaman bencana.



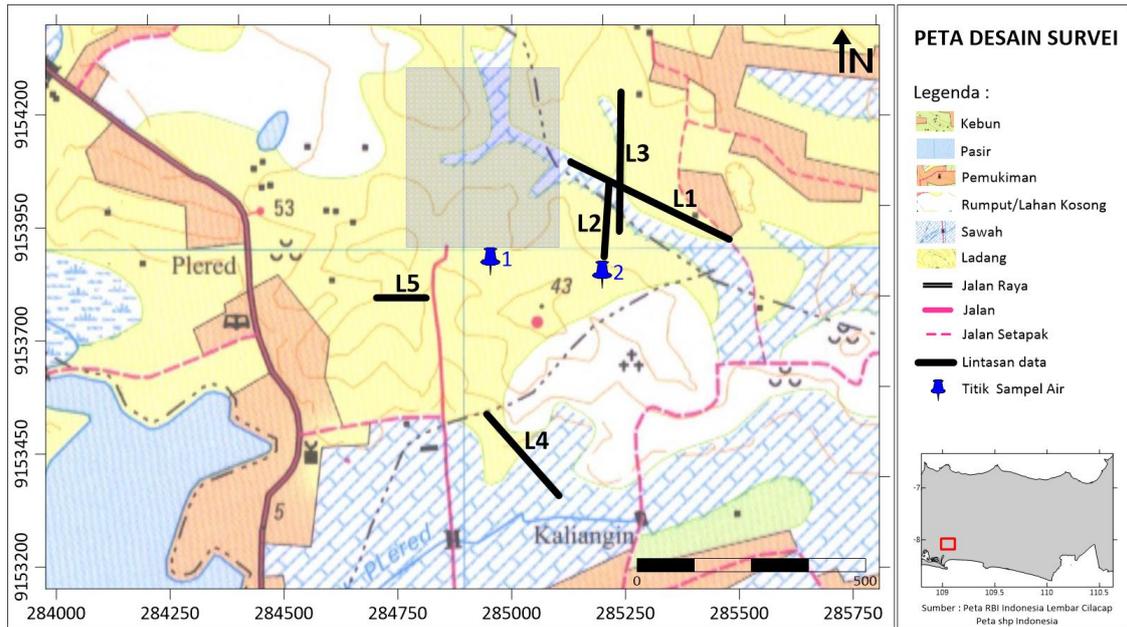
Gambar 2. Tipe Bencana [2]

Salah satu upaya identifikasi terhadap sumber bahaya pencemaran lingkungan berupa dampak pencemaran air lindi yang lebih parah adalah dengan melakukan pemetaan wilayah yang tercemar. Pemetaan tersebut menjadi dasar kontrol pengelolaan sumber daya alam yang secara tiba-tiba atau berangsur berpotensi menjadi sumber bahaya bencana. Pemetaan wilayah rawan pencemaran air lindi dilakukan adalah dengan melihat jenis tanah, hidrogeologi, dan sebaran air lindi di bawah permukaan tanah.

Berdasarkan latar belakang di atas, akan dilakukan penelitian untuk mengetahui persebaran pencemaran air lindi yang terjadi di TPA Jeruklegi berdasarkan sifat kelistrikan dan sifat kimia tanah. Penelitian ini dapat dilakukan dengan menggunakan metode geolistrik. Metode ini dilakukan dengan mengambil data kelistrikan di permukaan tanpa pengeboran untuk mengetahui sebaran pencemaran lindi di bawah permukaan. Analisis dimensi persebaran pencemaran dilakukan secara lateral untuk mengetahui kedalaman penetrasi air lindi di dalam tanah serta sebarannya. Hasil analisis dapat dijadikan panduan dalam pemetaan kawasan rawan pencemaran berdasarkan kadar pencemaran yang terjadi.

2. Metode Penelitian

Metode akuisisi data yang digunakan adalah metode Geolistrik dengan konfigurasi Wenner-Schlumberger. Akuisisi data terdiri dari lima lintasan dengan lokasi masing-masing lintasan terdapat pada Gambar 1 berikut. Akuisisi data resistivitas dilakukan di sekitar TPA Jeruklegi dengan tujuan untuk mengetahui tercemar tidaknya air dalam batuan di sekitar TPA Jeruklegi. Daerah penelitian berada di sekitar ladang dan pemukiman sehingga penentuan lintasan dilakukan dengan menghindari pemukiman untuk mengurangi gangguan dalam akuisisi data, serta melihat kontur daerah yang lebih rendah dari TPA.



Gambar 3. Peta Lokasi Penelitian

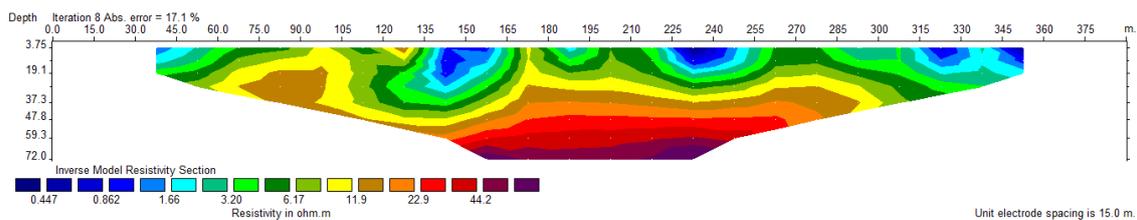
Data resistivitas setiap lintasan yang didapat selanjutnya dihitung hingga mendapatkan nilai resistivitas semu (*apparent resistivity*) [4] dengan persamaan

$$\rho = \frac{\delta V \delta A}{I \delta L} \tag{1}$$

Pengambilan sampel air dilakukan pada sumur penduduk setempat. Sampel air kemudian diuji kandungan zat kimia di Laboratorium Lingkungan Cilacap.

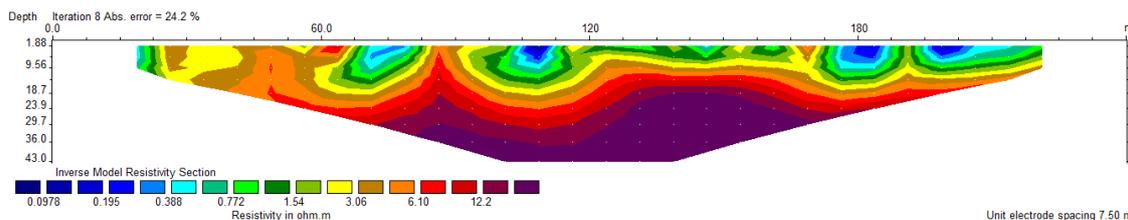
3. Hasil dan Analisis

Data yang telah dihasilkan selanjutnya dihitung nilai faktor geometri dan resistivitas semunya ρ (*Rho*). Data tersebut diolah menggunakan software RES2DINV untuk mendapatkan pemodelan inversi resistivitas bawah permukaan. Hasil pemodelan setiap lintasan (*line*) ditampilkan pada Gambar 2 sampai 6 berikut.



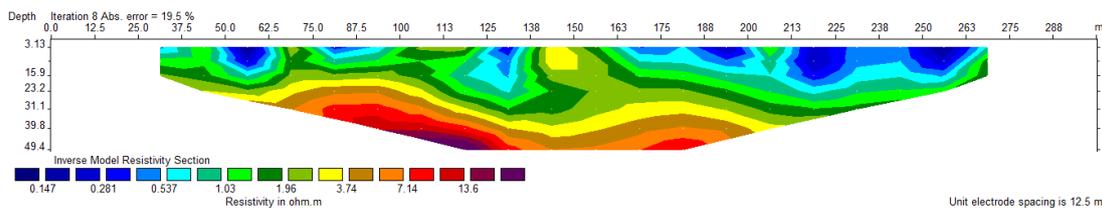
Gambar 4. Resistivitas penampang bawah permukaan *line* (lintasan) 1

Berdasarkan penelitian sebelumnya mengenai kontaminasi air lindi pada air tanah, secara umum daerah yang memiliki kontaminasi lindi memiliki nilai resistivitas yang lebih rendah dibandingkan dengan batuan sekitar [5][6][7]. Hasil pemodelan pada penelitian ini juga menunjukkan adanya kontras nilai resistivitas batuan yang lebih rendah di beberapa titik pada masing-masing lintasan. Hasil pemodelan lintasan 1 menunjukkan adanya resistivitas rendah (kurang dari 1 ohm.m) sepanjang lintasan pada beberapa titik. Titik nol lintasan 1 berada sekitar 5 m dari sumur lindi. Lintasan memanjang ke arah selatan dan terlihat adanya resistivitas rendah pada beberapa titik di timur. Berdasarkan wawancara dengan penduduk setempat, saat musim hujan titik-titik tersebut digenangi air yang berasal dari wilayah TPA dengan warna dan bau yang mirip dengan sampah. Hal tersebut mengonfirmasi resistivitas rendah pada titik-titik di bagian selatan model lintasan 1 merupakan sisa-sisa kontaminasi air lindi yang terserap ke tanah.



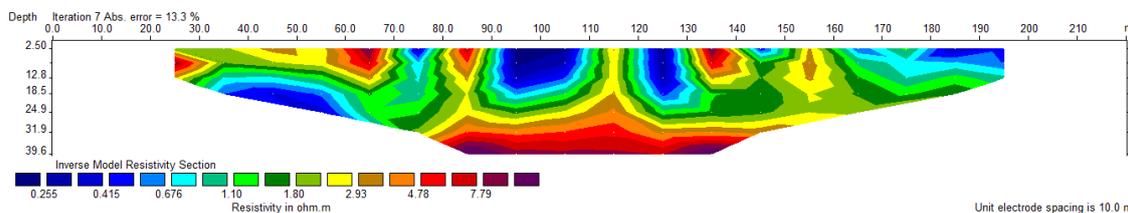
Gambar 5. Resistivitas penampang bawah permukaan lintasan 2

Model resistivitas pada lintasan 2 menunjukkan hal yang sama dengan lintasan 1 bahwa resistivitas rendah hanya terdapat di dekat permukaan. Resistivitas rendah pada ujung lintasan 2 disebabkan karena memiliki dampak yang sama dengan lintasan 1 yaitu adanya genangan air tercemar pada saat musim hujan.



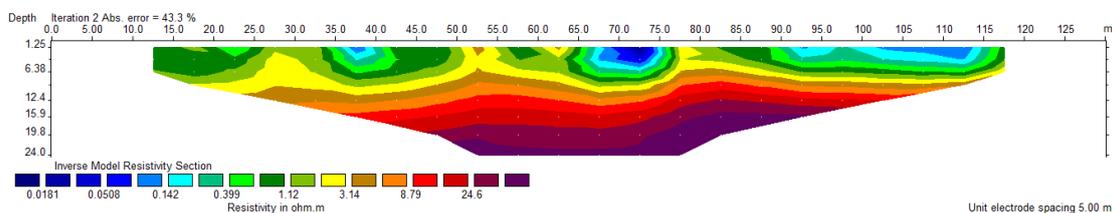
Gambar 6. Resistivitas penampang bawah permukaan lintasan 3

Lintasan 3 memiliki orientasi arah utara-selatan, memperlihatkan adanya resistivitas rendah pada beberapa titik sepanjang lintasan dan ujung utara. Hal ini dikarenakan arah lintasan berada pinggir TPA sehingga memungkinkan adanya kontaminasi lindi di sepanjang lintasan.



Gambar 7. Resistivitas penampang bawah permukaan lintasan 4

Lintasan 4 berada di selatan TPA dengan jarak sekitar 150 m dari TPA tetapi memiliki elevasi yang lebih rendah. Hasil pemodelan terlihat adanya kontaminasi lindi pada beberapa titik di dekat permukaan. Hal ini dapat disebabkan adanya aliran air saat musim hujan dari TPA ke daerah lintasan 4.



Gambar 8. Resistivitas penampang bawah permukaan lintasan 5

Lintasan 5 terletak di sisi barat daya TPA dengan panjang lintasan 150 m. Hasil pemodelan menunjukkan adanya resistivitas rendah di ujung lintasan. Hal tersebut dapat disebabkan karena ujung lintasan berbatasan langsung dengan wilayah tumpukan sampah dari TPA.

Berdasarkan Gambar 4 hingga 8, secara umum nilai resistivitas kecil (< 1Ωm) pada permukaan hingga kedalaman 10 meter. Lintasan 2 pada Gambar 5 memiliki resistivitas kecil pada bagian kiri dimana merupakan lokasi terdekat dengan TPA dan sumur penampungan Lindi. Gambar 6 memperlihatkan hal yang serupa yaitu adanya nilai resistivitas kecil yang cukup dalam pada bawah

permukaan lintasan 3 hingga kedalaman 25 m. Lokasi lintasan 3 juga melintang di selatan sumur penampungan lindi. Lintasan 4 dan 5 memiliki pola nilai resistivitas kecil pada bagian permukaan saja.

Nilai resistivitas batuan (*resistivity*) dikonfirmasi dengan nilai resistivitas batuan dari referensi yang terangkum pada Tabel 1 dan 2, serta dengan memperhatikan kondisi geologi daerah penelitian berdasarkan Gambar 9.

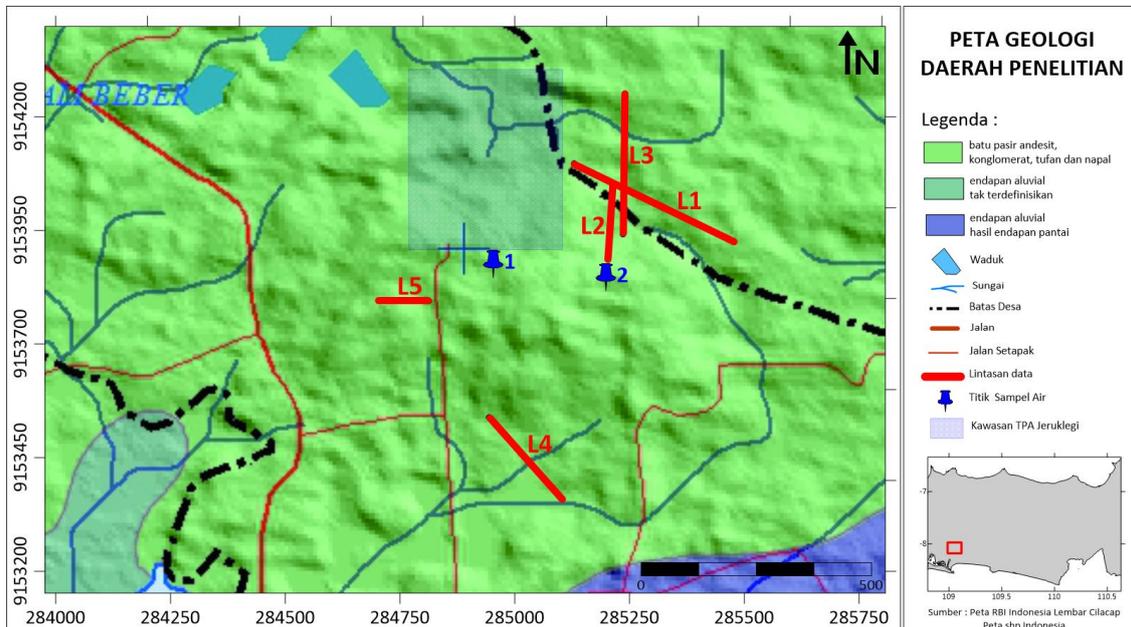
Tabel 1. Nilai resistivitas batuan permukaan [8][9]

Nilai Resistivitas	Jenis Bahan
1 – 20	Tanah/Airtanah tercemar
10 – 100	Tanah/Airtanah
150 – 400	Aluvium, lempung, batu pasir dan batu kapur

Tabel 2. Nilai Resistivitas jenis-jenis batuan [4]

Material	Nilai Resistivitas (Ωm)
Udara	∞
Pirit	0,01 – 100
Kuarsa	500 – 800000
Kalsit	$1 \times 10^{12} - 1 \times 10^{13}$
Batu Pasir	$1 - 6,4 \times 10^8$
Pasir	1 – 1000
Lempung	1 – 100
Airtanah	0.5 – 300
Napal dan Tufan	6 – 95
Aluvium	100 - 800

Berdasarkan Gambar 9, lintasan akuisisi data memiliki struktur batuan berupa batu pasir andesit, konglomerat, tufan dan napal. Batuan permukaan di lokasi penelitian berupa aluvium dengan adanya batuan seperti yang terlihat pada Gambar 10 berikut. Meninjau pada Tabel 1 dan 2 serta jenis batuan, maka daerah penelitian memiliki nilai resistivitas rendah pada permukaan dikarenakan adanya air tercemar. Nilai resistivitas di atas $5 \Omega m$ menunjukkan jenis batuan pada bawah permukaan yang tersusun dari batu pasir, tufan dan napal.



Gambar 9. Lintasan Akuisisi data pada Peta Geologi [10]

Sampel air diambil pada dua sumur bor rumah warga sekitar TPA (dengan lokasi terlihat pada Gambar 1) dengan kedalaman bor sekitar 30 meter. Hasil Pengujian air tanah ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Kimia Sampel Air

No	Parameter	Satuan	Standar [6]	Hasil Sampel 1	Hasil Sampel 2
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	COD	mg/L	150	7,77	23,3
2	Kadmium	mg/L	0,005	<0,01	<0,01
3	Krom (VI)	mg/L	0,05	0,01	<0,01
4	Mangan	mg/L	0,5	<0,03	<0,03
5	Nitrit sebagai N	mg/L	1	0,006	<0,001
6	pH	-	6,5 – 8,5	7,21	7,55
7	Seng	mg/L	15	<0,01	<0,01
8	Sulfat	mg/L	400	36,4	2,5
9	Tembaga	mg/L	0,3	<0,06	<0,06
10	Timbal	mg/L	0,05	<0,25	<0,25

Karakteristik air lindi memiliki sifat kimia dengan pH normal, kandungan COD, Nitrit, Sulfat, dan logam-logam lainnya cenderung sangat tinggi di atas Standar Baku Mutu [7]. Berdasarkan hasil pada Tabel 3 dan merujuk pada Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi [11], sampel air 1 dan 2 memenuhi standar dan tidak terindikasi kontaminasi lindi. Melalui informasi geologi [10], kawasan TPA Jeruklegi memiliki struktur batuan yang berupa batuan pasir andesit, konglomerat, tuf dan napal. Jenis batuan dasar yang ada di TPA Jeruklegi merupakan batuan sedimen yang memiliki sifat fisis porositas dan permeabilitas kecil. Sedimen yang terdapat di wilayah TPA merupakan sedimen yang tipis, sehingga air hujan yang mengguyur TPA hanya terperangkap pada wilayah sedimen tersebut. Adanya saluran air yang dibangun mengelilingi wilayah TPA memungkinkan air hujan dan rembesan air hujan langsung mengalir menuju sumur-sumur lindi yang dibangun disamping TPA. Sumur lindi tersebut kemudian merupakan tempat penampungan lindi yang tercampur air hujan, sehingga tidak menyebar ke wilayah yang lebih luas.

**Gambar 10.** Batuan karst yang tampak di permukaan daerah penelitian

Hasil pemodelan hingga kedalaman 10 m menunjukkan adanya kandungan zat pencemar di dalam air tanah, tetapi menggunakan studi sampel air pada kedalaman 30 m tidak ditemukan adanya kandungan zat/logam yang berbahaya bagi konsumsi manusia, dengan demikian dapat disimpulkan bahwa lindi pada TPA Jeruklegi tidak mencemari sumur-sumur warga yang dibuat pada kedalaman lebih dari 20 m. Hal ini sesuai dengan nilai resistivitas batuan hasil pemodelan bahwa pada kedalaman di bawah 10 meter tidak terlihat adanya kontaminasi air tercemar.

4. Kesimpulan

Daerah sekitar TPA memiliki resistivitas rendah dengan nilai kurang dari 1 ohm.m pada beberapa titik dekat dengan permukaan tanah yang menunjukkan adanya kontaminasi lindi, sedangkan pada kedalaman lebih dari 20 m tidak terlihat adanya perbedaan resistivitas atau kontaminasi lindi. Hal tersebut terkonfirmasi dengan uji kandungan kimia air sumur bor warga sekitar yang menunjukkan hasil bahwa air tersebut sesuai dengan standar higiene sanitasi.

Ucapan Terimakasih

Terima kasih kepada Dirjen DIKTI Kemendikbud atas pendanaan Penelitian ini, Pemerintah Kabupaten Cilacap dan Dinas Lingkungan Hidup Cilacap atas perijinan penelitian, dan Tim akuisisi data geolistrik atas bantuan selama akuisisi data.

Daftar Pustaka

- [1] Wardhana IW, Studi Pengembangan Teknis TPA Jeruklegi Kota Cilacap Jawa Tengah dengan Sistem Sanitary Landfill. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, vol. 6, no. 1, pp. 19-272009,
- [2] Misra, M, Sahu, GP, Leveraging IT in Disaster Management, 2014, <https://www.researchgate.net/publication/228448189>
- [3] Republik Indonesia, Undang – Undang No. 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana. Lembaran Negara RI Tahun 2007, Sekretariat Negara, Jakarta, 2007.
- [4] Telford MW, Sheriff RE, and Gerdart LP, Applied Geophysics, Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
- [5] Mosuro GO, Omosanya KO, Bayewu OO, Oloruntola MO, Laniyab TA, Atobi O, Okubena M, Popoola E, Adekoya F, Assessment of Groundwater Vulnerability to Leachate Infiltration using Electrical Resistivity Method, *Applied Water Science*, vol. 7, no. 5, pp. 2195–2207, Sep. 2017, doi: 10.1007/s13201-016-0393-4.
- [6] Nugroho C, Darsono, Ramelan AR, Aplikasi Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner-Schlumberger untuk Pemetaan Sebaran Leachate di Sekitar TPA Putri Cempo Surakarta, *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, vol.14 no.1, 2018
- [7] Sutra N, Soemitro RAA, Warnana DD, Mukunoki T, Ekaputri JJ, Arsyadi AQ, Yadi K, The Impact of Open Dumping Method in Ngipik Landfill Invertigated with Electrical Resistivity Tomography (ERT) and Very Low-Frequency Electromagnetic (VLF-EM), *International Journal of GEOMATE*, vol.19, issue 73, pp.116-125. 2020.
- [8] Loke MH, Electrical Imaging Survey for Environment and Enggining Studies. A Practical Guide to 2D and 3D Surveys, 2001.
- [9] Meju MA, "Geoelectrical Investigation of Old Abandoned, Covered Landfill Sites in Urban Areas: Model Development with a Genetic Diagnosis Approach," *Journal of Applied Geophysics*, vol. 44, no. 2-3, pp. 115-150, 2000.
- [10] Agustin F, Peta Geologi Hasil Interpretasi Citra Inderaan Jauh Cilacap, Jawa Tengah skala 1:50.000, Bandung: Badan Geologi, 2013.
- [11] Republik Indonesia, Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 32 Tahun 2017 tentang Standar Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyarakat Kesehatan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, dan Pemandian Umum, Sekretariat Negara, Jakarta, 2017.

