

IDENTIFIKASI PERTAMBAHAN PERSEBARAN LIMBAH TEMPAT PEMBUANGAN AKHIR (TPA) JATIBARANG TAHUN 2015 MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK

RS Wulandari ✉ Khumaedi, D Yulianti

Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima Agustus 2015
Disetujui September 2015
Dipublikasikan Oktober 2015

Keywords:
leachate, geoelectric,
Schlumberger configuration,
resistivity

Abstrak

Pada tahun 2000 timbunan sampah pada TPA Jatibarang yang berlokasi di Kelurahan Kedungpane Kecamatan Mijen Kota Semarang, sudah melebihi daya tampung yaitu sekitar 1,6 juta m³. Kondisi tersebut sangat berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan terutama pencemaran leachate (air lindi). Oleh karena itu, dilakukan penelitian untuk mengetahui tingkat pencemaran limbah di daerah sekitar TPA Jatibarang pada tahun 2015 dengan menggunakan metode geolistrik konfigurasi *schlumberger*. Pengambilan data dilakukan pada tiga titik penelitian, dua berada didalam TPA dan satu berada di daerah perumahan sekitar TPA dengan panjang lintasan masing-masing 75 m. Pengolahan data hasil penelitian dilakukan dengan menggunakan *softwareres2dinv*. Hasil yang didapatkan berupa kondisi topografi serta nilai resistivitas lindi sebesar 0,044 Ωm-0,70 Ωm. Persebaran lindi pada tahun 2015 menuju ke daerah dengan elevasi rendah yang mengarah ke Sungai Kreo. Sedangkan persebaran lindi pada lokasi penelitian di Perumahan Bambankerep Kecamatan Ngaliyan Kota Semarang juga telah diidentifikasi tercemar oleh air lindi yang diduga berasal TPA Jatibarang.

Abstract

*In 2000, piles of garbage in the landfill is located in the Village Jatibarang Kedungpane Mijen District of Semarang, has exceeded the capacity of around 1.6 million m³. The condition is potentially causing environmental pollution, especially pollution leachate (leachate). Therefore, to investigate the pollution level of waste in the area around the landfill Jatibarang 2015 using geoelectric method Schlumberger configuration. Data were collected at three points research, two are in the landfill and one is located in a residential area around the landfill with a path length of each - each 75 m. Data processing results of research conducted by using *softwareres2dinv*. Results obtained in the form of topography and leachate resistivity value of 0.044 Ωm - 0.70 Ωm. Distribution of leachate in 2015 heading to areas with low elevation that leads to the River Kreo. While the spread of leachate at research sites in Housing Bambankerep Ngaliyan District of Semarang has been identified contaminated by leachate from the landfill Jatibarang suspected.*

© 2015 Universitas Negeri Semarang

✉ Alamat korespondensi:
Kampus Sekaran Gunungpati Semarang 50229
E-mail: ratnawulandari1@yahoo.co.id

ISSN 0215-9945

PENDAHULUAN

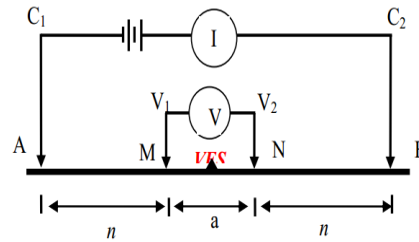
Pengelolaan sampah yang ada di Semarang dipusatkan pada TPA Jatibarang dengan luas tanah 46.183 ha berlokasi di Kelurahan Kedungpane Kecamatan Mijen Kota Semarang. Setiap hari lebih dari 4.000 m³ sampah dihasilkan dari aktivitas warga Kota Semarang. Pada tahun 2004, hampir semua kecamatan dengan kepadatan di atas 10.000 jiwa/km² menghasilkan sampah sekitar 361 m³/hari. Namun, baru sekitar 65% yang terangkut petugas kebersihan kota ke TPA Jatibarang tanpa pengolahan lebih lanjut (Handayani *et al.* 2009).

Kurangnya pengetahuan dalam pengelolaan akan menjadi penyebab gangguan dan ketidakseimbangan lingkungan sehingga terjadilah pencemaran. Pencemaran adalah peristiwa penyebaran bahan kimia dengan kadar tertentu yang dapat merubah keadaan keseimbangan pada daur materi dalam lingkungan (keseimbangan lingkungan) baik keadaan struktur maupun fungsinya sehingga dapat mengganggu kesejahteraan manusia.

Air lindi adalah cairan dari sampah yang mengandung unsur-unsur terlarut dan tersuspensi. Air lindi merupakan cairan yang keluar dari tumpukan sampah, dan ini salah satu bentuk pencemaran lingkungan yang dihasilkan oleh timbunan sampah. Air lindi (*leacheat*) dapat bergerak menyebar apabila tanah/batuan dasar TPA (*landfill*) merupakan lapisan yang dapat meloloskan air atau masih dapat meloloskan air (tidak 100 % kedap air). Ada dua jenis akuifer yang memungkinkan terjadinya penyebaran air lindi yaitu akuifer setengah tertekan (bagian atasnya merupakan *akitard*/ lapisan setengah kedap air) dan akuifer bebas.

Salah satu sifat fisika yang biasa digunakan untuk menentukan polutan dalam air adalah konduktivitas listrik. Konduktivitas listrik tersebut dapat mengetahui jenis polutan menggunakan harga resistivitas. Berbeda dengan air bersih yang memiliki nilai resistivitas 10-100 Ωm, nilai resistivitas air lindi kurang dari 10 Ωm (Juandi 2009).

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian adalah mengidentifikasi pertambahan persebaran limbah TPA Jatibarang pada Tahun 2015 menggunakan metode geolistrik *Schlumberger* dengan spasi elektroda arus jauh lebih lebar daripada spasi elektroda potensialnya. Susunan elektroda arus AB dan potensial MN dapat digambarkan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Konfigurasi *Schlumberger*

Konfigurasi *Schlumberger* mendasarkan pengukuran kepada kontinuitas pengukuran dalam satu penampang dan hasilnya suatu penampang semu (*pseudosection*). Pengukuran ini dilakukan dengan membuat variasi posisi elektroda arus (AB) dan elektroda potensial (MN). Dalam konfigurasi *Schlumberger* dapat dihitung nilai resistivitas semu (ρ) sebagai berikut :

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I} \tag{1}$$

dimana, K adalah faktor geometri yang memiliki perhitungan pada persamaan (2) dan (3).

$$K = \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM}\right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN}\right)} \tag{2}$$

dengan AM = MN = BM = BN = a

$$K = 2\pi a \tag{3}$$

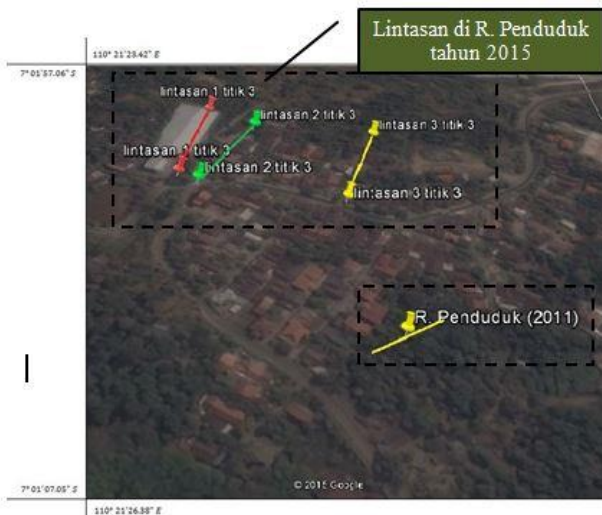
Tabel 1. Variasi resistivitas material bumi

Bahan	Resistivitas (Ωm)
Air	
Distilasi	2x10 ⁵
Permukaan	30 s/d 3x10 ³
Tambang	0.4 s/d 6x10 ²
Laut	0.21
Batuan	

Gabro	$10^3 - 10^6$
Batugamping	50 s/d 10^7
Batupasir	1 s/d 10^3
Serpih	20 s/d 2×10^3
Konglomerat	$2 \times 10^3 - 10^4$
Alluvium dan pasir	10-800
Tufa	20-200
Lempung	3-20
Tanah	1 s/d 10^4

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di TPA Jatibarang Kelurahan Kedungpane Kecamatan Mijen dan Perumahan terdekat TPA jatibarang di Kelurahan Bambankerep Kecamatan Ngaliyan Kota Semarang



Gambar 2. Peta lokasi penelitian tahun 2015

Langkah pertama yang digunakan dalam melakukan penelitian menggunakan alat *Resistivimeter* S-Field, yaitu menentukan lintasan pengukuran dan arah lintasan. Kemudian memasang elektroda dengan spasi masing-masing 5 m dan menyusun rangkaian *resistivimeter*. Selanjutnya mengaktifkan *resistivimeter* dan menginjeksikan

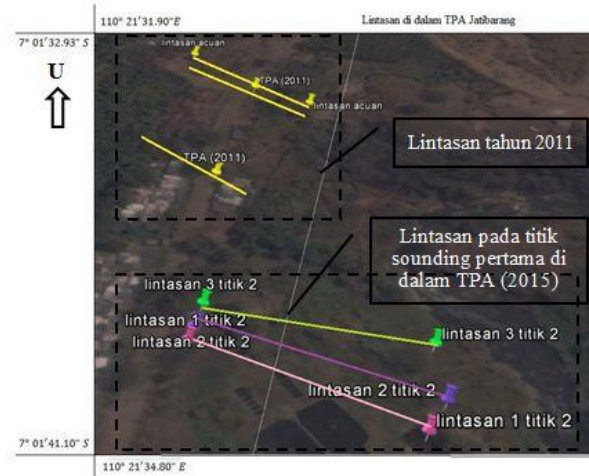
HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk interpretasi data hasil pengukuran, dibutuhkan data pendukung lainnya, seperti peta geologi daerah penelitian. Lintasan acuan pada titik

pada bulan Mei 2015. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.

Penelitian ini menggunakan konfigurasi *Schlumberger* yang pada prinsipnya bekerja dengan menginjeksikan elektroda arus dan elektroda potensial. Elektroda arus adalah elektroda dimana sumber arus dialirkan ke medium. Sedangkan elektroda potensial adalah elektroda tempat potensial diukur.

Peralatan yang digunakan dalam pengambilan data, meliputi: *Resistivimeter* S-Field, 16 buah elektroda arus dan elektroda potensial, dua buah gulungan kabel arus dan potensial yang masing-masing panjangnya 150 m, dua buah aki kering Yuasa masing-masing 12 volt, palu geologi, meteran, laptop, dan GPS (*Global Positioning System*).



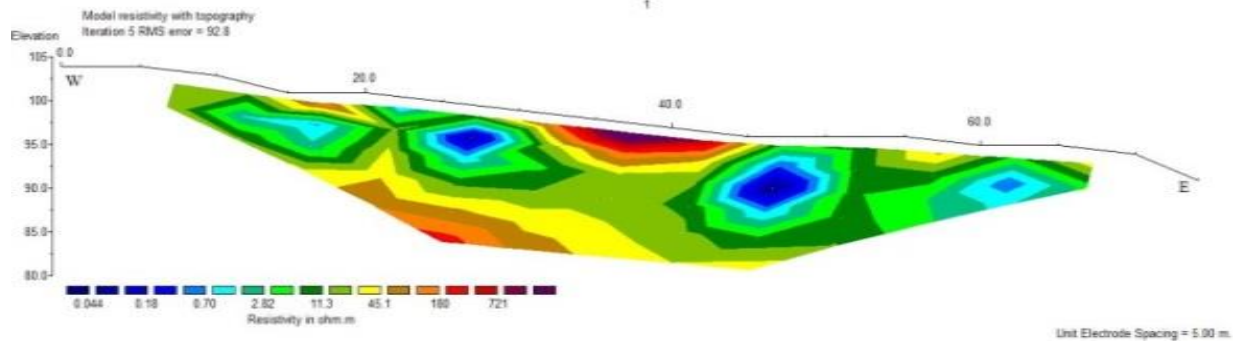
arus listrik kedalam tanah. Lalu, melakukan pengukuran pada lintasan sehingga diperoleh nilai arus listrik (I) dan beda potensial (V) antara 2 titik elektroda. Langkah terakhir dalam penelitian yaitu menghitung tahanan jenis (ρ) hasil pengukuran dan mengolah data dengan software *res2dinv* untuk mengetahui bentuk penampang melintangnya.

sounding pertama merupakan lintasan yang lokasi titiknya diambil berdasarkan penelitian yang sudah dilaksanakan empat tahun yang lalu di TPA Jatibarang. Lintasan dengan titik koordinat UTM X 429236 m-429298 m dan posisi koordinat UTM Y

9223341 m-9223301 m dengan elevasi 104 m-91 m dengan bentangan lintasan dari Barat ke Timur. Panjang lintasan adalah 75 meter. Lintasan ini berada di dalam TPA Jatibarang dekat tumpukan sampah TPA.

Berdasarkan inversi topografi menggunakan software *Res2Dinv* didapatkan tampilan citra warna

konturnya seperti Gambar 3. Berdasarkan hasil inversi menggunakan software *Res2Dinv* dihasilkan gambar lapisan tanah hingga kedalaman 20 m dari elevasi 105m-85m dengan nilai resistivitas dari 0,044 Ω m-721 Ω m.

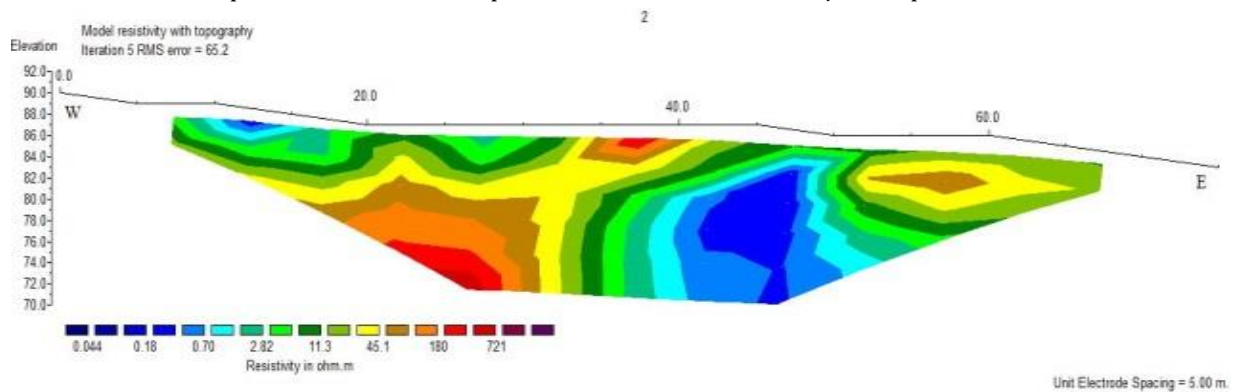


Gambar 3. Kontur penampang melintang topografi pada lintasan acuan

Pada bentangan 30m-45m didapatkan jenis batuan lava andesit, konglomerat, dan pasir tufaan dengan elevasi 105m-92,5m. Batuan yang serupa juga terdapat pada bentangan 15m-20m pada elevasi 105m-102,5m dan batuan tersebut juga menyebar pada bentangan 15m-50m. Pada elevasi 97,5m-92,5m di bentangan 20m-25m diidentifikasi adanya sesar naik pada daerah tersebut. Batu lempung dan batu lempung pasirannya hampir merata pada setiap bentangan mulai dari bentangan 5m-65m. Nilai resistivitas 0,044 Ω m-0,70 Ω m pada Gambar 3 diinterpretasikan

sebagai sebaran air lindi yang terdapat pada bentangan hampir merata mulai dari bentangan 10m-65m pada elevasi 105m-87,5m.

Lintasan pertama pada titik *sounding* kedua berada di dalam TPA, posisinya lebih rendah dari titik acuan dengan elevasi 90m-83m dan berada di dekat kolam pengolahan air lindi dengan titik koordinat UTM X 0429285m -0429353m dan posisi koordinat UTM Y 9223139m-9223109m bentangan lintasannya dari Barat ke Timur. Panjang lintasan 75 m. Hasil inversi topografi menggunakan software *Res2Dinv* ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Kontur penampang melintang topograf pada lintasan pertama titik *sounding* kedua

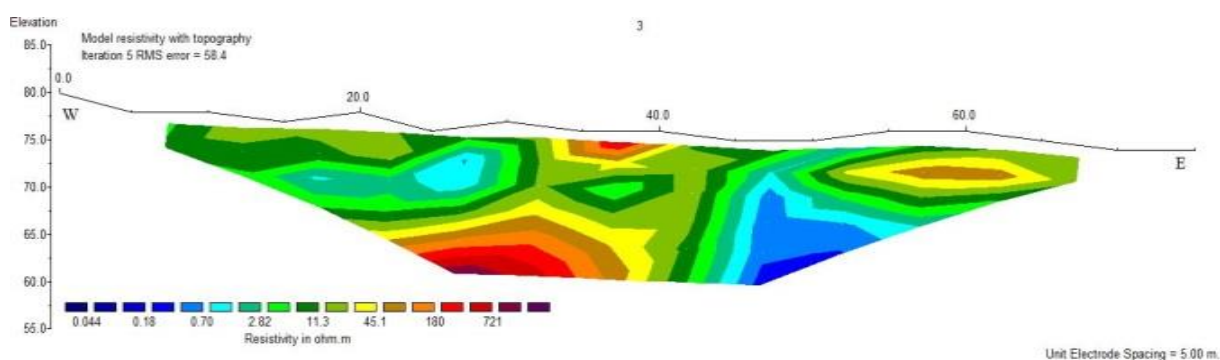
Berdasarkan Gambar 4 didapatkan kontur penampang melintang topografi yang mencapai kedalaman 20 m pada elevasi 92 m-72 m. Pada

bentangan 35 m-40 m dengan elevasi 90m-84m sebaran batumannya terdiri dari lava andesit, konglomerat dan batuan pasir tufaan. Batuan

tersebut juga menyebar hingga elevasi 70 m dari bentangan 5 m-35 m. Pada elevasi 85 m-82 m di bentangan 32 m - 40 m diidentifikasi adanya sesar naik pada lokasi tersebut. Pada bentangan 50 m-65 m dengan elevasi 86,5 m-80 m didapatkan sebaran batuan pasir tuffan. Pada bentangan 5 m-65 m didapatkan sebaran batuan lempung dan batuan lempung pasir yang sebarannya merata. Nilai resistivitas $0,044 \Omega\text{m}$ - $0,70 \Omega\text{m}$ diinterpretasikan sebagai polutan air lindi yang sebarannya mulai dari bentangan 5m-15m pada elevasi 89,5m-85m dan

menyebar sampai bentangan 35m-60m dengan elevasi 88m-70m.

Lintasan kedua pada titik *sounding* keduaberada di dalam TPA posisinya berada di dekat kolam pengolahan air lindi dan berada pada jarak 5 m dari lintasan pertama pada titik *sounding* kedua dengan titik UTM X429285 m -429358 m dan posisi koordinat UTM Y 9223145 m -9223121 m dengan elevasi 83 m-74 m bentangan lintasannya dari Barat ke Timur. Panjang lintasan 75meter. Hasil inversi topografi menggunakan *software Res2Dinv* ditunjukkan pada Gambar 5.

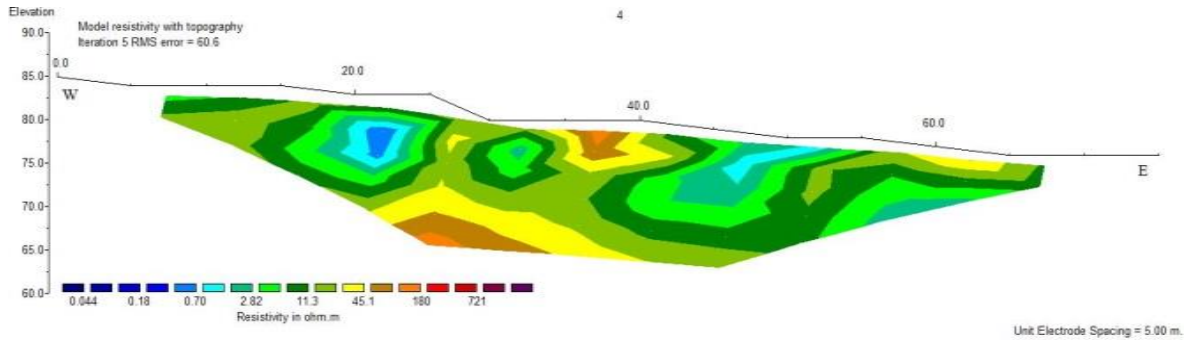


Gambar 5. Kontur penampang melintang topografi lintasan kedua pada titik *sounding* kedua

Berdasarkan Gambar 5, didapatkan kontur penampang melintang topografi yang mencapai kedalaman 20 m dari elevasi 80 m-60 m. Pada bentangan 35 m-40 m dengan elevasi 77,5 m-72,5 m diidentifikasi terdapat perselingan lava andesit, konglomerat dan batu pasir tuffaan. Sebaran batuan yang serupa juga terdapat pada elevasi 72,5 m-60 m dari bentangan 20 m-40 m. Adanya sebaran batuan yang sama pada ketinggian yang berbeda sesuai Gambar 5 pada bentangan 35 m-45 m dengan elevasi 75 m-65 m diidentifikasi adanya sesar naik pada daerah penelitian tersebut. Kemudian sebaran batu lempung dan batu lempung tuffaan sebarannya hampir mendominasi dari bentangan 5 m-65 m. Jadi pada lintasan kedua ini dapat diinterpretasikan resistivitas dengan nilai $0,044 \Omega\text{m}$ - $0,70 \Omega\text{m}$ sebagai polutan air lindi yang sebarannya

hampir merata dari bentangan 15 m-30 m pada elevasi 75 m-67,5 m, kemudian pada bentangan 35 m-40 m dengan sebaran lindinya terdapat pada elevasi 75 m-60 m.

Lintasan ketiga pada titik *sounding* keduaberada di dalam TPA posisinya berada lebih jauh dari kolam pengolahan air lindi dibandingkan dengan lintasan pertama dan kedua pada titik *sounding* kedua, dan berada pada jarak 10 m dari lintasan pertama pada titik *sounding* kedua dengan posisi koordinat UTM X 0429285m -0429355m dan untuk posisi UTM Y9223156m -9223144m yang memiliki elevasi 85m-76mdari Barat ke Timur. Panjang lintasan 75 meter. Hasil inversi topografi menggunakan *software Res2Dinv* ditunjukkan pada Gambar 6.

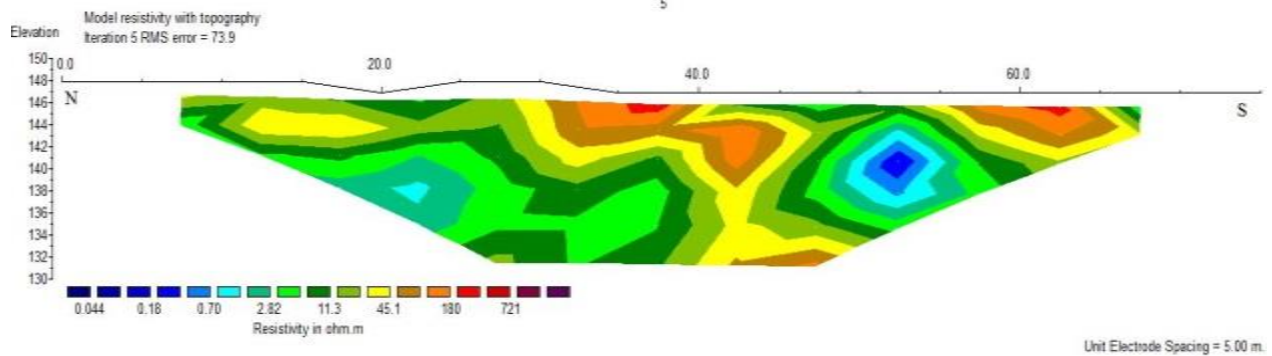


Gambar 6. Kontur penampang melintang topografi lintasan ketiga pada titik *sounding* kedua

Berdasarkan Gambar 6, didapatkan kontur penampang melintang topografi yang mencapai kedalaman 20 m dengan elevasi 85 m-65 m. Pada bentangan 37,5 m-40 m dengan elevasi 82,5 m-65 m didapatkan sebaran batuan konglomerat dan pasir tuffaan. Pada elevasi 80 m-75 m di bentangan 27,5 m-40 m pada Gambar 6 dapat diidentifikasi terdapat sesar naik. Hal tersebut bisa dilihat karena adanya batuan yang sama pada elevasi yang berbeda yaitu yang terdapat pada bentangan 20 m-40 m dengan elevasi 75 m-65 m. Sebaran batu lempung dan batu lempung pasir hampir merata dari bentangan 5 m-65 m pada elevasi yang beragam mulai dari 85 m-65 m. Dari Gambar 6 dapat diinterpretasikan persebaran air lindi yang mempunyai resistivitas 0,044 Ω m-0,70 Ω m juga

tersebar merata mulai dari bentangan 17,5 m - 27,5 m pada elevasi 82,5 m-75 m selain itu pada bentangan 30 m-35 m dengan elevasi 80 m-77,5 m juga terdapat persebaran air lindi hingga pada bentangan 40 m-65 m dengan kedalaman mulai dari 82,5 m-67,5 m.

Lintasan pertama pada titik *sounding* ketigaberada di sekitar perumahan terdekat dengan TPA Jatibarang yaitu di Kelurahan Bambankerep Kecamatan Ngaliyan Kota Semarang yang berjarak \pm 300 meter dari TPA dengan titik koordinat UTM X 429001m-428991m dan posisi koordinat UTM Y 9224409m-9224331m dengan elevasi 148m-147m bentangan lintasannya dari Utara ke Selatan. Hasil inversi topografi menggunakan *software Res2Dinv* ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Kontur penampang melintang topografi lintasan pertama titik *sounding* ketiga

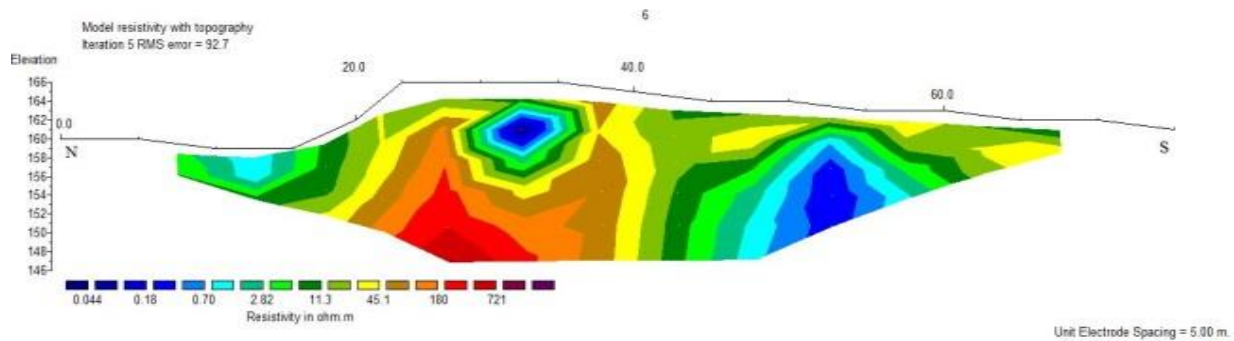
Berdasarkan Gambar 7, didapatkan penampang melintang topografi yang mencapai kedalaman 16 m dari elevasi 148 m-132 m. Pada Gambar 7 tersebut dapat diidentifikasi bahwa sebaran batuan terdiri dari lava andesit, konglomerat, batu pasir tuffaan, batu lempung pasir serta batu lempung. Pada bentangan 37,5 m-

45 m dengan elevasi 146 m-144 m diidentifikasi terdapat sesar naik pada lokasi tersebut kemudian pada elevasi 138 m-134 m di bentangan 40 m-50 m juga diidentifikasi terdapat sesar naik pada lokasi tersebut. Sesuai Gambar 7, didapatkan nilai resistivitas air lindi yang rendah yaitu 0,044 Ω m-

0,70 Ωm yang ditunjukkan oleh penampang melintang warna biru.

Lintasan kedua pada titik *sounding* ketiga berada di sekitar perumahan terdekat dengan TPA Jatibarang yaitu di Kelurahan Bambankerep Kecamatan Ngaliyan Kota Semarang yang berjarak ± 5 meter dari lintasan pertama pada titik *sounding* ketigadengan titik koordinat UTM X 429034 m-429004 m dan posisi koordinat UTM Y 9224396 m-9224326 m dengan elevasi 160 m-161 m bentangan lintasannya dari Utara ke Selatan. Hasil inversi topografi menggunakan *software Res2Dinv* ditunjukkan pada Gambar 8.

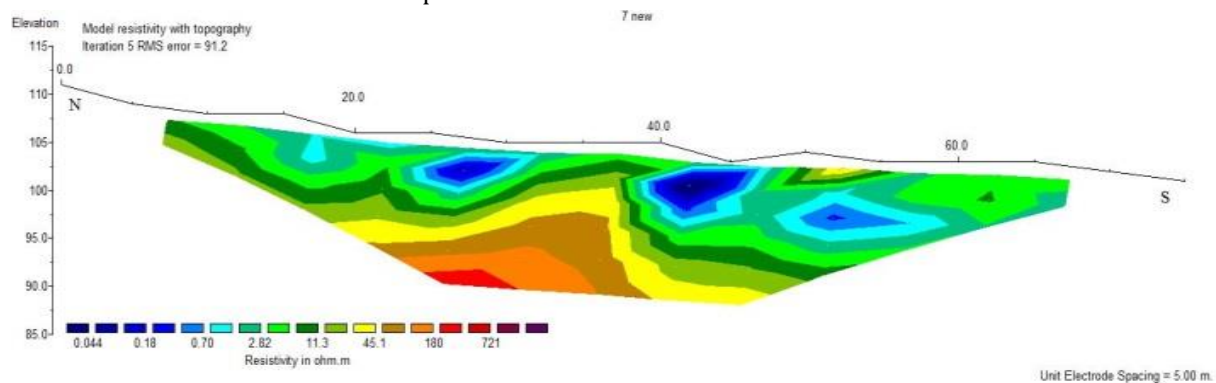
Berdasarkan Gambar 8, penampang melintang topografi pada lintasan ke dua titik *sounding* ketiga didapatkan penampang melintang sampai kedalaman 16 m, mulai dari elevasi 164 m-148 m. Persebaran batuan yang ada pada lintasan ke dua ini sama dengan lintasan pertama titik *sounding* ketiga yaitu berupa lava andesit, konglomerat, batu pasir tuffaan, batu lempung pasiran serta batu lempung. Pada lintasan kali ini juga didapatkan sesar naik yang berada pada elevasi 160 m pada bentangan 35 m-40 m. Nilai resistivitas air yang dihasilkan pada lokasi lintasan kedua adalah 0,044 Ωm-0,70 Ωm sebagai nilai resistivitas keberadaan air lindi dengan penampang melintang warna biru.



Gambar 8. Kontur penampang melintang topografi lintasan kedua titik *sounding* ketiga

Lintasan ketiga pada titik *sounding* ketiga berada di sekitar perumahan terdekat dengan TPA Jatibarang yang berjarak ± 20 m dari lintasan pertama titik *sounding* ketiga dengantitik koordinat UTM X 429099 m-429118 m dan posisi koordinat

UTM Y 9224331 m-9224393 m dengan elevasi 111 m-101 m bentangan lintasannya dari Utara ke Selatan. Hasil inversi topografi menggunakan *software Res2Dinv* ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Kontur penampang melintang topografi lintasan ketiga titik *sounding* ketiga

Berdasarkan Gambar 9, didapatkan kontur penampang melintang topografi yang mencapai kedalaman 20 m, dari elevasi 110 m-90 m.

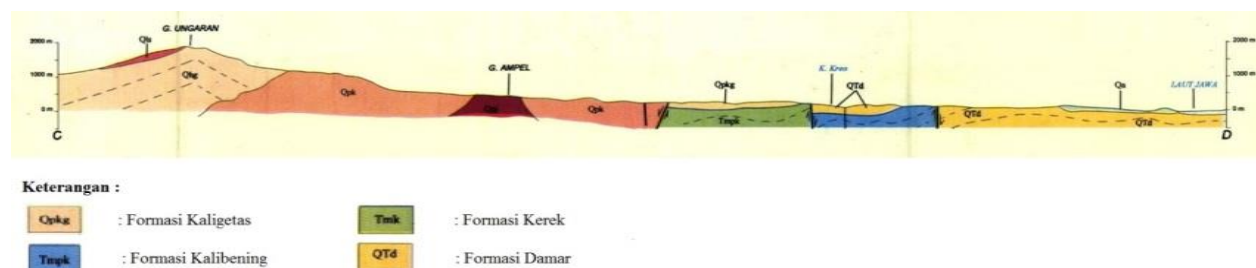
Persebaran batuan pada lintasan ketiga titik *sounding*ketiga ini sama dengan persebaran batuan pada lintasan pertama dan kedua pada titik *sounding*

ketiga yaitu berupa lava andesit, konglomerat, batu pasir tuffaan, batu lempung pasir serta batu lempung. Pada lintasan ketiga titik *sounding* ketiga didapatkan nilai resistivitas dengan nilai 0,044 Ω m-0,70 Ω m sebagai nilai resistivitas keberadaan air lindi dengan penampang melintang warna biru.

Data yang dihasilkan melalui pemodelan nilai resistivitas batuan menggunakan *software res2din* selanjutnya diinterpretasikan berdasarkan kondisi geologi, nilai resistivitas batuan, nilai resistivitas limbah serta beberapa penelitian terdahulu mengenai pencemaran lingkungan yang berasal dari limbah TPA.

Struktur geologi yang dijumpai di daerah penelitian adalah kekar tarik dan sesar naik. Kekar

dijumpai pada semua batuan di daerah penelitian. Arah kekar dominan mengarah ke timurlaut-baratdaya serta tenggara-baratdaya. Sesar naik yang dijumpai berdasarkan beberapa ciri-ciri berikut, yakni : Adanya beda tinggi yang mencolok pada daerah buangan dengan lembah dibawahnya, adanya sesar minor pada satuan batulempung pasir, adanya batuan yang memiliki resistensi terhadap erosi yang sangat berbeda pada posisi/elevasi yang hampir sama untuk batupasir tuffaan dan konglomerat di daerah TPA Jatibarang khususnya di lembah Sungai Kreo. Dari kenampakan ciri-ciri tersebut disimpulkan bahwa daerah di areal TPA Jatibarang dikontrol oleh keberadaan struktur geologi yakni sesar naik.



Gambar 10. Kondisi cross section pelapisan batuan berdasarkan peta geologi

Pada satuan batu lempung pasir yang terletak di bagian timur areal buangan TPA Jatibarang dijumpai sesar minor yang memiliki arah N 140°E (Putranto *et al.* 2008). Berdasarkan hasil interpretasi pada Gambar 3 sampai dengan Gambar 6 didapatkan hasil pelapisan batuan yang bervariasi sesuai dengan nilai resistivitas dan warna pada penampang melintang tersebut. Litologi dari titik *sounding* pertama dan kedua memiliki penyusun material berupa lava andesit, konglomerat, pasir tuffaan, batu lempung pasir dan batu lempung. Sedangkan interpretasi pada Gambar 7 sampai dengan Gambar 9 pada titik *sounding* ketiga didapatkan litologi dengan penyusun materialnya berupa breksi vulkanik, lava andesit, pasir tuffaan, batu lempung pasir. Hal tersebut diperkuat dengan kondisi *cross section* pada peta geologi Gambar 10.

Lindi atau polutan sampah diketahui mempunyai konduktivitas yang berbeda dengan air

tanah. Menurut hasil penelitian yang dilakukan beberapa peneliti sebelumnya menunjukkan bahwa polutan air lindi mempunyai konduktivitas yang lebih tinggi dari pada air tanah. Hal tersebut karena terdapatnya senyawa-senyawa elektrolit yang terkandung didalam air lindi sesuai hasil penelitian oleh Kirana *et al.* (2011) tentang identifikasi sifat kemagnetan dan kelistrikan air lindi mendapatkan hasil bahwa kandungan logam berat didalam air lindi memiliki konsentrasi kecil untuk senyawa Cr, Hg, Zn, Cu, Pb dan Cd sedangkan pada senyawa Fe konsentrasinya lebih besar. Hubungan antara sifat kemagnetan terhadap kandungan logam berat tidak terlalu signifikan. Koefisien korelasi terbaik antara sifat kemagnetan terhadap kandungan logam berat terdapat pada senyawa Zn. Hubungan antara konduktivitas listrik dan kandungan logam berat juga tidak terlalu signifikan kecuali pada senyawa Zn dan Cd. Jadi hubungan antara sifat kemagnetan, konduktivitas listrik dan kandungan logam berat

akan baik apabila setiap kuantitas memiliki nilai yang besar. Ditambah hasil penelitian oleh Huliselan *et al.* (2010) mengenai analisa kandungan air lindi menggunakan SEM-EDX yang didapatkan hasil bahwa dalam endapan air lindi sebagian besar mineral magnetiknya didominasi oleh senyawa Fe_3O_4 pada TPA Sarimukti dan Jelekong di Bandung selain itu juga didapatkan kandungan kemagnetan yang tinggi pada sampel tanah daerah tersebut. Dengan demikian nilai resistivitas polutan air lindi lebih rendah daripada air tanah. Menurut Loke (1997) resistivitas air bersih adalah antara $10 \Omega\text{m}$ - $100 \Omega\text{m}$ sehingga resistivitas air lindi $< 10 \Omega\text{m}$.

Rentang nilai resistivitas pada Gambar 3 sampai 9 hampir sama, sehingga menghasilkan distribusi nilai resistivitas yang sama dan menghasilkan kemiringan lapisan pada daerah penelitian. Ada atau tidaknya pertambahan persebaran aliran lindi TPA Jatibarang pada tahun 2015 sebagai lanjutan penelitian mengenai pola persebaran limbah TPA Jatibarang pada tahun 2011 oleh Supriyadi *et al.* didapatkan hasil bahwa pada lokasi penelitian titik *sounding* pertama dan kedua didapatkan hasil di dalam wilayah TPA persebaran limbah air lindi mengarah ke posisi dengan elevasi yang lebih rendah. Mengacu pada lintasan penelitian oleh Supriyadi *et al.* (2013) bahwa Lintasan acuan tahun 2011 terletak lebih dekat dengan tumpukan sampah sedangkan lintasan penelitian tahun 2015 berada lebih jauh dari tumpukan sampah dan berada di sekitar daerah pengolahan air lindi dan Sungai Kreo. Keberadaan aliran air lindi memang menuju ke daerah yang memiliki elevasi rendah, pada titik *sounding* pertama di lintasan acuan memiliki elevasi pada kisaran 104 m-91 m. Sedangkan pada titik *sounding* kedua memiliki elevasi pada kisaran 90 m-74 m. Berdasarkan hasil Interpretasi persebaran air lindi pada titik *sounding* pertama dan kedua yang berada di dalam TPA Jatibarang sesuai Gambar 3 sampai dengan Gambar 7 yang berlokasi di dalam TPA Jatibarang keberadaan air lindi ditunjukkan dengan penampang melintang warna biru muda sampai tua yang mempunyai resistivitas $0,044 \Omega\text{m}$ - $0,70 \Omega\text{m}$ dan elevasi terendah daerah tersebut mengarah ke Sungai Kreo. Keberadaan persebaran air lindi pada

daerah penelitian di dalam TPA juga diperkuat dengan lokasi penelitian yang lebih luas di bandingkan titik penelitian oleh Supriyadi *et al.* (2013) dengan posisi sesuai Gambar 2 didapatkan hasil bahwa lokasi yang lebih luas dan lebih dekat dengan Sungai Kreo didapatkan nilai resistivitas yang menyatakan keberadaan air lindi.

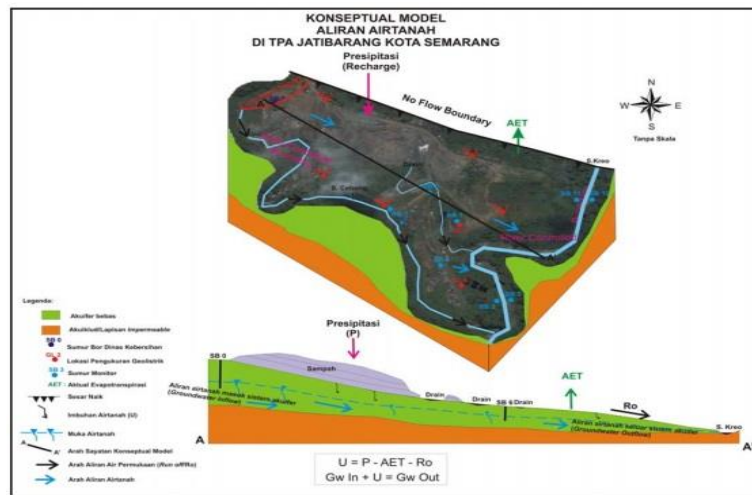
Berdasarkan interpretasi pada Gambar 7 sampai 9, persebaran air lindi pada titik *sounding* ketiga yang lokasinya berada di daerah perumahan terdekat dengan TPA tepatnya di Kelurahan Bambankerep Kecamatan Ngaliyan Kota Semarang diduga sudah tercemar oleh air lindi yang rembesannya berasal dari TPA Jatibarang, sebab nilai resistivitas yang dihasilkan berada pada kisaran $0,044 \Omega\text{m}$ - $0,70 \Omega\text{m}$. Hal tersebut diperkuat dengan hasil penelitian dari Supriyadi *et al.* (2013) yang menyatakan bahwa rembesannya sudah mencapai perumahan terdekat dengan TPA Jatibarang yaitu di daerah Kelurahan Bambankerep Kecamatan Ngaliyan Kota Semarang. Akan tetapi, hasil uji laboratorium oleh Kasub. Bidang Laboratorium Badan Lingkungan Hidup Kota Semarang terhadap kandungan logam berat yang terdapat pada sumur pantau (monitoring) menyebutkan hasil yang berbeda. Hasil uji tersebut menyatakan bahwa sampel yang diambil pada sumur pantau (monitoring) di wilayah tersebut memenuhi baku mutu secara fisika dan kimia sebagai Air Bersih.

Kondisi litologi daerah penelitian yang struktur batuanannya didominasi oleh batu pasiran sesuai dengan hasil penelitian oleh Putranto *et al.* (2008) mengenai jenis litologi hasil analisis *core* maupun geolistrik pada TPA Jatibarang tersusun oleh tanah penutup berupa material lepas berukuran lempung pasiran, breksi, batu lempung, batulempung pasiran batu pasir tuffan yang dijumpai dalam kondisi pasir lepas dan pasir lempungan, lava andesit dan scoria serta konglomerat. Persebaran air lindi akan terbawa oleh batuan pasir karena sifat dasar batuan pasir yang mempunyai butir-butir dengan ruangan-ruangan yang pori cukup banyak sehingga mempunyai cukup ruang untuk keberadaan air didalamnya. Ditambahkan dengan kondisi *cross section*

berdasarkan peta geologi, yang mengidentifikasi terdapat perlapisan batuan formasi kaligetas dan formasi kerek di bagian bawahnya serta kemiringan perlapisan yang lebih dominan mengarah ke formasi kerek dengan batuan didominasi oleh batu lempung pasir dan pasir tuffaan jadi pada daerah formasi batuan yang serupa berupa formasi kerek identifikasi terdapatnya pencemaran limbah TPA Jatibarang berupa air lindi akan lebih tinggi. Adanya sesar pada setiap lokasi juga mempengaruhi persebaran air lindi karena air lindi yang terserap akan terbawa pergeseran kedudukan dari setiap

batuan. Selanjutnya persebaran air lindi menuju elevasi yang lebih rendah sampai akhirnya menuju sungai Kreo.

Hasil pemetaan aliran limbah TPA Jatibarang yang mengarah ke sungai Kreo diperkuat oleh hasil penelitian dari Putranto *et al.* (2008) mengenai pemodelan pergerakan kontaminan dalam air tanah di TPA Jatibarang Kota Semarang yang mengarah ke barat laut menuju tenggara sehingga sampai ke Sungai Kreo. Tampilan konseptual model aliran tanah di TPA Jatibarang Kota Semarang ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Konseptual model aliran tanah di TPA Jatibarang Kota Semarang (Putranto *et al.* 2008)

Hasil penelitian oleh Oktawian dan Priyambada (2008) didapatkan hasil bahwa besarnya konsentrasi Fe, Mn dan Cr Sungai Kreo dari limpahan lindi TPA sudah mencapai ke pertemuan Sungai Kripik dengan Sungai Kreo. Namun semakin jauh jarak TPA Konsentrasi Mn akan semakin berkurang. Penelitian lain yang menunjukkan aliran limbah TPA mengarah ke Sungai Kreo adalah oleh Supriyadi *et al.* (2013) menggunakan metode Geolistrik *Schlumberger* pada tahun 2011 yang mendapatkan hasil bahwa aliran lindi TPA Jatibarang menuju ke sungai Kreo terbawa ke arah utara menyatu bersama aliran sungai Kaligarang menuju laut Jawa.

PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa pada titik pertama dan titik kedua lokasi penelitian didalam TPA Jatibarang didapatkan hasil persebaran lindi menuju ke daerah yang memiliki elevasi lebih rendah dengan nilai resistivitas air lindi yang diperoleh adalah 0,040 Ω m-0,70 Ω m. Sedangkan pada titik ketiga lokasi penelitian yang berada di Perumahan BambanKerep Kecamatan Ngaliyan Kota Semarang yang memiliki Jarak lebih dari 300m juga telah tercemar air lindi dengan nilai resistivitas yang sama yaitu 0,040 Ω m-0,70 Ω m yang pencemarannya diduga berasal dari TPA Jatibarang.

Berdasarkan kondisi topografi daerah penelitian yang berupa perbukitan dan memiliki

lereng-lereng yang curam dalam melakukan penelitian selanjutnya bisa menggunakan metode lain yang lebih efisien seperti metode gaya berat atau magnetik.

DAFTAR PUSTAKA

- Arbain., N.K.Mardana., Sudana I B. 2008. Pengaruh Air Lindi Tempat Pembuangan Akhir Sampah Suwung Terhadap Kualitas Air Tanah Dangkal Di Sekitarnya di Kelurahan Pedungan Kota Denpasar. *Echotropic*. Vol3, no. 2. 55-60.
- Griffiths, D.H., and R.D. Barker. 1993. Two Dimensional Resistivity Imaging and Modelling in Areas of Complex Geology. *Journal of Applied Geophysics*, V.29., p.211-226.
- Handayani, D.S., S.H.Budisulistiorini., & M.R.Nuraini., 2009. Kajian Nilai Ekonomi Penerapan Konsep Daur Ulang pada TPA Jatibarang Kota Semarang, *Jurnal Presipitasi Vol.7 No.2, September 2009, ISSN 1907-187X*.
- Huliselan, E.K., Satria. B., Wahyu. S., Edwan,K. 2010.Scanning Electron Microscopy and Magnetic Characterization of Iron Oxides in Solid Waste Landfill Leacheat. *Journal of Hazardous Materials 179 (2010) 701-708*.
- Kirana, K, Nurul. A., Estevanus. H., Satria. B. 2011. Magnetic and Electrical Properties of Leacheat, *ITB J.Sci., Vol.43 A,No.3,2011,165-178*.
- Loke, M.H. 1999. *Electrical Imaging Surveys For Environmental And Engineering Studies. A Practical Guide to 2-D and 3-D Surveys*. Malaysia. Penang.
- Putranto, T.T., Hendrayana H., Putra. DPE.2008. Pemodelan Pergerakan Kontaminan Dalam Air Tanah di TPA Jatibarang Kota Semarang. *Prosiding.Pertemuan Ilmiah Tahunan IAIG ke-37 Hotel Horison Bandung*.
- Putra, I.K. 2012.*Identifikasi Arah Rembesan Dan Letak Akumulasi lindi dengan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner-Schlumberger di TPA Temensl Kabupaten Gianyar*.Tesis Universitas Udayana. Denpasar.
- Santoso, D. 2002. *Pengantar Teknik Geofisika*. Bandung: Departemen Teknik Geofisika ITB.
- Supriyadi, Khumaedi, & Panca., R.N. 2013. Pola Sebaran Limbah TPA Studi Kasus di Jatibarang Semarang *Jurnal Manusia dan Lingkungan Vol.20, No.1, Maret 2013:49-56*
- Wulandari, R.A. 2010. *Pemodelan Fisika Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger Untuk Monitoring rembesan Limbah Dalam Tanah*.Skripsi.Semarang : Universitas Negeri Semarang.