

Identifikasi Pengaruh Hidrogeologi terhadap Penyebaran Lindi di Bagian Timur dan Barat TPA Gampong Jawa Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas

Identification of Hydrogeological Effects on Leachate Spread in the East and West of the Java Gampong Landfill Using the Geoelectric Method

Received July, 2018, Accepted May, 2019

Ulfani¹, Dewin Ahmad Badawi¹, Siti Nurjannah¹, Didik Sugiyanto^{2*}

¹Prodi Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

²Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Syiah Kuala

Penelitian untuk mengidentifikasi pengaruh hidrogeologi terhadap penyebaran lindi telah dilakukan di sekitar TPA Gampong Jawa Kota Banda Aceh menggunakan metode geolistrik resistivitas. Akuisisi data di lapangan menggunakan alat *SuperSting R8/IP* yang dilakukan di bagian timur dan barat TPA Gampong Jawa. Pengukuran yang dilakukan menggunakan 2 lintasan pengukuran dengan panjang lintasan yaitu 224 m. Konfigurasi *Wenner-Schlumberger* dari metode geolistrik resistivitas digunakan sehingga diharapkan dapat mengidentifikasi penyebaran lindi di lintasan pengukuran. Hasil akuisisi data di lapangan diolah menggunakan *software Res2dinv* untuk mendapatkan model 2D resistivitas bawah permukaan di lintasan pengukuran. Nilai resistivitas lapisan yang mengandung lindi yaitu $<1 \Omega\text{m}$ yang diidentifikasi pada lintasan 1 dan lintasan 2. Sebaran lindi di lintasan 1 terdapat pada jarak 20 – 115 m dan 145 – 185 m yang mempunyai kedalaman 5 – 13 m, dan di lintasan 2 terdapat pada jarak 20 – 80 m, 100 m, 125 – 130 m, 165-185 m dan 210 – 240 m yang mempunyai kedalaman 8 – 27 m. Berdasarkan hasil analisis didapatkan bahwa diperkirakan terdapatnya pengaruh hidrogeologi terhadap sebaran lindi di lokasi penelitian, sehingga diidentifikasi adanya lindi yang mengalir ke sungai.

The research to identify of hydrogeological effect on leachate distribution was conducted at Gampong Jawa landfill Area Banda Aceh City by using goelectrical resistivity method. Data acquisition in the field by using SuperSting R8/IP instrument was conducted in the east and west of Gampong Jawa Area. The measurements were conducted by using 2 lines with length of the lines measurement is 224 m. The Wenner-Schlumberger configuration of geoelectrical resistivity method is used that expected would be identifying the leachate distribution in lines measurement. The data acquisition in the field is processed by using Res2dinv software to get the 2D model of sub surface resistivity in lines measurement. The resistivity value on the layer containing leachate is $<1 \Omega\text{m}$ identified at first line dan second line. The leachate distribution in first line showed at distances 20 – 115 m and 145 – 185 m with 5 – 13 m depth, and in second line showed at distances 20 – 80 m, 100 m, 125 – 130 m, 165 - 185 m and 210 – 240 m with 8 – 27 m depth. The result suggested that existence hydrogeological effect on leachate distribution in the research location, so that identified existence the leachate distribution which flowing to the river.

Keywords: landfill, leachate, geoelectrical resistivity method, Wenner-Schlumberger configuration

Pendahuluan

Lingkungan hidup erat kaitannya dengan aktifitas manusia. Dalam menjalankan aktifitas sehari-hari, manusia selalu meninggalkan sisa yang

dianggap sudah tidak berguna atau tidak dapat digunakan lagi sehingga dijadikan sebagai barang buangan yang dikenal dengan sampah atau limbah (Putra, 2012). Sampah dan limbah dapat berasal dari

rumah tangga maupun aktifitas pabrik industri yang dapat mencemari lingkungan hidup, terutama mencemari air tanah. Zat-zat kimia yang terdapat pada lindi yang mencemari air tanah dapat meracuni tubuh manusia yang mengkonsumsi air tanah tersebut. Oleh karena itu, peran Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sangat diperlukan untuk mengurangi terjadinya penimbunan sampah.

Salah satu kota yang melakukan pengelolaan terhadap sampah yaitu Kota Banda Aceh yang dilakukan oleh Dinas Lingkungan Hidup, Kebersihan dan Keindahan (DLHK3) Kota Banda Aceh. TPA di Kota Banda Aceh berada di daerah Gampong Jawa yang lokasinya berada di bagian utara dari kota tersebut (Gambar 1). Sejak dibangun dari tahun 1990, pengelolaan sampah yang dilakukan di TPA Gampong Jawa yaitu secara *open dumping* yang maksudnya yaitu sampah dibuang begitu saja di TPA, sehingga dapat menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan hidup. Setelah lahirnya Undang-Undang (UU) Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, sistem operasional di TPA Gampong Jawa diubah dari *open dumping* menjadi *sanitary landfill* dengan perbaikan kolam lindi yang dijadikan kedap air.



Gambar 1. Lokasi Gampong Jawa yang diambil dari citra satelit (Google Earth, 2018).

Walaupun demikian, permasalahan lain yang sering muncul akibat adanya TPA yaitu sampah di TPA tersebut mengalami degradasi dan proses pembusukan yang kemudian akan menghasilkan suatu limbah cair beracun yang disebut dengan lindi (*leachate*). Menurut Kurniawan (2011), lindi

merupakan cairan yang berasal dari sampah yang dihasilkan dari campuran bahan pelarut maupun tersuspensi dengan tingkat polutan tinggi yang terkandung di dalam sampah. Partikel tersuspensi dan material terlarut yang dikandung oleh lindi jika dibiarkan begitu saja akan menimbulkan dampak yang buruk terhadap lingkungan dan kesehatan manusia (Kerry dan Yu, 2014). Ikan dan udang yang diperoleh dari sungai dan laut di sekitar Kota Banda Aceh mengandung kadar logam Kromium (Cr), Tembaga (Cu), Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) (Sofia, 2005). Hal tersebut menunjukkan bahwa sungai dan laut yang berada di sekitar Kota Banda Aceh telah terkontaminasi oleh kandungan logam berat dari lindi.

Penyebaran lindi di bawah permukaan dapat dipengaruhi oleh hidrogeologi dari lokasi tersebut. Sama seperti air tanah, lindi akan mengalir pada batuan yang dapat meloloskan fluida atau lapisan batuan permeabel. Dikarenakan aliran lindi di bawah permukaan mengandung unsur-unsur logam, sehingga membuat konduktivitas lindi meningkat dan dapat diidentifikasi di lapisan batuan.

Lindi mempunyai nilai konduktivitas yang berbeda dengan air tanah (Parlinggoman, 2011). Menurut hasil penelitian yang telah dilakukan beberapa peneliti sebelumnya, menunjukkan bahwa lindi mempunyai nilai konduktivitas yang lebih tinggi dari pada air tanah. Dikarenakan nilai konduktivitas berbanding terbalik dengan nilai resistivitas, maka nilai resistivitas lindi lebih rendah dari pada air tanah. Menurut Loke dan Barker (1997) air bersih (*fresh water*) mempunyai nilai resistivitas antara 10 – 100 Ωm dan menurut Syukri dkk (2013) nilai resistivitas aliran lindi di TPA Gampong Jawa yaitu $<1 \Omega\text{m}$.

Berdasarkan nilai resistivitas dapat dilakukan penelitian untuk mengetahui penyebaran lindi yang dipengaruhi hidrogeologi di sekitar TPA Gampong Jawa dengan memanfaatkan perbedaan nilai resistivitas bawah permukaan di lokasi tersebut. Metode geofisika yang memanfaatkan parameter nilai resistivitas untuk mengetahui kondisi bawah permukaan yaitu metode geolistrik resistivitas. Hasil penelitian dengan metode tersebut dapat digunakan untuk mengetahui pengaruh hidrogeologi terhadap penyebaran lindi sehingga dapat diketahui lokasi lindi yang berpotensi membahayakan. Hasil dari penelitian ini berguna untuk informasi bagi masyarakat tentang lokasi dari air tanah yang telah terkontaminasi oleh

lindi dan sebagai referensi bagi penelitian berikutnya yang akan dilakukan di TPA Gampong Jawa.

Masalah penting terkait dengan tempat pembuangan akhir adalah produksi lindi. Lindi adalah limbah cair yang terbentuk akibat masuknya air ke dalam tumpukan sampah, tersuspensi dan membawa material terlarut. Lindi mengandung berbagai macam polutan seperti material organik, amonia-nitrogen dan logam berat. Menurut Suriawira (2005), lindi sangat berpotensi menjadi masalah karena aliran lindi bergerak secara lateral maupun vertikal bergantung pada karakteristik dari material yang berada di sekitarnya. Air di permukaan yang telah tercemar oleh lindi dapat menyebabkan matinya ikan, hilangnya nilai estetik dan perubahan keseimbangan hidup flora dan fauna di dalam air. Pada kasus pencemaran air tanah, kontaminasi akan berjalan terus-menerus dalam periode yang lama. Untuk menanggulangi dan mencegah pencemaran ini, tentunya akan menghabiskan dana yang sangat besar. Khusus untuk kasus pencemaran air tanah, usaha untuk mengembalikan kondisi air ke keadaan semula (tidak tercemar) dibutuhkan waktu puluhan atau bahkan ratusan tahun.

Hidrogeologi merupakan salah satu ilmu yang membahas tentang air tanah yang berhubungan dengan kondisi geologi. Dengan menggunakan konsep hidrogeologi, dapat diketahui keberadaan dan pergerakan air di bawah permukaan. Air hujan yang turun ke permukaan akan langsung mengalir di permukaan (*run off*) dan ada yang meresap ke bawah permukaan bumi (*infiltration*) (Hadian dan Abdurahman, 2006). Air yang mengalir di permukaan kemudian akan menuju sungai, danau dan pada akhirnya akan kembali ke laut. Air yang meresap ke bawah permukaan akan terus mengalir melalui lapisan batuan yang permeabel sampai menemukan lapisan batuan yang dapat menyimpannya.

Metode Geolistrik Resistivitas merupakan salah satu metode geofisika untuk mengetahui perubahan resistivitas lapisan batuan di bawah permukaan dengan cara mengalirkan arus listrik *direct current* (DC) yang mempunyai tegangan tinggi ke bawah permukaan. Injeksi arus listrik ini menggunakan 2 buah elektroda arus C1 dan C2 yang ditancapkan di permukaan dengan jarak tertentu. Semakin panjang jarak elektroda C1 dan C2 akan menyebabkan aliran arus listrik dapat menembus

lapisan batuan yang lebih dalam (Intan dan Rahmawati, 2014). Arus yang telah diinjeksikan ke bawah permukaan kemudian diterima oleh 2 elektroda potensial P1 dan P2 sehingga menimbulkan beda potensial yang diukur oleh voltmeter. Dari hasil pengukuran tersebut, dapat diketahui resistivitas batuan dengan menggunakan persamaan (1).

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I} \quad (1)$$

dengan

$$K = 2\pi \left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right]^{-1} \quad (2)$$

Dimana ρ adalah resistivitas batuan (Ωm), K adalah faktor geometri, ΔV adalah beda potensial (Volt), I adalah kuat arus (Ampere), dan r adalah jarak antar elektroda (m). Penelitian yang telah dilakukan oleh Syukri dkk (2013) di TPA Gampong Jawa menghasilkan nilai resistivitas material bawah permukaan di kawasan tersebut. Material di bawah permukaan yang dihasilkan dari penelitian tersebut yaitu tanah timbunan, intrusi air payau, aliran lindi dan aluvium laut. Keempat material tersebut mempunyai nilai resistivitas yang berbeda-beda dan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Nilai Resistivitas Bawah Permukaan TPA Gampong Jawa (Syukri dkk, 2013)

Material	Resistivitas (Ωm)
Tanah timbunan	< 20
Air Payau	< 2
Lindi	< 1
Aluvium laut	> 20

Metodologi

Lokasi penelitian ini dilakukan di TPA Gampong Jawa yang berada di antara 112°37'58 BT – 112°38'01 BT dan 7°13'02 LS – 7°13'19 LS. Secara geologi, TPA Gampong Jawa terletak di dekat muara sungai Krueng Aceh yang termasuk ke dalam lembar Banda Aceh. Lintasan pengukuran dalam penelitian ini terletak di bagian timur dan barat TPA Gampong Jawa dengan jumlah lintasan pengukuran yaitu 2 lintasan (Gambar 2). Kedua lintasan tersebut mempunyai panjang 224 meter dan spasi antar elektroda 5 meter.



Gambar 2 Desain lintasan pengukuran di lokasi penelitian (Google Earth, 2018).

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. Alat dan Bahan yang Digunakan

Nama	Jumlah
Kabel Geolistrik	4 gulungan
Kabel Power	1 kabel
Kabel Baterai	1 kabel
RS232 dan Kabel USB	1 kabel
Palu	2 buah
Baterai 12 V	3 unit
Matras	2 lembar
Global Positioning System (GPS)	1 buah
Terpal	1 lembar
Meteran	4 buah
Elektroda	80 buah
Wayer	1 buah
Laptop	2 buah
Software Res2dinv	1 buah
Alat Tulis	1 set
Payung	1 buah

Akuisisi data metode geolistrik resistivitas pada penelitian ini menggunakan konfigurasi *Wenner-Schlumberger* yang merupakan suatu teknik gabungan antara *mapping* dan *sounding*. Hasil dari gabungan konfigurasi *Wenner* dan *Schlumberger* menyebabkan nilai k faktor geometrinya juga berubah sesuai dengan persamaan (3).

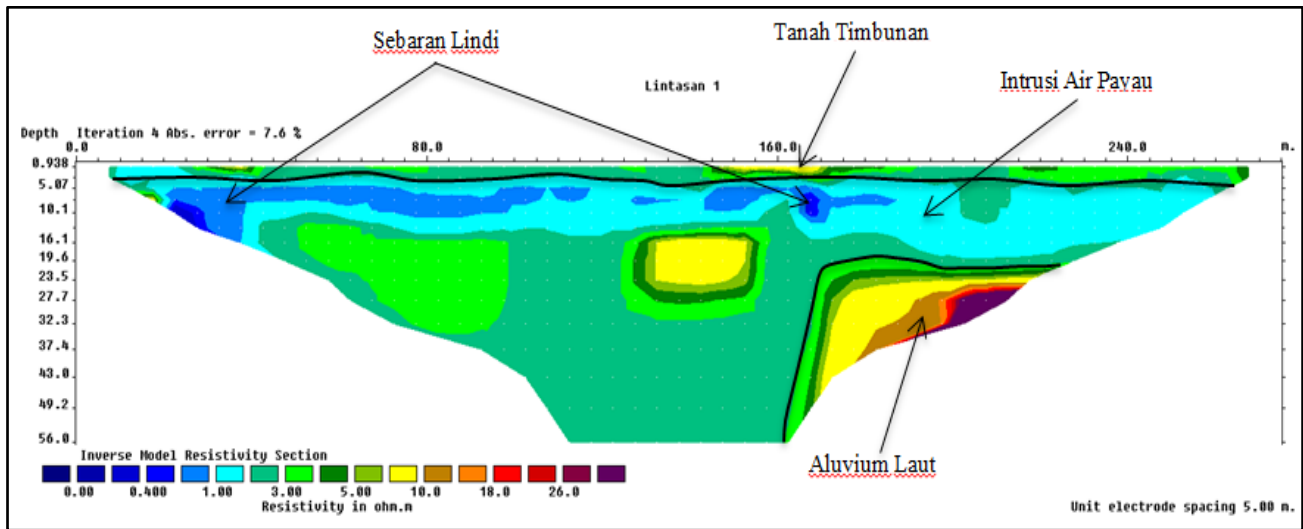
$$k = \pi n(n + 1)a \quad (3)$$

Dimana k adalah faktor geometri, n adalah perbandingan jarak antara elektroda arus dan elektroda potensial dengan spasi antara dua elektroda potensial dan a adalah jarak antar elektroda potensial. Hasil dari akuisisi data yaitu berupa nilai arus, potensial dan resistivitas yang disimpan dalam format .DAT dan diolah dengan menggunakan *software Res2dinv*. Tujuan pengolahan tersebut yaitu untuk mendapatkan model 2D resistivitas bawah permukaan, sehingga dapat diinterpretasikan untuk memperoleh informasi mengenai pengaruh hidrogeologi terhadap sebaran lindi di lokasi penelitian.

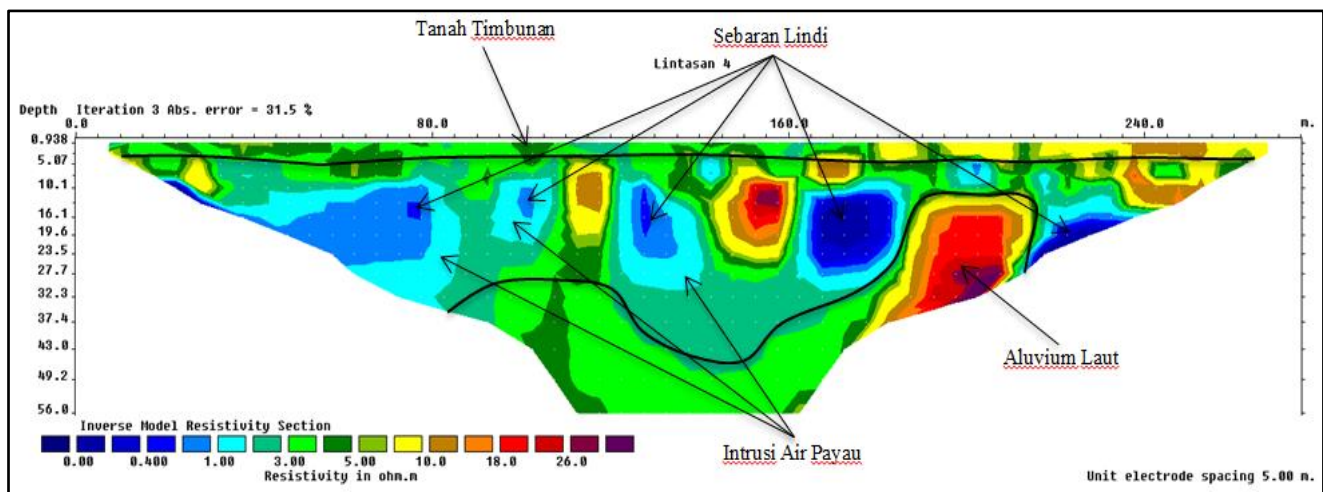
Hasil dan Pembahasan

Hasil pengolahan data menggunakan *software Res2dinv* pada lintasan 1 merupakan variasi nilai resistivitas dalam bentuk penampang 2D. Penampang tersebut memberikan informasi mengenai kondisi bawah permukaan di lintasan ini (Gambar 3). Pada lintasan ini didapatkan penetrasi kedalaman 56 m dan nilai resistivitas dari 0 – 30 Ωm . Dari penampang 2D resistivitas bawah permukaan lintasan ini terdapat 2 lapisan, yaitu lapisan atas dan lapisan bawah. Lapisan atas terdiri dari tanah timbunan dengan nilai resistivitas < 20 Ωm (Syukri dkk, 2013) dan mempunyai kedalaman 0 – 5 m. Lapisan bawah terdiri dari aluvium laut dengan nilai resistivitas > 20 Ωm (Syukri dkk, 2013) dan mempunyai kedalaman > 20 m. Lindi mempunyai nilai resistivitas < 1 Ωm (Syukri dkk, 2013), sehingga pada lintasan ini diinterpretasikan adanya lindi pada jarak 20 – 115 m dan 145 – 185 m yang mempunyai kedalaman 5 – 13 m. Pada lintasan ini juga ditemukan intrusi air payau dengan nilai resistivitas < 2 Ωm (Syukri dkk, 2013).

Hasil pengolahan data menggunakan *software Res2dinv* pada lintasan 2 merupakan variasi nilai resistivitas dalam bentuk penampang 2D. Penampang tersebut memberikan informasi mengenai kondisi bawah permukaan di lintasan ini (Gambar 4).



Gambar 3. Model 2D resistivitas bawah permukaan lintasan 1.



Gambar 4. Model 2D resistivitas bawah permukaan lintasan 2.

Pada lintasan ini didapatkan penetrasi kedalaman 56 m dan nilai resistivitas dari 0 – 30 Ω m. Pada lintasan ini juga terdapat 2 lapisan, yaitu lapisan atas dan lapisan bawah. Lapisan atas terdiri dari tanah timbunan dengan nilai resistivitas < 20 Ω m (Syukri dkk, 2013) dan mempunyai kedalaman 0 – 5 m. Lapisan bawah terdiri dari aluvium laut dengan nilai resistivitas > 20 Ω m (Syukri dkk, 2013) dan mempunyai kedalaman > 13 m. Sebaran lindi pada lintasan ini ditemukan pada jarak 20 – 80 m, 100 m, 125 – 130 m, 165-185 m dan 210 – 240 m yang mempunyai kedalaman 8 – 27 m dengan nilai resistivitas < 1 Ω m (Syukri dkk, 2013). Berdasarkan hasil yang diperoleh dari lintasan 1 dan lintasan 2, diidentifikasi adanya sebaran lindi dengan ketebalan seperti yang

ditunjukkan pada Tabel 3. Dari Tabel 2, diketahui bahwa tingkat sebaran lindi lintasan 2 lebih tinggi dari pada lintasan 1. Sebaran lindi pada lintasan 2 lebih tinggi karena lintasan ini bersebelahan dengan Blok A TPA Gampong Jawa. Pada saat akuisisi data, blok ini ditutup karena sampah yang ditumpuk pada blok ini telah penuh. Semakin banyak sampah akan membuat produksi lindi semakin meningkat.

Tabel 3. Ketebalan Sebaran Lindi

Lintasan	Ketebalan Lindi (m)
Lintasan 1	8
Lintasan 2	19

. Lintasan 2 terletak di bagian timur TPA Gampong Jawa dan bersebelahan dengan Sungai Krueng Aceh. Letaknya yang dekat dengan sungai diidentifikasi mempengaruhi sebaran lindi di lintasan ini. Berdasarkan model 2D resistivitas bawah permukaan lintasan 2, sebaran lindi diduga mengarah ke sungai melewati celah-celah batuan atau lapisan batuan yang permeabel. Lokasi sungai yang lebih rendah dari pada lokasi lintasan membuat lindi semakin berpotensi mengalir ke sungai. Oleh karena itu, dapat diduga lindi pada lintasan 2 berpotensi untuk mencemari sungai.

Lintasan 1 berada di bagian barat TPA Gampong Jawa dan mempunyai jarak yang lebih jauh dengan sungai dibandingkan dengan lintasan 2. Pada lintasan ini, sebaran lindi juga mengarah ke sungai dikarenakan lokasi lintasan lebih tinggi dari pada sungai. Akan tetapi, lindi pada lintasan ini lebih rendah potensinya untuk mencemari sungai karena jaraknya yang lebih jauh dengan sungai, sehingga membuat lindi membutuhkan waktu yang lebih lama untuk dapat mengalir ke sungai.

Kesimpulan

Terdapat sebaran lindi di bagian timur dan barat dari TPA Gampong Jawa dengan ketebalan di bagian timur yaitu 19 meter dan di bagian barat yaitu 8 m. Terdapat pengaruh hidrogeologi terhadap penyebaran lindi yang ditandai dengan adanya aliran lindi yang melewati lapisan batuan permeabel sehingga lindi mengalir ke sungai yang ketinggiannya lebih rendah.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih penulis tujukan kepada Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi (Ristekdikti) yang telah membiayai penelitian ini. Dinas Lingkungan Hidup, Kebersihan dan Keindahan Kota Banda Aceh yang telah memberikan izin kepada penulis untuk melakukan penelitian di TPA Gampong Jawa.

Daftar Pustaka

- Hadian, M. S. D. dan O. Abdurrahman. 2006. Sebaran Akuifer dan Aliran Air Tanah di Kecamatan Batuceper dan Kecamatan Benda Kota Tangerang, Provinsi Banten. *Jurnal Geologi Indonesia Vol. 61 Hal. 115-116*.
- Intan, G. S. dan E. Rahmawati. 2014. Pengukuran Nilai Resistivitas untuk Menentukan Titik Grounding pada Desa Doropeti Kabupaten Dompu Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Fisika Vol. 3 No. 2 Hal. 60-64*.
- Kerry, R. K. and Y. Yu. 2014. The Effect of Leachate Input Characteristics on The Leachate Collected After Passage Through A Leachate Collection System. *The 9th International Conference "Environmental Engineering"*.
- Kurniawan, Y. 2011. Pengolahan Air Lindi (Leachate) TPA Benowo dengan Proses Biologi Menggunakan Sistem Step Aeration. *Skripsi. Fakultas Teknik Sipil dan Perancangan Universitas Pembangunan Nasional, Surabaya*.
- Loke, M. H. and Barker R. D. 1996. Practical Techniques for 3D Resistivity Surveys and Data Inversion. *Geophy. Prosp.* 44: 499-524.
- Parlinggoman, R. H. 2011. Studi Sebaran Air Limbah Sampah Bagian Utara TPA Bantar Gebang dengan Metoda Resistivity Wenner-Schlumberger. *Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia, Depok*.
- Putra, I. K. 2012. Identifikasi Arah Rembesan dan Letak Akumulasi Lindi dengan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner-Schlumberger di TPA Temesi Kabupaten Gianyar. *Tesis. Program Studi Ilmu Lingkungan Universitas Udayana*.
- Sofia. 2005. Metal Contamination in Commercially Important Fish and Shrimp Species Collected from Aceh (Indonesia), Penang and Perak (Malaysia). *Tesis. Universiti Sains Malaysia*.
- Suriawiria, U. 2005. *Mikrobiologi Dasar*. Jakarta: Papas Sinar Sinanti.
- Syukri, M., R. Saad, Marwan. 2013. Leachate Migration Delineation using 2D Electrical Resistivity Imaging (2-DERI) at Gampong Jawa, Banda Aceh. *EJGE Vol. 18*.