



Identifikasi Sebaran Air Lindi (*Leachate*) Menggunakan Metode Geolistrik *Self-Potential* (SP) Di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Parit Enam Kota Pangkalpinang

Hoirotul Padilah*, Yekti Widyaningrum, Widodo Budi Kurniawan

Jurusan Fisika, Universitas Bangka Belitung

Desa Balunijuk, Kabupaten Bangka 33172, Bangka Belitung, Indonesia

*E-mail korespondensi: ririhoirotulpadilah0601@gmail.com

Info Artikel:

Dikirim:

20 November 2021

Revisi:

10 Desember 2021

Diterima:

22 Desember 2021

Kata Kunci:

Geoelectric Self Potential; Leachate Water; Isopotential Contour Map; Topographic Contour Map

Abstract

Garbage is a common pollutant that causes various negative impacts such as lack of aesthetic value to the environment, brings various types of diseases and clogs waterways. The waste is then transported and disposed of at the TPA. The Parit Six TPA in Pangkalpinang City accommodates around 150 tons of garbage every day. This will cause contamination of water, soil and ground water by leachate seeping from the pile of garbage exposed to rain. The leachate can be identified using the Geoelectric Self Potential (SP) method using a fixed base technique with a space between the electrodes of 5 m. Then obtained the results of data acquisition from 6 paths as many as 92 points. Furthermore, the resulting data will be corrected and processed to produce isopotential contours and topography. Based on isopotential contours and topography, the distribution of fluid in the area around the Parit Enam TPA Pangkalpinang City is spread in the northeast, southwest to the north of the study area. The fluid quality around the study site is known from the results of density and pH of the sample well water. These results show the distribution of leachate in the area around the Parit Enam TPA Pangkalpinang City is spread from the northeast to the southwest in the northern part of the research area and from the southwest to the southern part of the research area towards the northern part of the research area.

PENDAHULUAN

Sampah merupakan polutan umum yang menimbulkan berbagai dampak negatif seperti kurangnya nilai estetik terhadap lingkungan, membawa berbagai jenis penyakit dan menyumbat saluran air [1]. Meningkatnya jumlah penduduk dan segala aktivitasnya di berbagai sektor menyebabkan sampah semakin menumpuk. Oleh karena itu, sampah merupakan salah satu permasalahan yang dihadapi oleh banyak daerah di seluruh dunia [2]. Sampah-sampah yang diangkut dan dibuang ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA) bertujuan supaya sampah tidak bertebaran dimana-mana. Salah satu cara yang dilakukan untuk menangani permasalahan sampah yaitu dengan mengolah sampah di TPA. Pengolahan sampah yang ada di TPA Indonesia sebagian besar masih menerapkan sistem *open dumping* [3], salah satunya TPA Parit Enam Kota Pangkalpinang. TPA tersebut merupakan TPA satu-satunya di Kota Pangkalpinang dengan luas 2,5 hektar [4]. Sistem *open dumping* dilakukan secara sederhana dengan cara meletakkan sampah begitu saja sehingga menumpuk dan menggunung. Hal ini mengakibatkan pencemaran

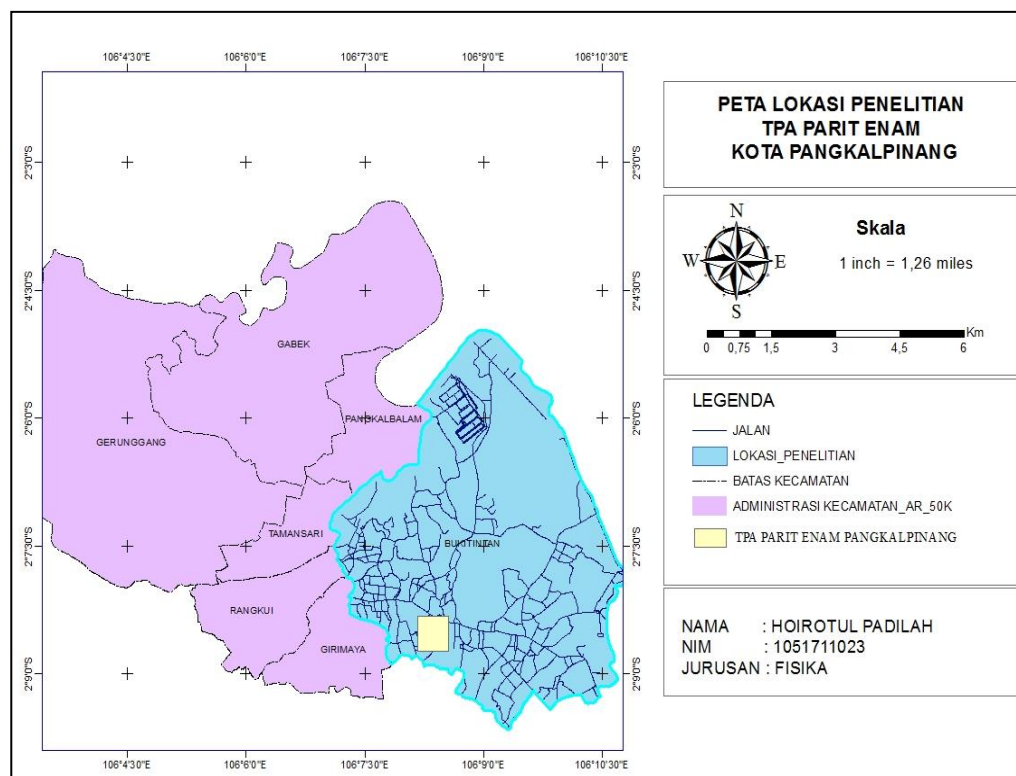
terhadap tanah, air tanah dan udara oleh air lindi di sekitar TPA [5], [2] [6], [7] Air lindi dihasilkan oleh sampah yang terkena hujan [8]. Air lindi yang merembes dari tumpukan sampah kemudian meresap ke dalam tanah sehingga mengakibatkan pencemaran terhadap tanah dan air tanah [7].

Air lindi mempunyai sifat sensitif terhadap kelistrikan sehingga dapat diidentifikasi salah satunya metode geolistrik. Metode geolistrik mempelajari sifat kelistrikan di bawah permukaan dengan memanfaatkan resistivitas, konduktivitas listrik [9] dan potensial listrik [10]. Metode geolistrik terdiri dari beberapa metode yaitu metode *Self Potential* (SP), *Induced Polarization* (IP), dan *resistivity* (tahanan jenis) [11].

Metode geolistrik *Self Potential* (SP) merupakan metode yang sederhana dan murah karena hanya menggunakan voltmeter dan elektroda non polarisasi [2]. Metode ini memanfaatkan potensial listrik alami di bawah permukaan bumi untuk mengetahui aliran fluida berdasarkan nilai beda potensial listrik [8]. Identifikasi sebaran air lindi menggunakan metode geolistrik *Self Potential* (SP) sudah banyak dilakukan oleh penelitian sebelumnya dengan beda potensial berkisar -40 mV sampai 53,8 mV [2], [12], [13], [8].

METODE PENELITIAN

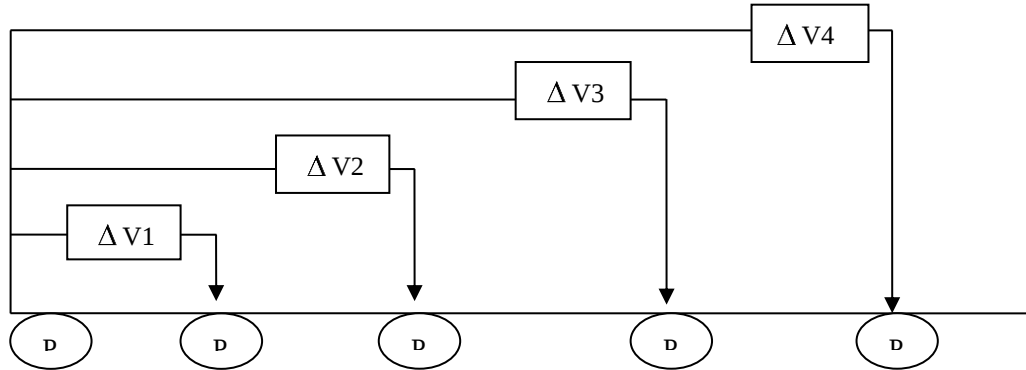
Lokasi penelitian ini dilakukan di TPA Parit Enam Kota Pangkalpinang yang terletak pada koordinat 626636.82 N dan 9762463.36 E. Data penilitan ini diambil pada bulan Agustus 2021. Sedangkan peralatan utama yang digunakan yaitu elektroda non-polarisasi berbahan tembaga (Cu) dan larutan elektrolit tembaga sulfat (CuSO_4), Multimeter digital SANWA seri CD800A, dan GPS GARMIN seri e-trex 10. Peta lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Pengambilan data dilakukan menggunakan metode SP dengan teknik *fixed base*. Teknik ini menggunakan 2 elektroda *porous pot*, salah satu elektroda dibuat tetap pada titik referensi sedangkan elektroda lainnya dipindah-pindah pada tiap titik pengukuran. Titik referensi disebut sebagai *undisturbed area* karena tempat ini tidak boleh ada gangguan. Beda potensial yang

terukur pada elektroda tetap dan elektroda yang berpindah akan terbaca pada voltmeter. Kelebihan dari teknik ini yaitu potensial yang terukur kontinyu pada titik tetapnya sehingga kasalahan nol (*zero error*) antara kedua elektroda *porous pot* tidak muncul. Sedangkan, kekurangan dari teknik ini yaitu membutuhkan kabel yang relatif panjang [14]. Desain pada teknik basis tetap (*fixed base*) ditunjukkan pada Gambar 2 [11] berikut:



Gambar 2. Desain Teknik Basis Tetap (*fixed base*)

Desain akuisisi data SP di TPA Parit Enam Kota Pangkalpinang ditunjukkan pada Gambar 3 berikut:



Gambar 3. Desain akuisisi data SP di TPA Parit Enam Kota Pangkalpinang

Akuisisi data di lokasi penelitian menggunakan 6 lintasan yang terdiri dari 92 titik pengukuran. Masing –masing lintasan ditandai dengan (L) sesuai dengan urutan perlintasan dan (S) menandai masing-masing sumur. Akuisisi data di lapangan menggunakan spasi 5 meter. Sampel air sumur di ambil dari lokasi penelitian sebanyak 4 sampel. Pada lintasan pertama, lintasan kedua dan lintasan ketiga diambil 2 sampel air sumur. Satu sampel diambil pada lintasan kelima , dan satu sampel diambil pada lintasan keenam. Kedalaman masing-masing sumur bor berbeda-beda. Air sumur pertama memiliki kedalaman ± 3 m, air sumur kedua memiliki kedalaman ± 4 m, air sumur bor ketiga memiliki kedalaman 12 m dan air sumur keempat memiliki kedalaman 21 m. Pengambilan sampel air dilakukan untuk penemtnuan massa jenis air sumur dan mengukur pH air sumur.

Pengambilan data dilakukan pada tanggal 11 September 2021 di kawasan TPA Parit Enam Pangkalpinang. Akuisisi data SP dilakukan dengan teknik basis tetap (*fixed base*) yaitu dengan cara salah satu elektroda dijadikan elektroda tetap sebagai titik referensi sedangkan elektroda yang lainnya berpindah-pindah [11]. Akuisisi data SP di lapangan terdiri dari 2 data yaitu sebagai fungsi waktu (*base*) dan sebagai fungsi posisi (*rover*). Pengukuran *base* dilakukan untuk mengukur variasi harian yang dipengaruhi oleh arus telurik dan digunakan untuk mengkoreksi data. Dua buah *porous pot* ditempatkan di base dan pengambilan data dilakukan berdasarkan varian waktu setiap satu menit tanpa berpindah tempat [15]. Pengukuran *rover* menggunakan dua buah *porous pot* pada lintasan dengan jarak perpindahan antar elektroda yaitu 5 meter. Pengambilan data pada masing-masing titik dilakukan dengan pengulangan sebanyak 3 kali. Data hasil akuisisi lapangan selanjutnya direduksi melalui koreksi diurnal dan closure menggunakan persamaan (1) berikut:

$$SP_H = SP - SP_{VH} \quad (1)$$

Dimana SP_H adalah nilai SP terkoreksi harian, SP adalah potensial terukur dan SP_{VH} potensial variasi harian. Nilai SP_{VH} didapatkan dari nilai SP *base* ke i dikurang nilai data *base* pertama. Sedangkan untuk koreksi *closure* dilakukan menggunakan persamaan (2) berikut [16]:

$$SP_C = SP_H - (D/N) * n \quad (2)$$

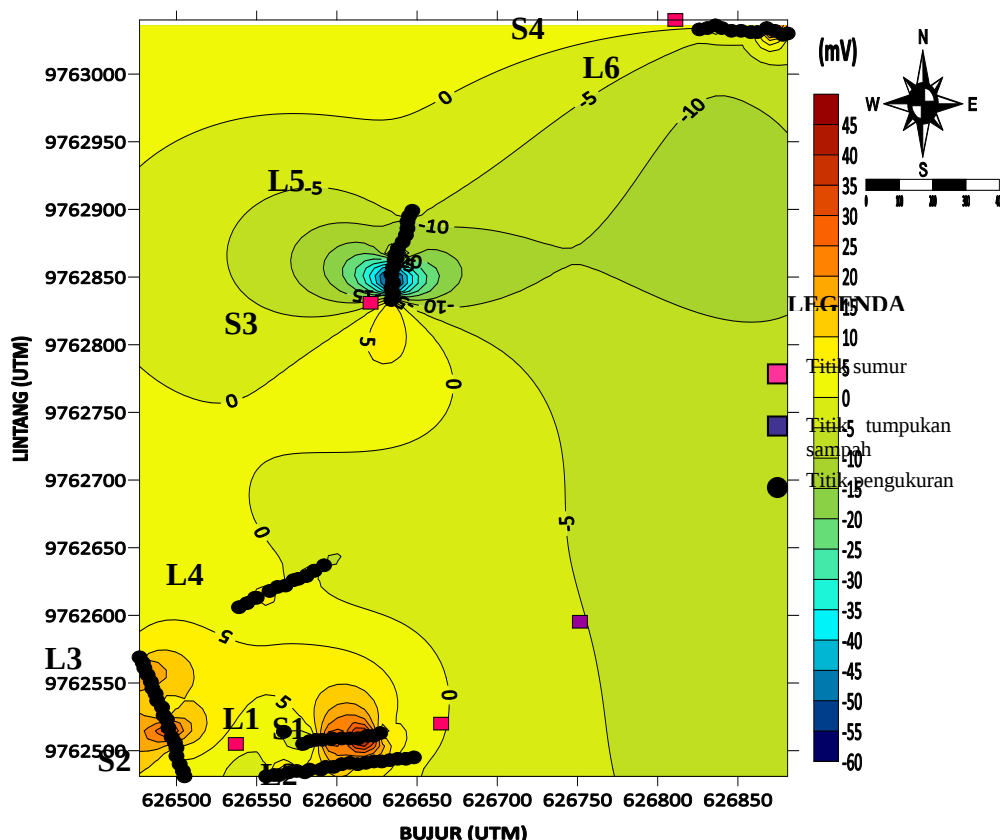
Dimana $SP_C = SP$ *Closure*, N = Jumlah total titik data, $SP_H = SP$ terkoreksi harian, n = Tempat titik data profil dan D = Penyimpangan. Setelah data selesai dikoreksi maka selanjutnya akan diolah menggunakan perangkat lunak *Surfer* versi 16 untuk menghasilkan kontur isopotensial untuk respon SP dan profil SP sehingga akan diketahui pola sebaran sumber anomali dari potensial diri di daerah penelitian. Sedangkan data topografi didapatkan dari GPS yaitu titik koordinat dan ketinggian kemudian akan di plot menggunakan perangkat lunak *Surfer* versi 16 untuk mengetahui topografi di daerah penelitian.

Interpretasi

Data SP yang telah terkoreksi akan diinterpretasikan secara kualitatif. Interpretasi kualitatif dilakukan dengan perangkat lunak *Surfer* versi 16. Hasil keluaran perangkat lunak *Surfer* versi 16 berupa peta kontur isopotensial. Kontur isopotensial menggambarkan persebaran nilai beda potensial di daerah penelitian. Warna yang terdapat pada kontur isopotensial digunakan untuk mengetahui anomali pada daerah tersebut. Interpretasi ini mengacu pada tabel jenis dari anomali SP dan sumber geologinya serta hasil pengujian XRF pada sampel air sumur.

HASIL DAN PEMBAHASAN

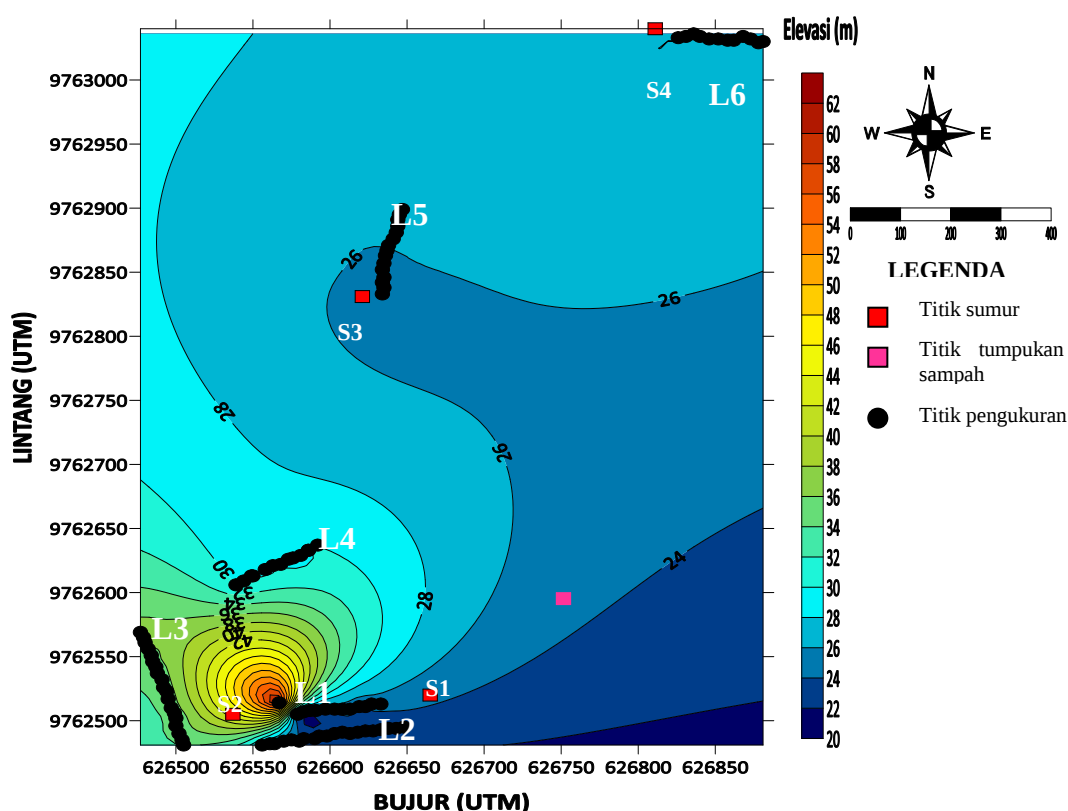
Hasil akuisisi data SP di lapangan sebanyak 92 titik dari 6 lintasan yang meliputi lintasan pertama sebanyak 13 titik, lintasan kedua sebanyak 20 titik, lintasan ketiga sebanyak 19 titik, lintasan keempat sebanyak 13 titik, lintasan kelima sebanyak 15 titik dan lintasan keenam sebanyak 12 titik. Hasil akuisisi data SP berupa nilai beda potensial (mV) dan data topografi. Sebaran nilai potensial listrik di daerah sekitar TPA Parit Enam Kota Pangkalpinang memiliki rentang nilai -55 mV sampai 54 mV, sedangkan nilai topografi dari keenam lintasan tersebut memiliki rentang nilai 22 m sampai 62 m. Lintasan pertama, lintasan kedua, lintasan ketiga dan lintasan keempat terletak pada bagian barat daya. Lintasan kelima terletak pada bagian utara, dan lintasan keenam terletak pada bagian timur laut.



Gambar 4. Peta Kontur Isopotensial

Gambar di atas menunjukkan nilai potensial listrik memiliki rentang sebesar -55 mV sampai 54 mV. Nilai potensial listrik maksimum ditunjukkan oleh warna merah bata dan terjadi di bagian tengah pada lintasan pertama. Sedangkan nilai potensial listrik minimum ditunjukkan oleh warna biru dan terjadi di bagian akhir pada lintasan lima. Nilai potensial listrik pada lintasan pertama memiliki rentang -2 mV sampai 54 mV yang ditunjukkan oleh warna hijau muda sampai merah bata. Selanjutnya, lintasan kedua memiliki nilai potensial listrik sebesar -4 mV sampai 30 mV yang ditunjukkan oleh warna dominan kuning kemerahan. Berikutnya, lintasan ketiga memiliki nilai potensial listrik sebesar 1 mV sampai 40 mV yang ditunjukkan oleh warna kuning sampai merah bata. Kemudian, lintasan keempat memiliki nilai potensial listrik sebesar -8 mV sampai 6 mV yang ditunjukkan oleh warna hijau muda sampai kuning. Setelah itu, pada lintasan kelima memiliki nilai potensial listrik sebesar -55 mV sampai 25 mV yang ditunjukkan oleh warna dominan biru. Terakhir, lintasan keenam memiliki nilai potensial listrik sebesar -3 mV sampai 39 mV yang ditunjukkan oleh warna hijau muda sampai merah bata.

Peta kontur topografi di atas menunjukkan bahwa lokasi penelitian memiliki elevasi yang berbeda-beda di setiap lintasan. Nilai elevasi tertinggi terletak pada lintasan pertama di titik pertama dengan ketinggian 62m. Titik ini merupakan titik yang paling dekat dari pusat tumpukan sampah. Sedangkan, nilai elevasi terendah terletak pada lintasan pertama di titik kedua dan lintasan kedua di titik ketiga dan keempat dengan ketinggian 22m. Secara keseluruhan, elevasi pada lintasan pertama memiliki nilai 22-62m. Selanjutnya, elevasi pada lintasan kedua memiliki nilai 22-27m. Berikutnya, elevasi pada lintasan ketiga memiliki nilai 34-37m. Setelah itu, elevasi pada lintasan keempat memiliki nilai 29-30m. Kemudian, elevasi pada lintasan kelima memiliki nilai 25-28m. Terakhir, elevasi pada lintasan keenam memiliki nilai 26-28m.



Gambar 5. Peta Kontur Topografi

Berikutnya, untuk mengetahui potensial yang memiliki pengaruh yang dominan di daerah penelitian, dilakukan analisa menggunakan konsep hubungan aliran fluida terhadap topografi dan nilai potensial listriknya. Semakin tinggi elevasi maka nilai potensial listrik semakin negatif. Selain itu, pengaruh topografi menyebabkan fluida mengalir dari elevasi tinggi menuju ke elevasi lebih rendah [11]. Dengan demikian, nilai potensial listrik akan cenderung meningkat secara positif dengan pola aliran fluida yang mengalir dalam arah berlawanan dengan aliran arus listrik. Berdasarkan analisa di lintasan pertama pada Gambar 4.1 dan 4.2, nilai potensial listrik memiliki nilai yang lebih negatif pada elevasi tertinggi dan pada elevasi terendahnya memiliki nilai potensial yang lebih positif. Hal ini menunjukkan, nilai potensial listrik di lintasan pertama dipengaruhi oleh *Background Potentials* yang bersumber dari aliran fluida, reaksi geokimia, gerakan air tanah dan topografi [11]. Hasil serupa juga didapatkan pada lintasan kedua, lintasan ketiga, lintasan keempat, lintasan kelima dan lintasan keenam.

Secara umum, pengaruh efek topografi menunjukkan bahwa fluida menyebar dari bagian barat daya (lintasan pertama, kedua, ketiga dan keempat) menuju bagian utara (lintasan kelima) lokasi penelitian. Sedangkan, berdasarkan garis kontur isopotensial pada Gambar 5, fluida menyebar dari bagian barat daya menuju menuju utara pada lintasan kelima, selanjutnya menyebar menuju bagian timur laut (lintasan keenam). Nilai potensial listrik yang lebih positif pada lintasan pertama, lintasan kedua, lintasan ketiga, lintasan keempat dan lintasan keenam dimungkinkan tanah yang relatif basah. Dimana nilai potensial yang lebih positif mengindikasikan bahwa pada lintasan tersebut dekat dengan sumber fluida [17] atau dilalui aliran fluida [8]. Hal ini disebabkan oleh terbangkitnya potensial elektrokinetik di sepanjang lintasan. Sedangkan, nilai potensial listrik yang lebih negatif pada lintasan lima dimungkinkan air tanah di daerah tersebut telah terkontaminasi air lindi yang kandungannya lebih banyak dibandingkan lintasan lainnya. Air tanah yang terkontaminasi air lindi memiliki nilai potensial listrik lebih rendah atau menurun [18] dan merupakan zona konduktif [19]. Hal tersebut dikarenakan nilai konduktivitas air sumur yang

umumnya mencapai ratusan mS atau setara dengan ratusan mV akan cenderung turun apabila terkontaminasi air lindi hingga dapat mencapai nilai sekitar 1mS atau setara 1mV [8].

Secara umum, nilai potensial listrik air tanah yang terkontaminasi air lindi dari hasil penelitian sebelumnya (Tabel 2) yang menunjukkan nilai yang relatif rendah dan cenderung negatif disebabkan oleh kandungan lindi yang lebih banyak. Hal ini berbanding terbalik dengan kandungan air lindi yang mengkontaminasi air tanah pada penelitian ini yang relatif sedikit yang ditunjukkan oleh nilai potensial listrik yang relatif besar. Dengan demikian, sebaran air lindi pada penelitian ini sama dengan sebaran fluida yang arah sebarannya telah dijelaskan di atas.

Berdasarkan peta geologi, kemampuan air lindi hingga dapat mengkontaminasi air tanah dipengaruhi oleh kondisi geologi di sekitar TPA Parit enam yang tersusun atas batuan batupasir, pasir dan kuarsit. Tanah yang tersusun dari batuan-batuan tersebut memiliki karakteristik porositas dan permeabilitas yang tinggi yang dapat menyebabkan lindi semakin cepat mencapai tanah [20]. Air lindi merembes secara perlahan melalui tanah kemudian mengkontaminasi aliran air tanah di bawah lokasi TPA.

Hasil dari interpretasi sebaran air tanah yang terkontaminasi lindi menggunakan data dari metode *Self Potential* di atas akan didukung oleh hasil uji massa jenis dan pH pada sampel air sumur yang di tunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Massa Jenis dan pH Air Sumur

Sampel	Massa Jenis (g/cm ³)	Ph
Sumur Pertama	1	5,9
Sumur Kedua	1	6,5
Sumur Ketiga	1	6,1
Sumur Keempat	1	6,6

Parameter	Rentang	Satuan
COD	150 – 100000	mg/liter
BOD ₅	100 – 90000	mg/liter
pH	5,3 – 8,5	-
Alkalinitas	300 – 11500	(mg CaCO ₃ /liter)
Hardness	500 – 8900	(mg CaCO ₃ /liter)
NH ₄	1 – 1500	mg/liter
N-Organik	1 – 2000	mg/liter
N-Total	50 – 5000	mg/liter
NO ₃ (Nitrit)	0,1 – 50	mg/liter
NO ₂ (Nitrat)	0 – 25	mg/liter
P-Total	0,1 – 30	mg/liter
PO ₄	0,3 – 25	mg/liter
Ca	10 – 2500	mg/liter

Mg	50 — 1150	mg/liter
Na	50 — 4000	mg/liter
K	10 — 2500	mg/liter
SO ₄	10 — 1200	mg/liter
Cl	30 — 4000	mg/liter
Fe	0,4 — 2200	mg/liter
Zn	0,05 — 170	mg/liter
Mn	0,4 — 50	mg/liter
CN	0,04 — 90	mg/liter
Aox ^a	320 — 3500	µg/liter
Phenol	0,04 — 44	mg/liter
As	5 — 1600	µg/liter
Cd	0,5 — 140	µg/liter
Co	4 — 950	µg/liter
Ni	20 — 2050	µg/liter
Pb	8 — 1020	µg/liter
Cr	300 — 1600	µg/liter
Cu	4 — 1400	µg/liter
Hg	0,2 — 50	µg/liter

Berdasarkan Tabel 1, massa jenis sampel pada sumur pertama, sumur kedua, sumur ketiga dan sumur keempat sama dengan massa jenis air yaitu 1 g/cm³. Akan tetapi, hasil analisa nilai pH dari sampel pada penelitian tentang lindi [21], pH dari air lindi berada pada rentang 5,3-8,5. Hal ini menunjukkan keempat sampel air yang diambil pada penelitian ini memiliki rentang nilai karakteristik air lindi meskipun sampel air sumur tidak berbau. Akan tetapi, analisa secara kimiawi perlu diperkuat lagi melalui pengujian lainnya, misalnya pengujian kandungan unsur atau pengujian ionik yang terkandung pada air tersebut. Karakteristik air lindi pada sumur ketiga memiliki unsur terbanyak dari keempat sumur. Hal ini dibuktikan juga dengan nilai potensial listrik pada lintasan kelima semakin kearah negatif yang mendekati nilai konduktivitas air lindi [8].

KESIMPULAN

Berdasarkan interpretasi data dari metode geolistrik Self Potential, sebaran air lindi di area sekitar TPA Parit Enam Kota Pangkalpinang tersebar dari arah timur laut menuju arah barat daya pada bagian utara daerah penelitian dan dari arah barat daya bagian selatan daerah penelitian menuju arah utara bagian utara daerah penelitian.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Ibu Tri Kusmita dan teman-teman geofisika angkatan 2018 yang telah membantu akuisisi data.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. H. Bahar, "Teknologi Penanganan dan Pemanfaatan Sampah," 1985.
- [2] A. Purwanti, Fajriani and Rahmawati, "Pendugaan Sebaran Air Lindi Di Tempat Pembuangan Sampah (Tps) Desa Matang Seulimeng Menggunakan Metode Self-Potential," *JoP*, pp. 52-56, 2020.

- [3] R. S. Wulandari, "Identifikasi Pertambahan Persebaran Limbah Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Jatibarang Menggunakan Metode Geolistrik," Universitas Negeri Semarang, Semarang, 2015.
- [4] H. Magdalena, H. Santoso, H. Rahayuningsih, K. Rochmayani and Oktoranda, "Model Sistem Pendukung Keputusan Menentukan Tempat Pembuangan Akhir Sampah di Kotamadya Pangkalpinang," vol. 5, no. 1, 2019.
- [5] I. K. Dewi, D. Triyana, N. MZ and A. Fath, "Identifikasi Keberadaan Air Lindi Pada Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Talang Gulo Kota Jambi Dengan Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger," in *Seminar Nasional AVOER XI*, 2019.
- [6] A. Q. Arsyadi, "Identifikasi Persebaran Air Lindi Di Tpa Ngipik Kabupaten Gresik Dengan Menggunakan Metode Resistivitas 2d Konfigurasi Wenner-Schlumberger," Institut Teknologi Sepuluh Nopember , Surabaya, 2017.
- [7] R. N. Sari, "Karakteristik Air Lindi (Leachate) di Tempat Pembuangan Akhir Sampah Air Dingin Kota Padang," vol. 6.
- [8] S. Rosid, Koesnodo, N. Ramadoni and P. Nuridianto, "Estimasi Aliran Air Lindi Tpa Bantar Gebang Bekasi Menggunakan Metoda Sp," *Jurnal Fisika*, 2011.
- [9] R. I. Ningtyas, "Survei Sebaran Air Tanah Dengan Metode Geolistrik Konfigurasi Dipole-Dipole Di Desa Jatilor Kecamatan Godong Kabupaten Grobogan," Universitas Negeri Semarang, Semarang, 2013.
- [10] V. Alvianti, "Investigasi Keretakan Tempat Pembuangan Limbah Cair Di Lingkungan Fmipa Universitas Jember Menggunakan Metode Potensial Diri," Universitas Jember., Jember, 2-16.
- [11] J. M. Reynolds, *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*, USA: John Wiley & Sons, Ltd, 2011.
- [12] A. W. Handoko, Darsono and Darmanto, "Aplikasi Metode Self Potential untuk Pemetaan Sebaran Lindi di Wilayah Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Putri Cempo Surakarta," 2016.
- [13] N. P. D. Kamelia, "Pendugaan akumulasi gas metana di TPA taman krocok kabupaten bondowoso dengan metode self potential," Universitas Jember, Jember, 2015.
- [14] W. Telford, G. L.P and R. Sheriff, "Applied Geophysics Second Edition," Cambridge University Press, New York, 1990.
- [15] A. S. Sulthony, "Identifikasi sebaran batubara menggunakan metode self potential di daerah klatak kecamatan besuki kabupaten tulungagung," UIN Maulana Malik Ibarahim, Malang, 2020.
- [16] S. Cabusson and A. Finizola, "2013. Tutorial for Self Potential data processing I Data correction.," 2013.
- [17] M. Hamzah, S. Djoko, W. P. Wahyudi and S. Budi, "Deteksi Aliran Air Dalam Media Pori Pemodelan Fisik Dengan Metode Self-Potensial," Lampung, 2008.
- [18] G. O. Emujakporue, "Self Potential Investigation Of Contaminants In A Dumpsite," University of Port Harcourt, Nigeria, 2016.
- [19] Kartini and H. Danusaputro, " 2005. Estimasi Penyebaran Polutan Dengan Metode Self Potential (Studi Kasus TPA Jati Barang, Kecamatan Mijen ,Semarang)," *Berkala Fisika*, vol. 8, no. 1, pp. 27-32, 2005.

- [20] Puspitasari, "Pemetaan Kualitas Air Bersih di Sekitar TPA Piyungan, Bantul, Yogyakarta," 2016.
- [21] M. Ali, Rembesan Air Lindi (Leachate) Dampak Pada Tanaman Pangan Dan Kesehatan, Surabaya: Upn press , 2011.