



**PENENTUAN PENYEBARAN LINDI PADA BAWAH  
PERMUKAAN DENGAN METODE GEOLISTRIK  
KONFIGURASI *WENNER-SCHLUMBERGER* DI TPA  
SAMPAH DESA BANDENGAN KABUPATEN JEPARA**

**Skripsi**

disusun sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains

Program Studi Fisika

**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

oleh  
Siti Nur Azizah  
4211411050

**JURUSAN FISIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

**2016**

## PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi ini bebas dari plagiat dan apabila dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan perundang-undangan.

Semarang, 2016



Siti Nur Azizah

4211411050

**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi yang berjudul

Penentuan Penyebaran Lindi Pada Bawah Permukaan Dengan Metode Geolistrik Konfigurasi *Wenner-Schlumberger* Di TPA Sampah Desa Bandengan Kabupaten Jepara

disusun oleh

Siti Nur Azizah

4211411050

telah disetujui untuk diajukan ke sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.

Pembimbing I



**Dr. Khumaedi, M.Si.**  
NIP. 196306101989011002

Semarang, 12 April 2016

Pembimbing II



**Drs. Hadi Susanto, M.Si.**  
NIP. 195308031980031003

## PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul

Penentuan Penyebaran Lindi Pada Bawah Permukaan Dengan Metode Geolistrik Konfigurasi *Wenner-Schlumberger* Di TPA Sampah Desa Bandengan Kabupaten Jepara

disusun oleh

Siti Nur Azizah  
4211411050

telah dipertahankan di hadapan sidang Panitia Ujian Skripsi FMIPA UNNES pada tanggal 19 April 2016

Panitia:

Ketua

Sekretaris



**Prof. Dr. Zaenuri, S.E, M.Si, Akt.**  
NIP. 196412231988031001

**Dr. Suharto Linuwih, M.Si.**  
NIP 196807141996031005

Ketua Penguji

**Dr. Putut Marwoto, M.S.**  
NIP. 196308211988031004

Anggota Penguji/  
Pembimbing I

**Dr. Khumaedi, M.Si.**  
NIP. 196306101989011002

Anggota Penguji/  
Pembimbing II

**Drs. Hadi Susanto, M.Si.**  
NIP. 195308031980031003

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

### MOTTO

- ❖ Hidup bisa menumbangkan kita, tetapi kita bisa memilih untuk bangkit atau tidak.
- ❖ Memulai dengan penuh keyakinan, Menjalankan dengan sungguh-sungguh dan penuh keikhlasan, Menyelesaikan dengan penuh kebahagiaan.
- ❖ Menjadi diri sendiri lebih baik daripada berpura-pura menjadi orang lain yang baik.
- ❖ Selalu bersyukur atas nikmat Tuhan YME.

### PERSEMBAHAN

- ❖ Untuk Dosen Pembimbing
- ❖ Untuk keluargaku tercinta (Ayah, Ibu, Adik Yusuf, Adik Dimas)
- ❖ Untuk teman dan sahabatku.

**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul **“Penentuan Penyebaran Lindi Pada Bawah Permukaan Dengan Metode Geolistrik Konfigurasi *Wenner-Schlumberger* Di TPA Sampah Desa Bandengan Kabupaten Jepara”** guna untuk memperoleh gelar Sarjana Sains Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.

Dalam penyelesaian penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bimbingan, bantuan dan motivasi dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum, Rektor Universitas Negeri Semarang.
2. Prof. Dr. Zaenuri, S.E, M.Si, Akt, Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.
3. Dr. Suharto Linuwih, M.Si, Ketua Jurusan Fisika Universitas Negeri Semarang.
4. Dr. Mahardika Prasetya Aji, M.Si, Ketua Program Studi Fisika S1.
5. Dr. Khumaedi, M.Si, dosen pembimbing I yang telah bersedia meluangkan waktu untuk membimbing, memberikan banyak masukan yang sangat bermanfaat, memberikan motivasi serta memberikan pengarahan dalam penyusunan skripsi.

6. Drs. Hadi Susanto, M.Si, Pembimbing II yang telah bersedia meluangkan waktu untuk membimbing, memberi masukan yang bermanfaat, motivasi serta memberi pengarahan dalam penyusunan skripsi.
7. Dr. Putut Marwoto, M.S, Penguji yang telah memberikan saran dalam penulisan skripsi.
8. Isa Akhlis, S.Si, M.Si, dosen wali yang telah memberi saran dalam perkuliahan.
9. Segenap Bapak/Ibu Dosen yang telah membagi ilmunya dengan penulis.
10. Teknisi laboratorium dan staf jurusan fisika yang telah membantu mempermudah dalam pengurusan peminjaman alat.
11. Keluarga (Ayah, Ibu, Adik-adikku) yang telah memberikan dukungan dan selalu berdoa yang terbaik untuk penulis.
12. Kepala BAPPEDA Kabupaten Jepara yang telah memberikan ijin penelitian.
13. Pimpinan serta Staf UPT TPA Sampah Desa Bandengan Kabupaten Jepara yang telah memberikan ijin penelitian serta memberi masukan untuk menambah informasi pada penyusunan skripsi.
14. Tim Penelitian (Bra Wandita Murbanendra, M. Ahgania Naufal, Riska Tri Diantoro, M. Rifki Muzaki, Fauziah Peni Rini S, Indah Afrari)
15. Teman-Teman Fisika 2011.

Semarang, 2016  
Penulis

Siti Nur Azizah  
4211411050

## ABSTRAK

Azizah, Siti, Nur. 2016. *Penentuan Penyebaran Lindi Pada Bawah Permukaan Dengan Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner-Schlumberger Di TPA Sampah Desa Bandengan Kabupaten Jepara*. Skripsi, Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Utama Dr. Khumaedi, M.Si. dan Pembimbing Pendamping Drs. Hadi Susanto, M.Si

Kata Kunci: Lindi, Geolistrik, *Wenner-Schlumberger*, *control landfill*.

TPA sampah Desa Bandengan, Kabupaten Jepara menggunakan sistem pembuangan akhir *control landfill*. Sistem ini masih berpotensi tersebarnya lindi ke wilayah sekitar TPA karena pada sistem ini belum dilengkapi dengan lapisan geotekstil. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui penyebaran dan letak akumulasi lindi yang ada di bawah permukaan TPA Desa Bandengan, Kabupaten Jepara. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode geolistrik tahanan jenis konfigurasi *Wenner-Schlumberger*. Pengambilan data lima lintasan berada di sekitar area kolam lindi dan timbunan sampah. Data nilai resistivitas diolah dengan menggunakan *software Microsoft Excel*, *Res2Dinv* dan *Surfer 11*. Hasil interpretasi lintasan pertama sampai kelima terindikasi adanya penyebaran lindi di bawah permukaan sekitar dengan nilai resistivitas kecil yaitu 0-8,40  $\Omega\text{m}$ . Penyebaran mengarah ke utara dan selatan, namun penyebaran lebih jauh ke utara. Akumulasi lindi terletak pada kedalaman 1,25-2,5 m. Pengolahan sampah dengan sistem *control landfill* masih memproduksi lindi dan masih tersebar ke wilayah sekitar TPA. Limbah menyebar pada lapisan tanah dengan struktur pasir, lempung dan tanah.





## ABSTRACT

Azizah, Siti, Nur. 2016. *Penentuan Penyebaran Lindi Pada Bawah Permukaan Dengan Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner-Schlumberger Di TPA Sampah Desa Bandengan Kabupaten Jepara*. Skripsi, Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Utama Dr. Khumaedi, M.Si. dan Pembimbing Pendamping Drs. Hadi Susanto, M.Si

Key word : Leachate, Geoelectric, Wenner-Schlumberger, Control landfill.

Landfill Bandengan village, Jepara regency was using control landfill system. This system still has the potential to spread leachate to the area around the landfill because the system was not equipped with a layer of geotextile. The purpose of this study was to determine the distribution and location of the accumulation of leachate in subsurface landfill Bandengan village, Jepara regency. The method in this research is the method of geoelectric resistivity Wenner-Schlumberger configuration. Data retrieval five tracks around the pool area of leachate and landfill waste. Data resistivity values were processed using Microsoft Excel, Res2Dinv and Surfer 11 software. Interpretation of results from the first to the fifth track shows the spread of subsurface leachate around with a small resistivity values from 0 to 8.40  $\Omega$ m. Spreading heading north and south, but the spread further to the north. Accumulation of leachate is located at a depth of 1.25 to 2.5 m. Waste management system with control landfill leachate was still produced and still spread to the area around the landfill. Leachate spread on subsurface with the layer structure is sand, clay and soil.



# DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN .....	ii
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	iii
PENGESAHAN .....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	v
PRAKATA.....	vi
ABSTRAK.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB .....	1
1. PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Geologi Daerah Sekitar .....	7
2.2 Sampah .....	8
2.3 Pengaruh Sampah Terhadap Lingkungan.....	9
2.3.1 Pengaruh Positif .....	9
2.3.2 Pengaruh Negatif.....	10
2.4 Sistem Pemrosesan Akhir Sampah.....	13
2.5 Pengaruh Air Lindi terhadap Kualitas Air Tanah .....	20
2.6 Proses Masuknya Air Lindi ke Air Tanah.....	22

2.7	Sifat Kelistrikan Batuan dan Tanah.....	24
2.7.1	Resistivitas Batuan.....	26
2.7.2	Rumus Dasar Listrik.....	27
2.7.3	Aliran Listrik Dalam Bumi.....	29
2.8	Faktor Geometri.....	32
2.9	Metode Geolistrik.....	35
2.9.1	Konfigurasi <i>Wenner</i> .....	37
2.9.2	Konfigurasi <i>Schlumberger</i> .....	39
2.9.3	Konfigurasi <i>Wenner-Schlumberger</i> .....	41
3.	METODE PENELITIAN.....	43
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian.....	43
3.2	Alat Yang Digunakan.....	44
3.3	Akuisisi Data Geolistrik.....	44
3.4	Diagram Alur Penelitian.....	48
3.5	Pengolahan Data.....	49
3.6	Analisis Data Penelitian.....	49
4.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	50
4.1	Hasil Penelitian.....	50
4.1.1	Hasil Pengukuran Lintasan Pertama.....	51
4.1.2	Hasil Pengukuran Lintasan Ke-Dua.....	52
4.1.3	Hasil Pengukuran Lintasan Ke-Tiga.....	54
4.1.4	Hasil Pengukuran Lintasan Ke-Empat.....	55
4.1.5	Hasil Pengukuran Lintasan Ke-Lima.....	57
4.2	Pembahasan.....	60
4.3	Hasil Pengolahan Data Penampang Vertikal.....	68
4.3.1	Hasil Penggabungan Lima Lintasan.....	69
4.3.2	Pembahasan Hasil Penggabungan Lima Lintasan.....	70

5. SIMPULAN DAN SARAN .....	75
5.1    Simpulan.....	75
5.2    Saran .....	76
DAFTAR PUSTAKA .....	77
LAMPIRAN .....	80



## DAFTAR TABEL

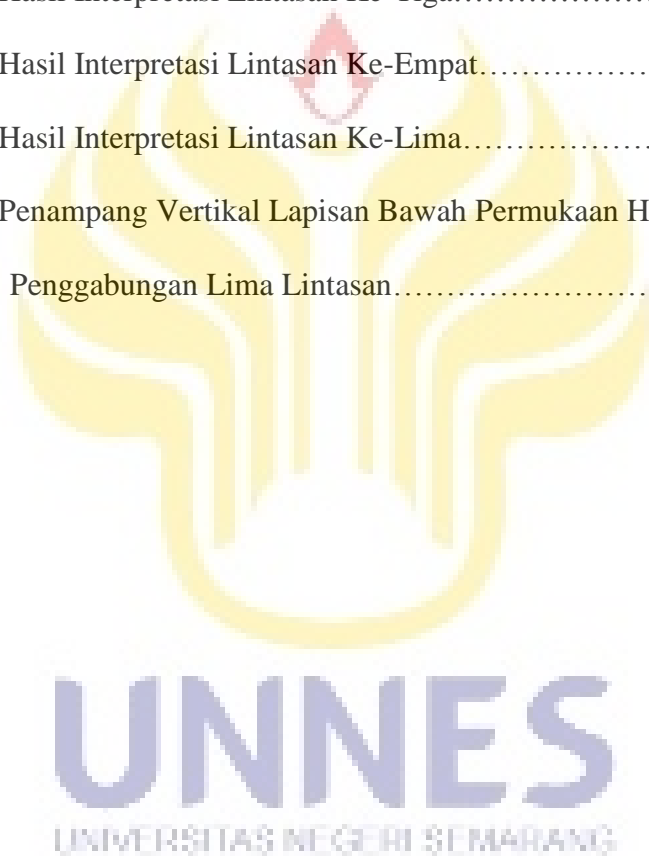
	Halaman
Tabel 2.1 Komposisi Lindi Dari TPA Secara Umum.....	21
Tabel 2.2 Nilai Resistivitas Bahan (Telford <i>et al.</i> , (1990: 185-190)).....	27
Tabel 4.1 Nilai Resistivitas Berdasarkan Citra Warna.....	58



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Peta Geologi Lokasi Penelitian.....	7
Gambar 2.2 Sistem <i>Open Dumping</i> di TPA Secara umum.....	16
Gambar 2.3 Sistem <i>Control Landfill</i> di TPA Sampah Desa Bandengan Kabupaten Jepara.....	18
Gambar 2.4 Sistem <i>Sanitary Landfill</i> .....	20
Gambar 2.5 Skema Proses Terjadinya Lindi (Hendrajaya dan Idam, 1990). 23	
Gambar 2.6 Silinder Konduktor Dengan Panjang $L$ (m), Luas Penampang $A$ ( $m^2$ ) yang Dialiri Arus Listrik $I$ .....	28
Gambar 2.7. Medium Homogen Isotropis Dialiri Arus Listrik.....	29
Gambar 2.8 Potensial Di Sekitar Titik Arus pada Permukaan Bumi.....	32
Gambar 2.9 Permukaan Equipotensial dan Arah Aliran Arus Listrik Akibat Dua Sumber Arus ( $I$ dan $-I$ ) Di Permukaan Bumi Homogen.....	32
Gambar 2.10 Letak Elektroda Arus dan Elektroda Potensial pada Permukaan Bumi.....	34
Gambar. 2.11 Elektroda Arus dan Potensial Pada Konfigurasi <i>Wenner</i> .....	38
Gambar 2.12. Elektroda Arus dan Potensial Konfigurasi <i>Schlumberger</i> .....	40
Gambar 2.13 Elektroda Arus dan Potensial Konfigurasi <i>Wenner-Schlumberger</i> .....	42
Gambar 3.1 Peta Administrasi Lokasi Penelitian.....	43
Gambar 3.2 Alat Resistivimeter <i>Multichannel</i> 16 Elektroda.....	44

Gambar 3.3 Peta Lokasi Penelitian dan Bentangan Masing-masing Lintasan (Gambar modifikasi dari google earth).....	46
Gambar 3.4 Diagram Alir Penelitian.....	48
Gambar 4.1 Hasil Interpretasi Lintasan Pertama.....	52
Gambar 4.2 Hasil Interpretasi Lintasan Ke-Dua.....	53
Gambar 4.3 Hasil Interpretasi Lintasan Ke-Tiga.....	55
Gambar 4.4 Hasil Interpretasi Lintasan Ke-Empat.....	56
Gambar 4.5 Hasil Interpretasi Lintasan Ke-Lima.....	57
Gambar 4.6 Penampang Vertikal Lapisan Bawah Permukaan Hasil Penggabungan Lima Lintasan.....	69



## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Data Pengukuran Nilai Resistivitas Lintasan 1.....	70
Lampiran 2 Data Pengukuran Nilai Resistivitas Lintasan 2.....	72
Lampiran 3 Data Pengukuran Nilai Resistivitas Lintasan 3.....	74
Lampiran 4 Data Pengukuran Nilai Resistivitas Lintasan 4.....	76
Lampiran 5 Data Pengukuran Nilai Resistivitas Lintasan 5.....	78
Lampiran 6 Foto-Foto Pengambilan Data.....	80





# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sampah adalah polutan umum yang dapat menyebabkan turunnya nilai estetika lingkungan, membawa berbagai jenis penyakit, menurunkan sumber daya, menimbulkan polusi, menyumbat saluran air dan berbagai akibat negatif lainnya (Bahar, 1985). Aktifitas manusia dalam memanfaatkan alam selalu meninggalkan sisa yang dianggap sudah tidak berguna lagi sehingga diperlakukan sebagai barang buangan, yaitu sampah dan limbah (Widyatmoko dan Sintorini, 2002). Limbah dari timbunan sampah dapat menimbulkan cairan yang membahayakan disebut lindi. Lindi merupakan limbah cair yang berasal dari sampah basah atau sampah organik yang terkena air hujan. Jika lindi tersebut tidak diolah dengan baik, maka dapat menyebar ke dalam tanah dan masuk ke lapisan air tanah yang dapat menyebabkan pencemaran air tanah.

Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah di Indonesia belum sepenuhnya menerapkan sistem *sanitary landfill*, kebanyakan masih menggunakan sistem *open dumping* atau beberapa sudah ada yang menerapkan sistem *control landfill*. *Sanitary landfill* adalah sistem pengelolaan sampah yang mengembangkan lahan cekungan dengan syarat tertentu yaitu jenis dan porositas tanah, pada dasar cekungan dilapisi geotekstil untuk menahan peresapan lindi pada tanah serta dilengkapi dengan saluran lindi. *Control landfill* adalah sistem pengelolaan

sampah yang dihamparkan pada lokasi cekungan dan permukaannya diratakan serta ditutupi tanah pada ketebalan tertentu yang dilakukan secara periodik. Sedangkan *open dumping* adalah sistem pengelolaan sampah yang ditumpuk menggunung tanpa ada lapisan geotekstil dan saluran lindi.

Pembangunan TPA seharusnya mempertimbangkan aspek kondisi fisik TPA, jenis dan karakteristik sampah, kemampuan pendanaan dan prasarana pendukungnya (Notoatmojo, 1997). Tanpa mempertimbangkan aspek-aspek tersebut akan menimbulkan pencemaran lingkungan di sekitarnya, seperti terbentuk rembesan lindi yang dapat mencemari air permukaan dan pencemaran air tanah. Indikasi tersebut lebih dipertegas dari penelitian sebelumnya yang dilakukan di TPA Temesi Kabupaten Gianyar (Putra, 2012), yang menyimpulkan bahwa rembesan lindi yang keluar dari timbunan sampah memungkinkan terjadi pencemaran sungai karena alur penyebaran menuju ke sungai.

Pertambahan penduduk di setiap kota misalnya di Jepara akan mengakibatkan semakin bertambah pula sampah yang dihasilkannya. Masalah tersebut muncul karena produksi sampah setiap harinya akan terus berlangsung, maka perlu lahan yang luas untuk dijadikan sebagai tempat pembuangan akhir sampah. TPA sampah Desa Bandengan beroperasi sejak tahun 1980-an dan pada awalnya menggunakan sistem *open dumping*, tetapi menurut undang-undang yang berlaku pada tahun 2008 mulai diterapkan sistem *control landfill*. Layanan TPA ini mencakup seluruh sampah yang ada di empat kecamatan yaitu Kecamatan Jepara, Kecamatan Tahunan, Kecamatan Mlonggo dan Kecamatan Pakis Aji. Dengan luas lahan 2,84 ha, setiap hari TPA Bandengan menampung  $\pm 263.7 \text{ m}^3$ ,

dalam sebulan menampung  $\pm 6933.57 \text{ m}^3$ , pada tahun 2011 sampai tahun 2012 mengalami peningkatan volume sampah yang masuk ke TPA Bandengan yaitu  $3364.07 \text{ m}^3$  dari  $96147 \text{ m}^3$  bertambah  $99511.07 \text{ m}^3$ . Sampah yang dibuang di tempat ini kebanyakan adalah sampah organik yang berasal dari pasar-pasar dan sampah rumah tangga (Data Laporan TPA Bandengan, 2013).

Hal ini menyebabkan sampah lebih cepat membusuk dan menghasilkan polutan sampah berupa air yang merupakan hasil proses pembusukan. Pada umumnya polutan tersebut mengandung senyawa kimia, bakteri, dan kotoran lainnya yang dapat merembes masuk ke dalam tanah dan akhirnya akan mencemari air tanah. Menurut Loke (1997), nilai resistivitas air bersih (*fresh*) bervariasi antara  $10\text{-}100 \Omega\text{m}$ . Nilai resistivitas lindi memiliki nilai yang lebih kecil.

Belum adanya penelitian mengenai penyebaran lindi dan akumulasinya di TPA Desa Bandengan Kabupaten Jepara, maka kiranya sangat perlu dilakukan suatu kajian atau penelitian lebih lanjut mengenai sebaran dan letak akumulasi lindi di sekitar TPA Desa Bandengan Kabupaten Jepara. Mengingat sebagian masyarakat di sekitar TPA Desa Bandengan Kabupaten Jepara masih memanfaatkan air sumur untuk mandi dan keperluan sehari-hari. Oleh karena itu untuk mengetahui pencemaran lindi yang terjadi dapat digunakan metode eksplorasi geofisika yaitu metode geolistrik tahanan jenis. Metode geolistrik tahanan jenis dengan konfigurasi *Wenner-Schlumberger* dilakukan untuk melihat lapisan-lapisan di bawah permukaan dan untuk mengetahui penyebaran lindi dan akumulasinya. Metode geolistrik tahanan jenis ini dapat digunakan untuk

mengamati aliran pencemaran dengan mendeteksi hasil citra bawah tanah. Penelitian pencemaran ini perlu didukung dengan penampang pemodelan yang prespektif agar dapat mendukung hasil penelitian dan dapat diketahui penyebaran lindi dan akumulasinya.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang, dapat dirumuskan sebagai berikut:

- a. Bagaimana pola penyebaran lindi dan akumulasinya di bawah permukaan?
- b. Bagaimana dampaknya terhadap lingkungan?

## **1.3 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini, yaitu:

- a. Lokasi dalam penelitian ini hanya berada di sekitar TPA Desa Bandengan Kabupaten Jepara.
- b. Penelitian hanya dibatasi pada penyebaran lindi dan akumulasinya.

## **1.4 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk:

- a. Mengetahui penyebaran lindi pada bawah permukaan baik secara vertikal maupun horizontal berdasarkan data geolistrik.
- b. Mengidentifikasi letak akumulasi lindi yang dihasilkan dari pembusukan sampah di TPA Desa Bandengan Kabupaten Jepara.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang didapat dari penelitian ini berdasarkan dari hasil yang diperoleh antara lain yaitu:

- a. Dapat memberikan gambaran aplikasi geofisika dalam bidang lingkungan terutama untuk menggambarkan sebaran dan letak akumulasi lindi.
- b. Bermanfaat sebagai peringatan awal dalam upaya memantau pencemaran air tanah dangkal dan dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan dalam pengelolaan dan evaluasi TPA.
- c. Dapat memberikan informasi mengenai penyebaran lindi terhadap pencemaran air tanah.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Bab I Pendahuluan berisikan latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian dan sistematika penulisan.

Bab II Tinjauan Pustaka, merupakan dasar-dasar teori dari literatur ilmiah yang menjadi acuan yang digunakan di dalam penulisan penelitian meliputi sampah, lindi, tinjauan geologi dan teori dasar metode geolistrik.

Bab III Metodologi Penelitian, berisikan uraian mengenai lokasi penelitian, alat yang digunakan, akuisisi data, pengolahan data dan interpretasi.

Bab IV Hasil Analisis dan Pembahasan, merupakan uraian yang menjelaskan analisis data pengamatan dalam pengolahan data dan pembahasan hasil penelitian.

Bab V Simpulan dan Saran, menjelaskan kesimpulan dari hasil pengukuran dalam penelitian dan rekomendasi terkait penelitian yang dilaksanakan.

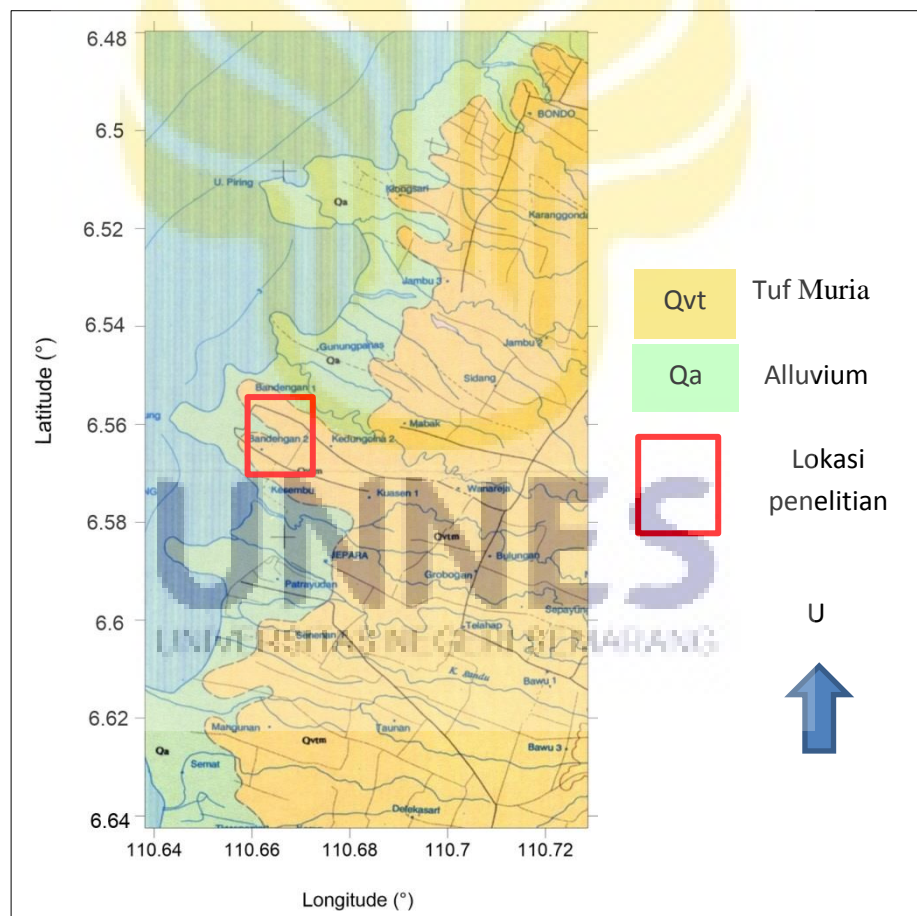


## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Geologi Daerah Sekitar

Lokasi penelitian di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah yang terletak di wilayah Desa Bandengan Kabupaten Jepara, Jawa Tengah. Lokasi penelitian tersusun atas beberapa formasi batuan yaitu alluvium (Qa) dan tuf muria (Qvtm). Peta geologi lokasi penelitian disajikan dalam Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Peta Geologi Lokasi Penelitian

Batuan penyusun lokasi penelitian meliputi tuf muria (tuf, lahar dan tuf pasiran) dan alluvium (Qa) merupakan dataran pantai, sungai dan danau. Dataran pantai umumnya terdiri dari lempung dan pasir mencapai ketebalan 50 m atau lebih. Endapan pasir umumnya membentuk endapan delta sebagai lapisan pembawa air dengan tebal 80 m lebih. Endapan sungai dan danau terdiri dari kerikil, kerakal, pasir dan lanau dengan tebal 1 sampai 3 m. Bongkahan tersusun dari andesit atau gamping dan sedikit batupasir.

## 2.2 Sampah

Secara umum sampah dapat diartikan sebagai barang buangan yang tidak diinginkan orang, dimana sebagian besar merupakan bahan yang sudah tidak dipergunakan lagi karena sudah dimanfaatkan atau sudah diambil fungsinya.

Pengertian sampah dikemukakan oleh Azwar (1990), adalah sebagian dari sesuatu yang tidak terpakai, tidak disenangi atau sesuatu yang dibuang, umumnya berasal dari kegiatan manusia dan bersifat padat. Menurut Bahar (1985), sampah adalah polutan umum yang dapat menyebabkan turunnya nilai estetika lingkungan, membawa berbagai jenis penyakit, menurunkan sumber daya, menimbulkan polusi, menyumbat saluran air dan berbagai akibat negatif lainnya. Demikian pula menurut Mustofa (2005), sampah adalah bahan yang tidak mempunyai nilai atau tidak berharga dalam pembuatan atau pemakaian, barang rusak atau bercacat dalam pembuatan atau materi berkelebihan.

Menurut Standart Nasional Indonesia (SNI) Nomor T-13-1990, yang dimaksud dengan sampah adalah limbah yang bersifat padat terdiri dari zat organik dan anorganik yang dianggap tidak berguna lagi dan harus dikelola agar



tidak membahayakan lingkungan dan melindungi investasi bangunan. Sampah perkotaan adalah sampah yang timbul di kota dan tidak termasuk sampah bahan berbahaya dan beracun (B3).

Dari definisi yang telah dikemukakan dapat diartikan bahwa sampah adalah barang buangan atau bahan yang sudah tidak bisa dipakai dan tidak/belum mempunyai nilai ekonomi yang merupakan polutan umum terdiri dari zat organik dan anorganik yang dapat mempengaruhi lingkungan sekitar seperti contoh membawa dampak penyakit, mencemari lingkungan dan mengurangi nilai keindahan lingkungan yang harus dikelola dengan baik agar tidak membahayakan lingkungan sekitar.

### **2.3 Pengaruh Sampah Terhadap Lingkungan**

Sampah dapat membawa dampak positif maupun negatif. Pengelolaan sampah di suatu tempat dapat memberikan pengaruh bagi masyarakat ataupun lingkungan sekitar baik itu pengaruh positif ataupun negatif.

#### **2.3.1 Pengaruh Positif**

Pengelolaan sampah tertentu akan membawa dampak yang positif dan negatif. Pengelolaan yang baik dan benar akan membawa dampak yang positif bagi masyarakat dan lingkungan sekitar, misalnya:

- 1) Sampah dapat dimanfaatkan untuk menimbun lahan seperti rawa-rawa dan dataran rendah.
- 2) Sampah dimanfaatkan sebagai pupuk.

- 3) Sampah dapat diberikan untuk makanan ternak setelah menjalani proses pengelolaan yang telah ditentukan lebih dahulu untuk mencegah pengaruh buruk sampah tersebut terhadap ternak.
- 4) Pengelolaan sampah menyebabkan berkurangnya tempat untuk berkembangbiak serangga dan binatang pengerat.
- 5) Menurunkan insidensi kasus penyakit menular yang erat hubungannya dengan sampah.
- 6) Keadaan estetika lingkungan yang bersih menimbulkan kegairahan hidup masyarakat.
- 7) Keadaan lingkungan yang baik mencerminkan kemajuan budaya masyarakat.
- 8) Keadaan lingkungan yang baik akan menghemat pengeluaran dana kesehatan suatu negara sehingga dana itu dapat digunakan untuk keperluan lain (Chandra, 2007).

Untuk saat ini sampah juga dapat diolah menjadi barang yang mempunyai nilai ekonomi. Bungkus plastik, bekas botol minuman bisa dijadikan tas dan barang bernilai lainnya, maka hal itu dapat menambah perekonomian masyarakat.

### **2.3.2 Pengaruh Negatif**

Permasalahan sampah di suatu kawasan diiringi dengan semakin banyaknya timbunan sampah dan kepedulian masyarakat yang masih rendah sehingga suka berperilaku membuang sampah sembarangan, keengganan untuk membuang sampah pada tempat yang sudah disediakan. Perilaku yang buruk ini

seringkali menyebabkan bencana di musim hujan karena drainase tersumbat sampah sehingga terjadi banjir (Hardiatmi, 2011).

Menurut Arbain dan Sudana (2008), pengelolaan sampah yang kurang baik dapat memberikan pengaruh negatif bagi kesehatan, lingkungan, maupun bagi kehidupan sosial ekonomi dan budaya masyarakat sebagai berikut:

a. Pengaruh terhadap kesehatan, antara lain:

- 1) Pengelolaan sampah yang kurang baik akan menjadikan sampah sebagai tempat perkembangbiakan vektor penyakit.
- 2) Insidensi penyakit demam berdarah (*dengue fever*) akan meningkat karena vektor penyakit akan hidup dan berkembangbiak dalam sampah kaleng atau ban bekas yang berisi air hujan.
- 3) Terjadinya kecelakaan akibat pembuangan sampah yang tidak pada tempatnya, misalnya luka akibat benda tajam seperti pecahan kaca, potongan besi, paku dan lain-lain.
- 4) Gangguan psikologis, misalnya sesak nafas, insomnia, stress dan lain-lain.

b. Pengaruh terhadap lingkungan, antara lain:

- 1) Estetika lingkungan menjadi kurang enak dipandang mata.
- 2) Proses pembusukan sampah oleh mikroorganisme akan menghasilkan gas-gas tertentu yang menimbulkan bau busuk.
- 3) Pembakaran sampah dapat menimbulkan pencemaran udara dan bahaya kebakaran yang lebih luas.

- 4) Pembuangan sampah ke dalam saluran pembuangan air terganggu dan saluran air menjadi dangkal.
  - 5) Apabila musim hujan datang, sampah yang menumpuk dapat menyebabkan banjir dan mengakibatkan pencemaran pada sumber air permukaan atau sumur dangkal.
  - 6) Air banjir dapat mengakibatkan kerusakan pada fasilitas masyarakat, seperti jalan, jembatan dan saluran air.
- c. Pengaruh terhadap sosial ekonomi dan budaya masyarakat, antara lain:
- 1) Pengelolaan sampah yang kurang baik mencerminkan keadaan sosial budaya masyarakat setempat.
  - 2) Keadaan lingkungan kurang baik dan jorok, akan menurunkan daya tarik wisatawan untuk datang berkunjung ke daerah tersebut.
  - 3) Dapat menyebabkan terjadinya perselisihan antara penduduk setempat dan pihak pengelola karena bau busuk yang sangat mengganggu.
  - 4) Angka kesakitan meningkat dan mengurangi hari kerja sehingga produktivitas masyarakat menurun.
  - 5) Kegiatan perbaikan lingkungan yang rusak memerlukan dana yang besar sehingga dana untuk sektor lain akan berkurang.
  - 6) Menurunnya pemasukan daerah (devisa) akibat penurunan jumlah wisatawan yang berkunjung sehingga akan berdampak pada penurunan penghasilan masyarakat setempat.
  - 7) Penurunan mutu dan sumber daya alam sehingga mutu produksi menurun dan tidak memiliki nilai ekonomis.

- 8) Penumpukan sampah dipinggir jalan menyebabkan kemacetan lalu lintas yang dapat menghambat kegiatan transportasi barang dan jasa.

Berdasarkan pendapat tentang pengaruh negatif sampah tersebut di atas dapat dikatakan bahwa pengelolaan sampah yang kurang baik dapat menimbulkan dampak pencemaran yang tidak hanya lingkungan saja akan tetapi sampai ke dampak pencemaran sosial ekonomi dan budaya masyarakat penduduk setempat. Adapun komponen yang dapat dipengaruhi akibat pencemaran sampah adalah semua komponen lingkungan abiotik, biotik dan kultural.

Ditinjau dari komponen abiotik, sampah dapat mencemari udara, air dan tanah. Dari unsur kimiawi, sampah dapat menjadi sarang berbagai kuman yang dapat menyebabkan penyakit yang dapat mengancam kesehatan manusia. Apabila ditinjau dari segi sosial budaya, sampah dapat menyebabkan lingkungan yang tidak bersih dan dapat mengganggu kesehatan lingkungan. Jika Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah masih melakukan pembuangan dengan cara sampah ditumpuk dan dibiarkan pada tempat terbuka atau disebut dengan sistem *open dumping* maka, akan mengurangi nilai estetika lingkungan.

#### **2.4 Sistem Pemrosesan Akhir Sampah**

Menurut Azwar (1990), pengolahan sampah adalah perlakuan terhadap sampah yang bertujuan memperkecil atau menghilangkan masalah-masalah yang berkaitan dengan lingkungan. Dengan pengolahan yang baik maka sampah yang diolah tidak menjadi tempat berkembangbiaknya bibit penyakit serta tidak menjadi perantara penyebarluasan suatu penyakit. Pengolahan sampah yang baik

juga harus bisa untuk menjaga agar tidak mencemari udara, air atau tanah, tidak menimbulkan bau dan tidak menimbulkan kebakaran.

Menurut Feranie *et al.* (2008), pengolahan sampah adalah metode pemrosesan akhir yang dilakukan dengan teknik penimbunan sampah. Cara penimbunan yang paling sederhana ialah penimbunan terbuka, yaitu sampah dikumpulkan begitu saja di suatu tempat yang jauh dari aktifitas masyarakat, sehingga tidak mengganggu lingkungan sekitar. Penimbunan sampah dengan tanah akan ada proses dekomposisi yang berlangsung di bawah tanah, sehingga jika ada kuman yang berbahaya tidak akan menyebar luas ke udara. Tujuan utama dalam penimbunan akhir adalah menyimpan sampah padat untuk menjamin keamanan lingkungan sekitar dengan cara yang tepat, dengan cara mengonversi sampah menjadi tanah, dan merubahnya ke dalam siklus metabolisme alam.

Menurut Damanhuri (1995) lokasi penimbunan sampah juga harus memiliki persyaratan sebagai berikut:

- 1) Lahan yang terpilih memberikan nilai tertinggi yang ditinjau dari beberapa aspek, yaitu aspek kesehatan masyarakat, lingkungan hidup, ekonomi dan sosial budaya.
- 2) Pemilihan yang dibuat harus bisa dipertanggungjawabkan dalam arti harus ditunjukkan secara jelas bagaimana dan mengapa suatu lokasi dipilih di antara yang lain.

Tempat Pembuangan Akhir (TPA) merupakan kegiatan akhir dalam mengelola sampah. Dalam peraturan perundang-undangan KLH (2004) tempat pemrosesan akhir ini harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- 1) Tercakup dalam tata ruang kota.
- 2) Jenis tanah harus kedap air.
- 3) Tanah yang tidak produktif untuk pertanian.
- 4) Dapat digunakan minimal 5-10 tahun.
- 5) Bukan daerah potensial untuk mencemari sumber air.
- 6) Jarak daerah pusat pelayanan kurang lebih 10 km.
- 7) Merupakan daerah bebas banjir.

Supanca (2003), menyatakan ada tiga sistem pemrosesan akhir sampah antara lain:

1. *Sistem Open Dumping*

Merupakan sistem tertua yang dikenal manusia dalam pemrosesan sampah. Sampah hanya dibuang atau ditimbun disuatu tempat tanpa adanya perlakuan khusus sehingga dapat menimbulkan gangguan pencemaran lingkungan sekitar, seperti pada Gambar 2.2.

Untuk sekarang ini metode *open dumping* tidak direkomendasikan lagi di Indonesia karena banyaknya potensi pencemaran di lingkungan sekitar.



Gambar 2.2 Sistem *Open Dumping* di TPA Secara Umum

Seperti yang tertera pada Pasal 29 UU No. 18 Tahun (2008), setiap orang dilarang untuk melakukan penanganan sampah dengan pembuangan terbuka di tempat pemrosesan akhir. Pemerintah daerah harus menutup tempat pemrosesan akhir sampah yang menggunakan sistem pembuangan terbuka paling lama lima (5) tahun terhitung tanggal diberlakukannya Undang-Undang tersebut.

Dari semua jenis pengolahan sampah, sistem *open dumping* inilah yang paling praktis yang sering dijumpai di negara berkembang. Karena sampah hanya ditumpuk secara terus menerus di lahan terbuka, tanpa diberi lapisan geotekstil untuk menahan cairan lindi yang dapat mencemari air tanah. Sampah ditumpuk tanpa ada pengolahan lebih lanjut dan hanya dibiarkan terbuka saja. Akan tetapi, kepraktisan metode ini menimbulkan masalah-masalah muncul di lingkungan sekitar TPA. Masalah tersebut misalnya, sampah yang menumpuk dapat mengurahi nilai keindahan



lingkungan, dapat mempengaruhi kesehatan, serta kenyamanan lingkungan sekitar.

Metode *open dumping* akan menyebabkan:

- 1) Terjadi pencemaran udara berupa gas, bau dan debu.
  - 2) Terjadi pencemaran air tanah karena terbentuknya lindi.
  - 3) Resiko terjadinya kebakaran cukup besar.
  - 4) Mudah terjadi kabut yang ditimbulkan oleh asap.
  - 5) Mendorong tumbuhnya sarang-sarang vektor penyakit (tikus, lalat, nyamuk dan lain-lain).
  - 6) Mengurangi estetika lingkungan.
  - 7) Lahan tidak dapat digunakan kembali untuk waktu yang cukup lama.
2. Sistem *Control Landfill*

Adalah sistem urug terkendali dengan cara sampah di hamparkan pada lokasi cekungan dan permukaannya diratakan serta ditutupi tanah pada ketebalan tertentu yang dilakukan secara periodik. Metode ini merupakan peningkatan dari sistem *open dumping*, sampah yang ditimbun dengan lapisan tanah bertujuan untuk mengurangi potensi gangguan lingkungan yang dapat ditimbulkan. Dengan dilakukan pemadatan dan perataan juga mempunyai tujuan untuk meningkatkan efisiensi pemanfaatan lahan dan kestabilan permukaan tanah TPA. Di Indonesia, metode *control landfill* dianjurkan untuk ditetapkan di kota sedang dan kota kecil, misalnya di TPA sampah Desa Bandengan Kabupaten Jepara sudah menerapkan sistem ini, seperti yang terlihat pada Gambar 2.3.

Pada awalnya pemerintah Kabupaten Jepara menerapkan sistem *sanitary landfill* akan tetapi terkendala biaya operasional yang sangat besar, sehingga diterapkan sistem *control landfill* sebagai peningkatan sistem sebelumnya yang masih menggunakan sistem *open dumping*.



Gambar 2.3 Sistem *Control Landfill* di TPA Sampah Desa Bandengan Kabupaten Jepara

Untuk dapat menerapkan sistem ini diperlukan penyediaan beberapa fasilitas diantaranya :

- 1) Saluran drainase untuk mengendalikan air hujan.
- 2) Saluran pengumpul lindi dan kolam penampungan.
- 3) Pos pengendalian operasional.
- 4) Fasilitas pengendalian gas metan.
- 5) Alat berat untuk memadatkan sampah dan menimbun sampah dengan tanah.

Sistem *control landfill* ini merupakan bentuk perapian dari sistem *open dumping*. Perbedaan dari kedua sistem tersebut hanyalah pada pemadatan sampahnya saja yang lebih dikontrol, sehingga pada sistem

*control landfill* sampahnya tidak terlalu menggunung dan memampatkan gas yang terwujud dari sela-sela sampah. Namun tetap saja pada sistem ini juga belum bisa mengurangi jumlah sampah yang menumpuk, belum dapat menghindari adanya perkembangbiakan lalat dan tikus, belum dapat mencegah penyebaran penyakit dan masih bisa terjadi pencemaran air tanah akibat air lindi yang tidak dikontrol sempurna.

### 3. Sistem *Sanitary Landfill*

Adalah penutupan sampah dengan lapisan tanah yang dilakukan setiap hari sehingga sampah tidak menumpuk dan dapat mengurangi pengaruh terhadap lingkungan. Pada sistem ini sampah dibuang ke TPA (Tempat Pembuangan Akhir) sampah, pada permukaan cekungan tempat pembuangan sampah yang dilapisi lapisan geotekstil bertujuan agar saluran lindi tidak meresap ke dalam tanah, kemudian dipadatkan dengan traktor dan selanjutnya ditutup tanah. Penimbunan sampah dengan tanah dapat mengurangi dampak pencemaran udara di lingkungan sekitar. Pada bagian dasar tempat tersebut juga dilengkapi dengan sistem saluran air lindi yang sebelumnya harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke sungai atau ke lingkungan, seperti pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Sistem *Sanitary Landfill*

## 2.5 Pengaruh Air Lindi terhadap Kualitas Air Tanah

Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah memiliki fungsi yang sangat penting, yaitu sebagai tempat pengolahan sampah yang baik, sampah akan didaur ulang sebagai kompos atau sampah bisa disortir oleh pemulung sebelum ditimbun. Jumlah sampah yang sangat besar akan menyebabkan proses dekomposisi alamiah yang besar pula. Proses dekomposisi tersebut akan menjadikan sampah sebagai pupuk organik dengan hasil samping air lindi.

Lindi dapat didefinisikan sebagai suatu cairan yang muncul dari hasil timbunan sampah yang memiliki kandungan senyawa pencemar khususnya zat organik yang sangat tinggi. Air lindi bersifat toksik karena adanya zat pengotor dalam timbunan sampah yang berasal dari buangan limbah industri, lumpur hasil pengolahan limbah, limbah rumah tangga yang berbahaya atau dari resapan air hujan dari sampah itu sendiri.

Tabel 2.1 Komposisi Lindi Dari TPA Secara Umum

Parameter	Kisaran
Ph	6,2-7,4
COD	66-11.600 mg/l
BOD	<2-8000 mg/l
Sulfat	56-456mg/l
Cadmium (Cd)	<0.005-0.01 mg/l
Plumbum (Pb)	<0.05-0.22 mg/l
Chromin (Cr)	<0.05-0.14 mg/l

Sumber: Diklat Landfilling Limbah-FTSL ITB (2008)

Menurut Juandi (2009: 3), nilai resistivitas batuan yang rendah dipengaruhi oleh kandungan COD (kebutuhan oksigen kimiawi) yang tinggi daripada kandungan BOD (kebutuhan oksigen biologis) karena lindi memiliki kandungan COD (kebutuhan oksigen kimiawi) yang lebih besar sehingga secara umum kondisi bawah tanah di sekitar TPA yang tercemar oleh lindi dominan memiliki nilai resistivitas yang rendah.

Menurut Tanauma (2000), menyatakan bahwa air lindi dicirikan oleh komponen fisika dan kimia berkadar tinggi dan mengandung logam berat berbahaya. Menurut Slamet (1994), air lindi (*leachate*) adalah cairan yang mengandung zat tersuspensi yang sangat halus dari hasil penguraian mikroba, biasanya terdiri atas Ca, Mg, Na, K, Fe, Klorida, Sulfat, Fosfat, Zn, Ni, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, Asam organik, dan H<sub>2</sub>. Tergantung dari kualitas sampah, di dalam lindi biasanya terdapat mikroba patogen, logam berat dan zat lain yang berbahaya. Kualitas lindi juga tergantung dari beberapa hal, seperti variasi dan proporsi komponen sampah yang ditimbun, curah hujan dan musim, umur timbunan, pola operasional, waktu dilakukannya sampling. Lindi dari landfill

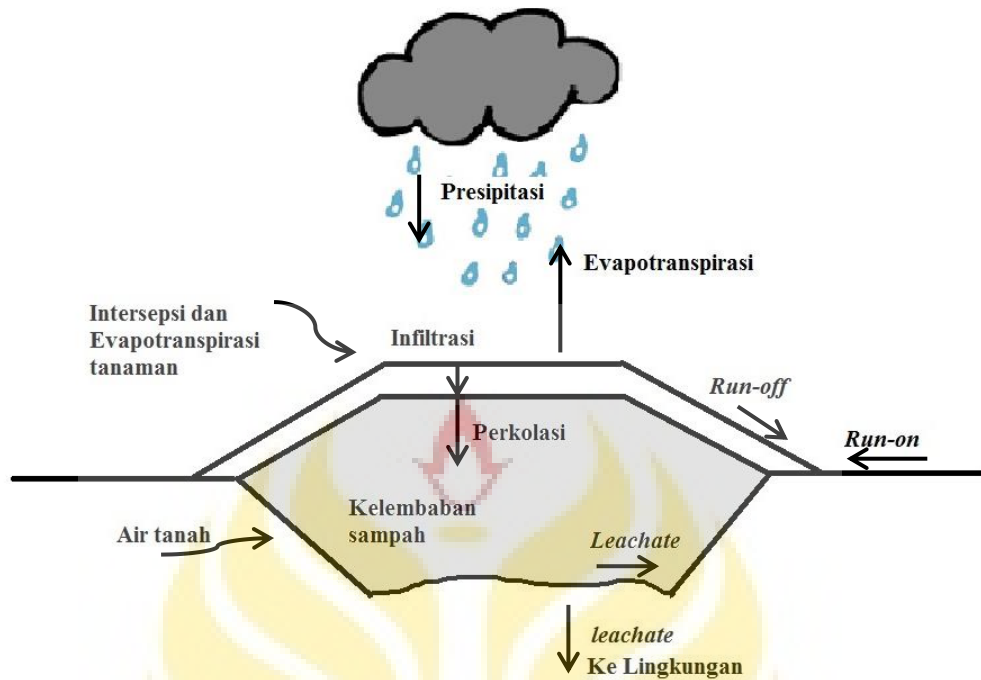
bersifat asam lemah, berkandungan organik yang tinggi, mempunyai ion-ion terlarut yang juga tinggi serta rasio BOD/COD relatif tinggi (Damanhuri, 2008).

Air lindi sangat berpotensi mencemari air tanah ataupun air yang ada di permukaan, oleh karena itu lindi harus bisa ditangani dengan baik. Hal ini dikemukakan oleh Ehrig (1993), sebagai berikut:

- 1) Air permukaan yang tercemar air lindi dengan kandungan zat organik tinggi, pada proses penguraian secara biologis akan menghabiskan kandungan oksigen dalam air dan akhirnya seluruh kehidupan dalam air yang tergantung oleh keberadaan oksigen terlarut akan mati.
- 2) Air tanah yang terpolusi oleh air lindi dengan konsentrasi tinggi, polutan tersebut akan berada dan tetap ada pada air tanah tersebut dalam jangka waktu yang lama, karena terbatasnya oksigen terlarut sehingga sumber air yang berasal dari tanah tidak sesuai lagi untuk air bersih.

## 2.6 Proses Masuknya Air Lindi ke Air Tanah

Menurut Jagloo (2002), air tanah tidaklah statis melainkan bergerak karena adanya perbedaan gradient hidrolika (kemiringan air tanah). Aliran ini menyebabkan air tanah yang terkontaminasi mengalir mengikuti sistem alirannya sehingga dapat mencapai air tanah. Air lindi akan semakin cepat mencapai air tanah karena didukung oleh kondisi tanah yang bersifat *permeable*, seperti pasir, kerikil dan batu pasir. Selain batuan yang dapat mempengaruhi aliran lindi, kontur pada setiap lokasi TPA akan selalu mempengaruhi penyebaran serta aliran lindi tersebut.



Gambar 2.5 Skema Proses Terjadinya Lindi (Hendrajaya dan Idam, 1990)

Menurut Todd (1980), air lindi dicirikan bahwa pada daerah yang bercurah hujan tinggi, air lindi menjadi lebih mudah terbentuk dan jumlahnya akan lebih banyak. Proses masuknya air lindi kedalam lapisan air tanah, terutama air dangkal (sumur), terlihat pada Gambar 2.5 melalui proses sebagai berikut:

- 1) Air lindi ditemukan pada lapisan tanah yang digunakan sebagai penimbunan sampah, yaitu kira-kira berjarak 2 meter di bawah permukaan tanah.
- 2) Apabila lindi masuk kedalam air tanah maka di permukaan tanah dijenuhi oleh air.

- 3) Akibat adanya faktor hujan akan mempercepat air lindi masuk ke dalam lapisan tanah yang kira-kira kedalamannya 10 meter di bawah permukaan tanah.
- 4) Akibat banyaknya air lindi yang terbentuk menyebabkan air lindi masuk ke lapisan air tanah dangkal.
- 5) Pada lapisan air tanah dangkal tersebut, akan tercemari air lindi dimana air tanah yang dangkal tersebut masih dimanfaatkan untuk sumber air minum atau air yang digunakan untuk kehidupan sehari-hari melalui sumur dangkal.

Menurut Apparao (1997), potensial gravitasi sangat penting dalam tanah-tanah yang jenuh air. Potensial gravitasi merupakan gaya utama yang mengakibatkan terjadinya aliran. Hal ini diperhitungkan terutama untuk gerakan air lindi yang menembus tanah yang pada umumnya bergerak dari elevasi tinggi ke elevasi rendah.

## **2.7 Sifat Kelistrikan Batuan dan Tanah**

Menurut Telford *et al.*, (1990:286) aliran listrik di dalam batuan dan mineral dapat digolongkan menjadi tiga macam, yaitu konduksi secara elektronik, konduksi secara elektrolitik, dan konduksi secara dielektrik.

### **1. Konduksi secara Elektronik**

Konduksi secara elektronik terjadi karena batuan atau mineral mengandung banyak elektron bebas yang dapat mengalirkan arus listrik. Aliran listrik pada batuan dipengaruhi oleh sifat batuan atau mineral yang dilaluinya. Salah satu sifat batuan atau mineral tersebut adalah resistivitas, yang menunjukkan kemampuan



bahan tersebut untuk menghambat arus listrik. Semakin besar nilai resistivitas suatu bahan maka semakin sulit bahan tersebut untuk menghantarkan arus listrik.

## 2. Konduksi secara Elektrolitik

Konduksi secara elektrolitik terjadi jika batuan atau mineral bersifat konduktor elektrolitik terhadap aliran arus listrik, artinya konduksi arus listrik dibawa oleh ion-ion elektrolitik dalam air. Batuan tersebut biasanya bersifat porus yang terisi oleh fluida, terutama air. Konduktivitas dan resistivitas batuan porus bergantung pada volume dan susunan pori-porinya. Konduktivitas akan semakin besar jika kandungan air dalam batuan bertambah banyak dan sebaliknya resistivitas akan semakin besar jika kandungan air dalam batuan berkurang.

Menurut Wiryoatmojo (1988:146-147), pada larutan encer elektrolit kuat, ion-ionnya bergerak lebih bebas karena gaya antar ion yang menghambat gerakan menjadi lebih kecil. Jadi kenaikan pada daya hantar ekuivalen pada pengenceran larutan elektrolit kuat adalah akibat dari kenaikan kebebasan ion-ionnya untuk bergerak.

## 3. Konduksi secara Dielektrik

Konduksi ini terjadi jika batuan atau mineral bersifat dielektrik terhadap aliran arus listrik, artinya batuan atau mineral tersebut mempunyai elektron bebas sedikit, bahkan tidak sama sekali. Elektron dalam batuan berpindah dan berkumpul terpisah dalam inti karena adanya pengaruh medan listrik di luar, sehingga terjadi polarisasi. Peristiwa ini bergantung pada konduksi dielektrik batuan yang bersangkutan seperti mika.

### 2.7.1 Resistivitas Batuan

Menurut Telford *et al.* (1990: 289), resistivitas batuan merupakan kemampuan suatu batuan dalam menghambat aliran arus. Berdasarkan nilai resistivitasnya, suatu bahan dapat digolongkan menjadi tiga yaitu konduktor, isolator dan semikonduktor. Konduktor merupakan suatu bahan yang memiliki resistivitas kurang dari  $10^{-8} \Omega\text{m}$ , isolator memiliki resistivitas lebih dari  $10^7 \Omega\text{m}$ . Sedangkan dengan resistivitas diantara kedua bahan tersebut dapat didefinisikan sebagai bahan semikonduktor. Di dalam konduktor berisi banyak elektron bebas dengan gerakan yang sangat tinggi. Bahan semikonduktor memiliki jumlah elektron bebas lebih sedikit, sedangkan isolator dicirikan dengan ikatan ionik sehingga elektron-elektron valensi tidak bebas bergerak.

Berdasarkan harga resistivitas listriknya, batuan dan mineral dapat dikelompokkan menjadi tiga macam (Telford, 1990) yaitu:

1. Konduktor baik :  $10^{-8} < \rho < 1 \Omega\text{m}$
2. Konduktor pertengahan :  $1 < \rho < 10^7 \Omega\text{m}$
3. Isolator :  $\rho > 10^7 \Omega\text{m}$

Setiap material di dalam bumi mempunyai rentang resistivitas yang berbeda-beda seperti pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Nilai Resistivitas Bahan (Telford *et al.*, (1990: 185-190))

Bahan	Resistivitas ( $\Omega\text{m}$ )
Udara	~
Kwarsa	$4 \times 10^{10}$ s.d. $2 \times 10^{14}$
Kalsit	$1 \times 10^{12}$ s.d. $1 \times 10^{13}$
Batuan Garam	30 s.d. $1 \times 10^{13}$
Granit	$10^2$ s.d. $1 \times 10^6$
Batuan Gamping	50 s.d. $1 \times 10^7$
Batuan Pasir	1 s.d. $8 \times 10^3$
Batuan Serpih	20 s.d. $1 \times 10^3$
Pasir	1-1000
Lempung dan tanah	1 s.d. $10^2$
Air Tanah	0.5 s.d. $3 \times 10^2$
Air Laut	0.2
Air Lindi	<10
Tuff	$2 \times 10^3$ (basah) $10^5$ (kering)

### 2.7.2 Rumus Dasar Listrik

Dalam metoda geolistrik ini digunakan definisi-definisi:

- Resistansi  $R=V/I$  dalam  $\Omega$
- Resistivitas  $\rho=E/J$  dalam  $\Omega\text{m}$
- Konduktivitas  $\sigma=1/\rho$  dalam  $(\Omega\text{m})^{-1}$

Dengan

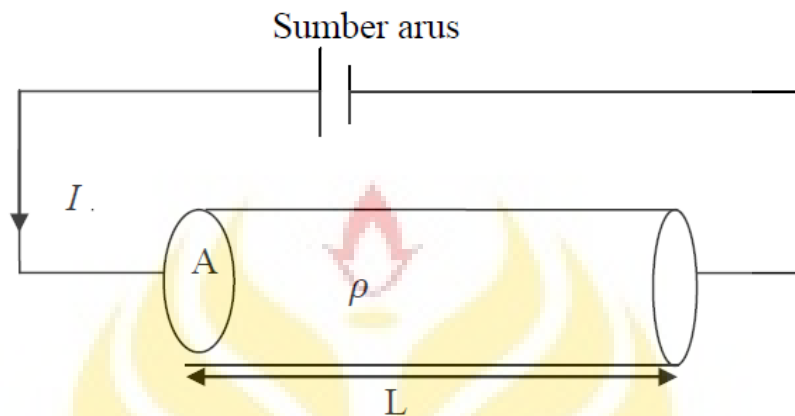
$V$  : beda potensial

$I$  : besar arus listrik yang mengalir

$E$  : medan listrik

$J$  : rapat arus listrik (arus listrik persatuan luas)

Jika ditinjau dari suatu silinder konduktor dengan panjang  $L$  (m), luas penampang  $A$  (m<sup>2</sup>) dan resistivitas  $\rho$  ( $\Omega\text{m}$ ), maka dapat dirumuskan dan digambarkan seperti pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Silinder Konduktor Dengan Panjang  $L$  (m), Luas Penampang  $A$  (m<sup>2</sup>) yang Dialiri Arus Listrik  $I$

Maka resistansi  $R$  dapat dirumuskan:

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (2.1)$$

Secara fisis rumus tersebut dapat diartikan jika panjang silinder konduktor ( $L$ ) dinaikkan, maka resistansi akan meningkat dan apabila luas penampang ( $A$ ) berkurang maka resistansi juga meningkat. Dimana tahanan jenis adalah resistivitas dalam  $\Omega\text{m}$  dan  $J$  adalah rapat arus (Ampere/m<sup>2</sup>) dan  $E$  adalah medan listrik (Hendrajaya dan Idam, 1990).

Sedangkan menurut hukum Ohm resistansi  $R$  dapat dirumuskan:

$$R = \frac{V}{I} \quad (2.2)$$

Dengan  $V$  adalah tegangan (Volt) dan  $I$  adalah arus listrik (Ampere), sehingga

Persamaan 2.1 dan 2.2 tersebut didapatkan nilai resistivitas ( $\rho$ ) sebesar:

$$\rho = \frac{VA}{IL} \quad (2.3)$$

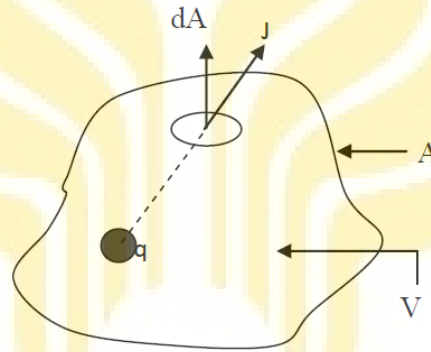
Banyak orang sering menggunakan sifat konduktivitas ( $\sigma$ ) batuan yang merupakan kebalikan dari resistansi ( $\rho$ ) dengan satuan  $\Omega\text{m}$ .

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{IL}{VA} = \left(\frac{I}{V}\right) = \left(\frac{L}{A}\right) = \frac{J}{E} \quad (2.4)$$

Dengan  $J$  adalah rapat arus ( $\text{A}/\text{m}^2$ ) dan  $E$  adalah medan listrik ( $\text{V}/\text{m}$ ).

### 2.7.3 Aliran Listrik Dalam Bumi

Jika ditinjau suatu medium homogen isotropik yang dialiri arus listrik searah  $I$  (diberi medan listrik  $E$ ) seperti pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Medium Homogen Isotropis Dialiri Arus Listrik

Maka elemen arus listrik  $dI$  yang melalui elemen luas  $dA$  dengan kerapatan arus  $J$  adalah:

$$dI = \vec{j} \cdot d\vec{A} \quad (2.5)$$

$$\vec{j} = \sigma \vec{E} \text{ (Hukum Ohm)} \quad (2.6)$$

Dengan  $\sigma$  adalah konduktivitas medium dalam Volt/meter. Maka besarnya medan listrik dapat dinyatakan dalam :

$$\vec{E} = -\nabla V \quad (2.7)$$

Sehingga rapat arusnya menjadi:

$$\vec{j} = -\sigma \nabla V \quad (2.8)$$

Jika di dalam medium tidak ada sumber arus, maka

$$I = \oint_s \vec{j} \cdot d\vec{A} = 0 \quad (2.9)$$

Sesuai teorema Divergensi

$$I = \oint_s \vec{j} \cdot d\vec{A} = \oint_v (\nabla \cdot \vec{j}) dV = 0 \quad (2.10)$$

Sehingga hukum kekekalan muatan

$$\nabla \cdot \vec{j} = \nabla \cdot (-\sigma \nabla V) \quad (2.11)$$

$$-\sigma \nabla \cdot (\nabla V) = -\sigma \nabla^2 V = 0 \quad (2.12)$$

Karena  $\neq 0$ , maka  $\nabla^2 V = 0$

Persamaan (2.12) disebut persamaan *Laplace*, dalam koordinat bola operator

Laplacian berbentuk:

$$\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left( r^2 \frac{\partial V}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left( \sin \theta \frac{\partial V}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial^2 V}{\partial \phi^2} = 0 \quad (2.13)$$

Karena anggapan homogen dari sistem yang ditinjau maka potensial hanya merupakan fungsi dari jarak  $r$  atau  $V(r)$ , sehingga persamaan *Laplace* dalam koordinat bola menjadi:

$$\nabla^2 V = \frac{d}{dr} \left( r^2 \frac{dV}{dr} \right) = 0 \quad (2.14)$$

Integrasi dua kali berturut-turut persamaan 2.14 menghasilkan:

$$\int r^2 \frac{dV}{dr} dr = 0 \quad (2.15)$$

$$\int \frac{dV}{dr} = C_1 \quad (2.16)$$

$$\int \frac{dV}{dr} = \int \frac{C_1}{r^2} dr \quad (2.17)$$

$$V(r) = \int \frac{C_1}{r^2} dr \quad (2.18)$$

$$V(r) = \frac{C_1}{r^2} + C_2 \quad (2.19)$$

$C_1$  dan  $C_2$  adalah konstanta sembarang. Nilai konstanta tersebut ditentukan dengan menerapkan syarat batas yang harus dipenuhi potensial  $V(r)$ , yaitu:

1. Pada  $r = \infty$  (jarak sangat jauh)

$$V(\infty) = 0, \text{ sehingga } C_2 = 0$$

$$V(r) = \frac{C_1}{r}$$

2. Potensial disekitar titik arus dipermukaan bumi

Permukaan yang dialiri arus  $I$  adalah permukaan setengah bola dengan luas  $2\pi r^2$  sehingga:

$$V(r) = \frac{I\rho}{2\pi r} \quad (2.21)$$

$$J = \sigma E$$

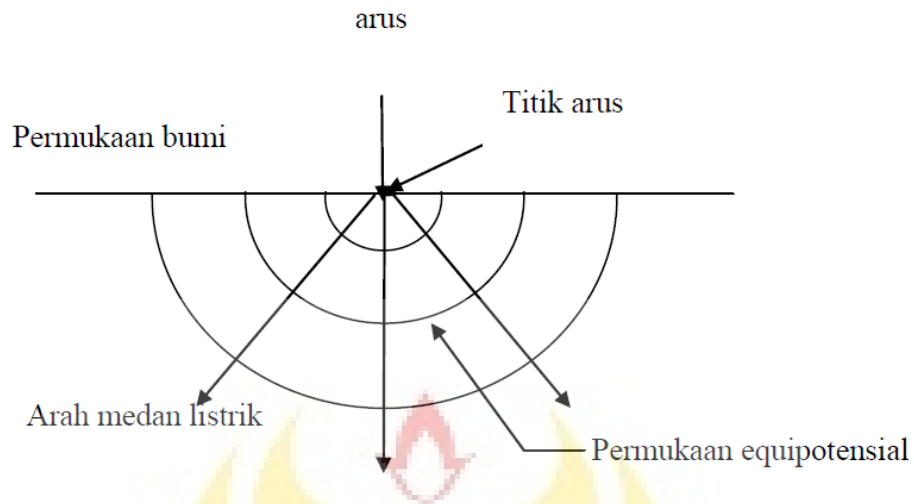
$$\frac{I}{A} = \frac{I V}{\rho r}$$

$$\frac{I}{2\pi r^2} = \frac{I V}{\rho r}$$

$$V = \frac{I\rho}{2\pi r^2}$$

$$\rho = 2\pi r \frac{V}{I} \quad (2.22)$$

Jika suatu elektroda arus ditempatkan di permukaan bumi maka konduktivitas udara nol, sehingga garis equipotensial yang terjadi membentuk permukaan setengah bola seperti pada Gambar 2.8.

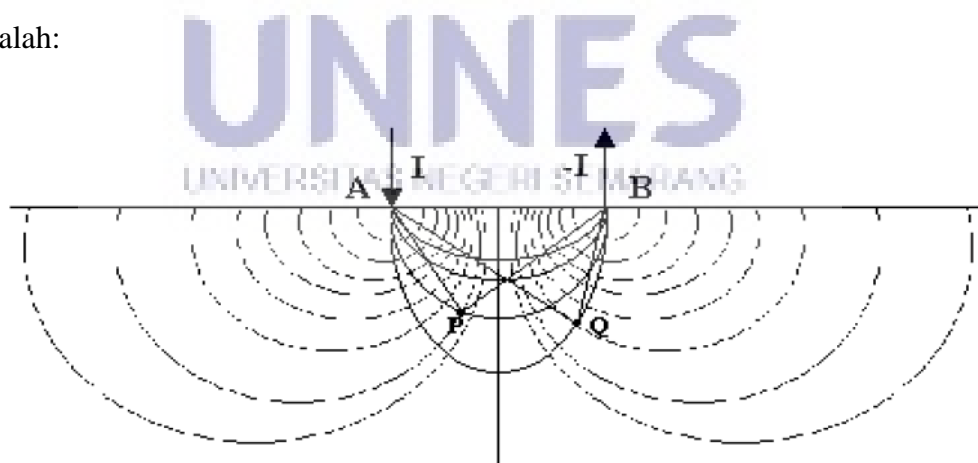


Gambar 2.8 Potensial Di Sekitar Titik Arus pada Permukaan Bumi

## 2.8 Faktor Geometri

Besaran koreksi letak kedua elektroda potensial terhadap kedua elektroda arus disebut faktor geometri (Hendrajaya dan Idam, 1990).

Jika pada permukaan bumi diinjeksikan dua sumber arus yang berlawanan polaritasnya seperti pada Gambar 2.9, maka besarnya potensial disuatu titik P adalah:



Gambar 2.9 Permukaan Equipotensial dan Arah Aliran Arus Listrik Akibat Dua Sumber Arus ( $I$  dan  $-I$ ) Di Permukaan Bumi Homogen



$$\begin{aligned}
 V_{(p)} &= \frac{\rho l}{2\pi r_1} - \frac{\rho l}{2\pi r_2} \\
 &= \frac{\rho l}{2\pi} \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)
 \end{aligned}
 \tag{2.23}$$

Dengan:

$r_1$ : Jarak dari titik P ke sumber arus positif

$r_2$ : Jarak dari titik P ke sumber arus negatif

Jika ada dua titik yaitu P dan Q yang terletak didalam bumi tersebut, maka besarnya beda potensial antara titik P dan titik Q adalah:

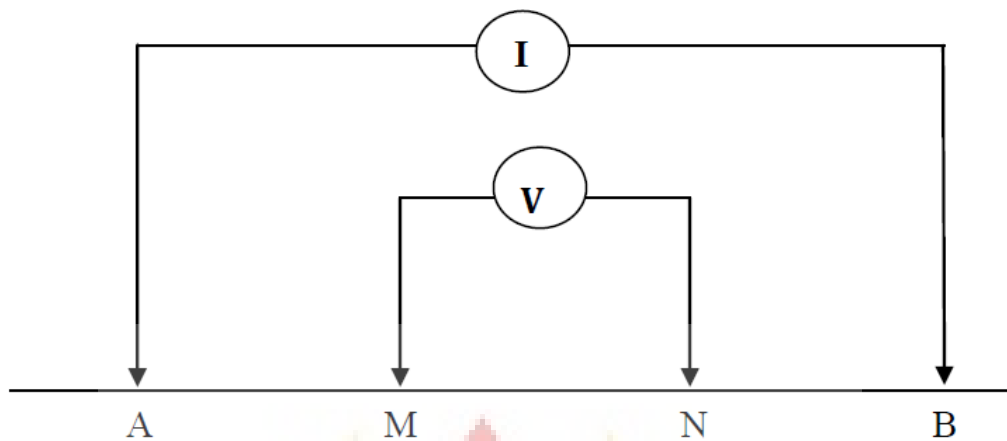
$$\begin{aligned}
 V_{pq} &= V_p - V_q \\
 &= \left\{ \frac{\rho l}{2\pi} \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \right\} - \left\{ \frac{\rho l}{2\pi} \left( \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\} \\
 &= \frac{\rho l}{2\pi} \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} \right)
 \end{aligned}
 \tag{2.24}$$

dengan,

$r_3$ : jarak titik Q ke sumber arus positif

$r_4$ : jarak titik Q ke sumber arus negatif

Pada metode geolistrik, pengukuran potensial dilakukan dengan menggunakan dua buah elektroda potensial seperti pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Letak Elektroda Arus dan Elektroda Potensial pada Permukaan Bumi

$$\Delta V = \frac{\rho I}{2\pi} \left\{ \frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN} \right\}$$

$$\rho = \frac{2\pi}{\left\{ \frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN} \right\}} \frac{\Delta V}{I}$$

$$= K \frac{\Delta V}{I}$$

Dengan,

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

Atau

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

Maka

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

## 2.9 Metode Geolistrik

Geolistrik adalah salah satu metode geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi dan bagaimana cara mendeteksinya. Pendeteksian meliputi pengukuran medan potensial, arus dan elektromagnetik yang terjadi secara ilmiah maupun akibat penginjeksian arus ke dalam bumi. Selain geolistrik, metode untuk mendeteksi kondisi permukaan bawah tanah adalah metode georadar, pengeboran secara langsung, dll. Akan tetapi dalam penelitian ini difokuskan menggunakan metode geolistrik.

Menurut Hendrajaya dan Idam (1990), metode geolistrik resistivitas merupakan metode yang mempelajari sifat resistivitas (tahanan jenis) listrik dari lapisan batuan di dalam bumi. Pada metode ini arus listrik diinjeksikan ke dalam bumi melalui dua buah elektroda arus dan dilakukan pengukuran beda potensial melalui dua buah elektroda potensial. Dari hasil pengukuran arus dan beda potensial listrik akan dapat dihitung variasi harga resistivitas pada lapisan permukaan bumi di bawah titik ukur (*Sounding Point*). Pada metode geolistrik ada beberapa konfigurasi elektroda, diantaranya yang sering digunakan adalah konfigurasi *Wenner*, konfigurasi *Schlumberger* dan konfigurasi *Dipole-dipole*.

Menurut Telford *et al.* (1990), terkait dengan sifat resistivitas listrik, lapisan akuifer merupakan lapisan batuan yang memiliki rentang nilai tahanan jenis  $1-10^8 \Omega\text{m}$ . Faktor-faktor yang mempengaruhi antara lain: komposisi litologi, kondisi batuan, komposisi mineral yang dikandung, kandungan benda cair. Air akan mengandung zat padat terlarut yang berasal dari mineral dan garam-garam yang terlarut ketika air mengalir di bawah atau di permukaan tanah. Apabila air

dicemari oleh limbah yang berasal dari industri pertambangan dan pertanian, kandungan zat padat tersebut akan meningkat.

Hukum fisika yang mendasari *resistivity* adalah hukum Ohm, arus yang mengalir ( $I$ ) pada suatu medium sebanding dengan *voltage* ( $V$ ) yang terukur dan berbanding terbalik dengan resistansi ( $R$ ) dan medium (berupa konstanta) dengan perumusan pada Persamaan 2.25.

$$\Delta V = I \cdot R \quad (2.25)$$

$$R = \frac{\Delta V}{I}$$

dimana:

$R$  = tahanan (*resistance*) dalam Ohm

$\Delta V$  = beda potensial listrik dalam Volt

$I$  = arus listrik yang mengalir dalam Ampere

Nilai tahanan jenis ( $\rho$ ) dari bahan atau material berbanding terbalik dengan daya hantar listrik (*conductivity*  $=\sigma$ ).

Resistansi ini (dalam satuan Ohm) berhubungan dengan *resistivity* ( $\rho$ ), sebanding dengan panjang medium yang dialiri ( $x$ ) dan berbanding terbalik dengan luas bidang yang ditembus ( $A$ ) dengan perumusan Persamaan 2.26.

$$R = \rho \left( \frac{x}{A} \right) = \frac{1}{\sigma} \left( \frac{x}{A} \right) \quad (2.26)$$

Dalam praktik, rumusan ini dikembangkan dengan pengukuran pasangan elektroda dan bergantung kepada konstanta yang dibentuk oleh konfigurasi elektroda yang diterapkan ( $k$ ). Secara umum, pengukuran *resistivity* untuk

mendapatkan harga resistivitas semu  $\rho_{app}$  (*apparent resistivity*) dirumuskan dengan Persamaan 2.27.

$$\rho_{app} = k \left( \frac{\Delta V}{I} \right) \quad (2.27)$$

Konfigurasi elektroda yang bertanggungjawab pada konstanta ( $k$ ) ada bermacam-macam. Tetapi yang umum digunakan dalam praktik dan dikenal luas adalah konfigurasi *Schlumberger*, *Wenner* dan *Dipole-Dipole*.

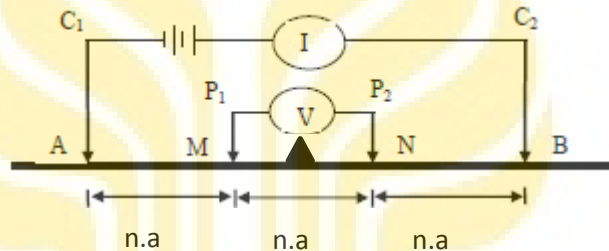
Menurut Reynolds (1997), konduktivitas atau lebih dikenal dengan sebutan Daya Hantar Listrik (DHL) adalah suatu besaran yang menunjukkan banyaknya ion-ion terlarut dalam air yang dapat menghantarkan arus listrik sebesar 1  $\mu$ volt pada bidang lapisan metal seluas 1  $\text{cm}^2$ . Sifat ini dipengaruhi oleh jumlah kandungan yang disebut sebagai ion bebas. Metode geolistrik resistivitas didasarkan pada anggapan bahwa bumi mempunyai sifat homogen isotropis. Pada kenyataannya bumi terdiri dari lapisan-lapisan batuan dengan nilai resistivitas yang berbeda-beda, sehingga potensial yang terukur dipengaruhi oleh lapisan-lapisan tersebut dan menyebabkan nilai tahanan jenis yang terukur bukanlah tahanan jenis yang sebenarnya melainkan tahanan jenis semu ( $\rho_{app}$ ).

### 2.9.1 Konfigurasi *Wenner*

Metode ini diperkenalkan oleh *Wenner* (1915). Konfigurasi *Wenner* merupakan salah satu konfigurasi yang paling sering digunakan dalam eksplorasi geolistrik. Mekanisme pengukuran yang digunakan adalah dengan memasang 4 (empat) elektroda yang terletak dalam satu garis dan simetris pada titik tengah.

Kemudian menginjeksikan arus listrik ke dalam bumi melalui elektroda arus, kemudian diukur kuat arus maupun beda potensial yang terjadi di permukaan bumi.

Dalam metode ini, elektroda dipasang dengan susunan jarak sama panjang,  $AM = MN = NB = a$ . Jarak antar elektroda arus adalah tiga kali jarak elektroda potensial. Jarak potensial dengan titik pengukuran adalah  $a/2$ , maka jarak masing-masing elektroda arus dengan titik pengukuran adalah  $3a/2$ .



Gambar. 2.11 Elektroda Arus dan Potensial Pada Konfigurasi *Wenner*

Target kedalaman yang mampu dicapai pada metode ini adalah  $a/2$ . Pada konfigurasi *Wenner* jarak antara elektroda arus dan elektroda potensial adalah sama ( $AM = NB = a$  dan jarak  $AN = MB = 2a$ ), seperti terlihat pada Gambar 2.11.

Pengukuran resistivitas secara umum dilakukan dengan menginjeksikan arus listrik ke dalam bumi dengan menggunakan dua elektroda arus ( $C_1$  dan  $C_2$ ), dan pengukuran beda potensial dengan menggunakan dua elektroda tegangan ( $P_1$  dan  $P_2$ ).

Sama seperti Persamaan (2.27), untuk konfigurasi *Wenner* dapat dihitung nilai resistivitas semu ( $\rho_w$ ) seperti Persamaan (2.28).

$$\rho_w = k \frac{\Delta V}{I} \quad (2.28)$$

$k$  adalah faktor geometri yang bergantung pada penempatan elektroda di permukaan yang besarnya:

$$k_w = \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM}\right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN}\right)} \quad (2.29)$$

dengan  $AM = MN = NB = a$

Faktor geometri untuk konfigurasi *Wenner* adalah:

$$k_w = 2\pi a$$

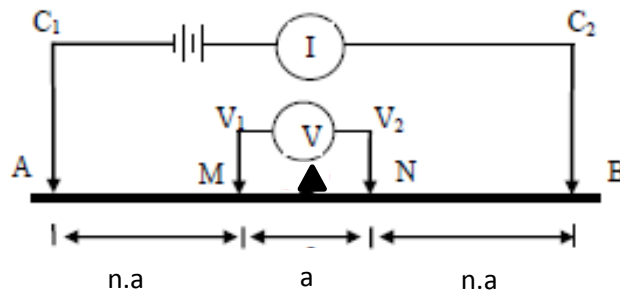
dan  $\rho_w = k_w R$  (2.30)

dengan  $R$  adalah besar nilai hambatan yang terukur.

### 2.9.2 Konfigurasi *Schlumberger*

Menurut Todd (1980), pengaturan letak elektroda atau disebut dengan konfigurasi elektroda dapat bermacam-macam salah satunya adalah konfigurasi elektroda *Schlumberger*.

Menurut Sheriff (2002), metode resistivitas dengan konfigurasi *Schlumberger* dilakukan dengan cara mengondisikan spasi antar elektroda potensial adalah tetap sedangkan spasi antar elektroda arus berubah secara bertahap. Prinsip konfigurasi *Schlumberger* jarak elektroda potensial MN dibuat tetap sedangkan jarak AB yang diubah-ubah. Tetapi karena keterbatasan kepekaan alat ukur, maka ketika jarak AB diubah pada jarak yang relatif lebih besar maka jarak MN hendaknya tidak lebih besar dari 1/5 jarak AB seperti pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12.  
Elektroda Arus dan Potensial Konfigurasi *Schlumberger*

Untuk konfigurasi *Schlumberger* dapat dihitung nilai resistivitas semu ( $\rho_{Sc}$ ) seperti pada Persamaan (2.31).

$$\rho_{Sc} = k \frac{\Delta V}{I} \quad (2.31)$$

$k$  adalah faktor geometri yang tergantung penempatan elektroda dipermukaan yang besarnya:

$$k_{Sc} = \pi n(n + 1)a \quad (2.32)$$

Metode geolistrik terbukti merupakan metode sederhana yang terkenal dalam pendeteksian kualitas air tanah. Metode ini dapat memecahkan banyak masalah tentang pendeteksian air tanah dan berbagai kondisi dalam tanah (Lanskaripour, 2003). Beberapa penelitian terkait dengan pendeteksian kondisi dalam tanah diantaranya:

Ngadimin dan Handayani (2000), melakukan penelitian monitoring rembesan limbah model fisik di laboratorium dan berhasil memperkirakan penyebaran kontaminan cair dalam tanah yang dianggap sebagai fluida konduktif



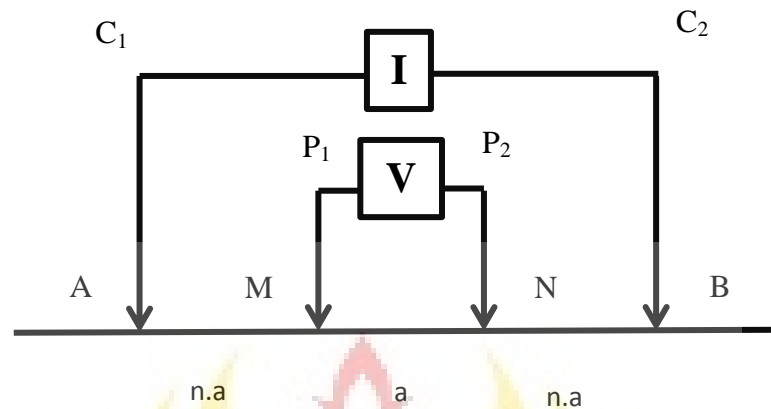
dengan anomali konduktif yang mempunyai resistivitas kurang dari 10  $\Omega\text{m}$ . Hal ini menunjukkan bahwa akumulasi rembesan limbah dapat mencemari air tanah.

Penelitian yang dilakukan oleh Alaydrus (2010) yang menggunakan metode geolistrik dengan konfigurasi *Schlumberger*, *Dipole-dipole* dan *Self Potensial* berhasil menunjukkan sebaran polutan sampah yang berada pada lintasan yang dekat dengan tempat penimbunan sampah dengan resistivitas kurang dari 10  $\Omega\text{m}$  pada kedalaman 0,8-13,5 m, menunjukkan bahwa rembesan polutan sampah tersebut dapat mencemari air tanah.

### **2.9.3 Konfigurasi *Wenner-Schlumberger***

Pada metode ini merupakan gabungan antara metode *Wenner* dan *Schlumberger*. Pada konfigurasi ini adanya kesamaan antara konfigurasi *Wenner* dan konfigurasi *Schlumberger* yaitu pada pengukuran  $n=1$ . Oleh karena itu pada metode ini berlaku untuk  $n=1$  adalah konfigurasi *Wenner* dan  $n=2,3,4$  dan seterusnya adalah konfigurasi *Schlumberger*.

Keunggulan konfigurasi *Wenner* dan *Schlumberger* dapat memetakan variasi kehomogenan secara horizontal dan non-homogenitas lapisan batuan pada permukaan vertikal, yaitu dengan cara membandingkan nilai resistivitas semu ketika terjadi perubahan jarak antara elektroda  $MN/2$  (Parlinggoman, 2011). Penempatan elektroda arus dan elektroda potensial konfigurasi *Wenner-Schlumberger* seperti pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Elektroda Arus dan Potensial Konfigurasi *Wenner-Schlumberger*  
 Faktor geometri konfigurasi *Wenner-Schlumberger* adalah

$$k = \pi n(n + 1)a \quad (2.33)$$

Pada penelitian yang dilakukan oleh Parlinggoman (2011) dengan judul “Studi Sebaran Air Limbah Sampah Bagian Utara TPA Bantar Gebang Dengan Metode *Resistivity Wenner-Schlumberger*” menunjukkan bahwa metode geolistrik dengan konfigurasi *Wenner-Schlumberger* sangat efektif dalam mengidentifikasi pencemaran air lindi yang terjadi di bawah permukaan.

Penelitian yang dilakukan oleh Datunsolang (2015) dengan judul “Identifikasi Rembesan Limbah Cair Dengan Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi *Wenner-Schlumberger* Studi Kasus TPA Sumopo, Manado” menunjukkan bahwa adanya rembesan lindi pada sekitar lokasi penelitian yang terakumulasi pada kedalaman 2-10 m.

## BAB 5

### SIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Simpulan

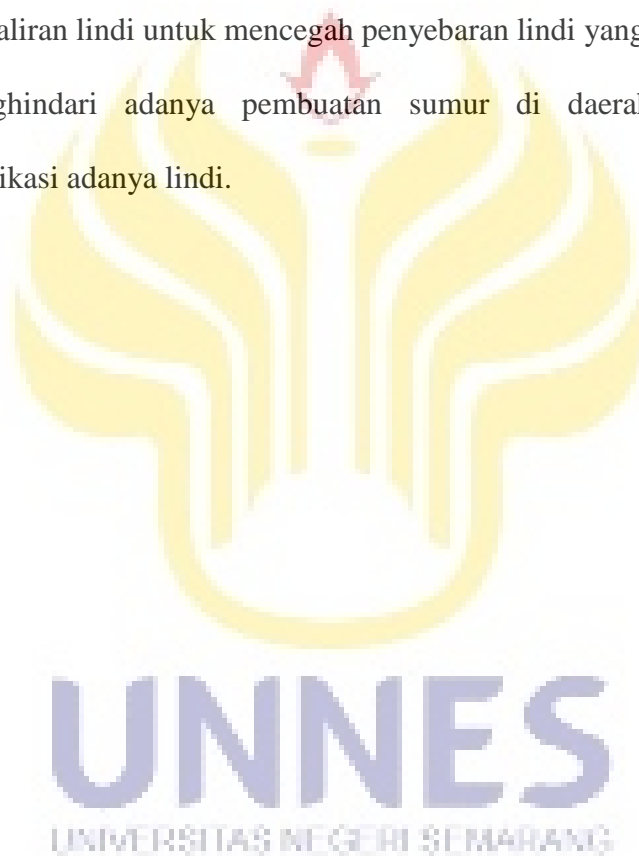
Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan di TPA Desa Bandengan, Kabupaten Jepara dapat disimpulkan bahwa:

1. Dari hasil pengolahan *software Res2Dinv* dan *Surfer 11*, metode geolistrik konfigurasi *Wenner-Schlumberger* dapat mengidentifikasi adanya lindi dengan rentang nilai resistivitas 0-8,40  $\Omega\text{m}$ .
2. Dari hasil penampang vertikal diketahui bahwa lindi menyebar ke bagian utara dan selatan, namun lebih jauh ke utara. Sedangkan akumulasi lindi berada pada kedalaman 1,25-2,5 m.
3. Metode geolistrik konfigurasi *Wenner-Schlumberger* dapat mengidentifikasi adanya lindi dengan rentang nilai resistivitas 0-8,40  $\Omega\text{m}$ , pada kedalaman 0-31,9 m di bawah permukaan tanah sekitar.
4. Pengolahan akhir sampah dengan sistem *control landfill* masih memproduksi lindi dan masih berpotensi tersebarnya lindi ke wilayah sekitar TPA.
5. Aktifitas dan usia TPA sangat mempengaruhi akumulasi logam berat dalam air lindi.

## 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, ada beberapa hal untuk di perhatikan lagi:

1. Untuk instansi yang terkait, sistem pengolahan sampah sudah baik akan tetapi perlu adanya pembenahan dan pengolahan infrastruktur terutama pipa aliran lindi untuk mencegah penyebaran lindi yang lebih luas lagi.
2. Menghindari adanya pembuatan sumur di daerah penelitian yang diindikasikan adanya lindi.



## DAFTAR PUSTAKA

- Alaydrus, A.T. 2010. *Penentuan Penyebaran Lindi Pada Bawah Permukaan dengan Metode Geolistrik di TPA Kebon Kongok, Gerung, Lombok Barat, NTB*. Tesis. Yogyakarta: Pascasarjana UGM.
- Apparao, A. 1997. *Development in Geoelectrical Methods*. India: National Geophysics Reasearce Institute Hyderabad.
- Arbain, N.K.M., dan I.B. Sudana. 2008. Pengaruh Air Lindi Tempat Pembuangan Akhir Sampah Suwung Terhadap Kualitas Air Tanah Dangkal Di Sekitarnya Di Kelurahan Pedungan Kota Denpasar. *Echotropic*. Vol. 3, No.2. 55-60.
- Azwar, A. 1990. *Pengantar Ilmu Lingkungan*. Jakarta: Mutiara Sumber Widya.
- Bahar, Y. H. 1985. *Teknologi Penanganan dan Pemanfaatan Sampah*. Jakarta: PT. Wacana Utama bekerjasama dengan Pemda DKI.
- Chandra, B. 2007. *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Damanhuri, E. 1995. *Teknik Pembuangan Akhir*. Bandung: Teknik Lingkungan ITB
- Damanhuri, E. 2008. Diklat Landfilling Limbah-FTSL.ITB. Tersedia di <http://www.itb.ac.id/wordpress/wp-content/Bag7P-PenangananLindi.pdf>.
- Datunsolang, F. 2015. Identifikasi Rembesan Limbah Cair Dengan Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner-Schlumberger Studi Kasus TPA Sumopo, Manado. *Jurnal Ilmiah Sains*. Vol: 15. No 2.
- Ehrig, H. J. 1993. Quality and quantity of sanitary landfill air air lindi. *Wastewater management research*. Vol: 1. no 1.
- Feranie, S., M. Iryanti., S. Utari, dan N.D Ardi. 2008. Zona Migrasi Pencemaran Air di Sekitar TPA Babakan Ciparay Kabupaten Bandung dengan Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis. Bandung: UPI
- Hardiatmi, S. 2011. Pendukung Keberhasilan Pengelolaan Sampah Kota. INNOFARM. *Jurnal Inovasi Pertanian*, 10(1): 50-66
- Hendrajaya, L., dan A. Idam 1990. Geolistrik Tahanan Jenis. Laboratorium Fisika Bumi Jurusan Fisika FMIPA ITB. Bandung tersedia di

<http://unalea.blogspot.com/2009/03/mekanisme-masuknya-air-lindi-keair.html>

- Huliselan, E.K ., dan S. Bijaksana. 2010. Magnetic properties and heavy metal content of sanitary leachate sludge in two landfill sites near Bandung, Indonesia. *Environ Earth Sci.* 60:409-419
- Jagloo, K. 2002. *Groundwater Risk Analysis in the Vicinity of A Landfill, A case Study in Mauritius*. Thesis. Stockholm: Department of Land Water Resources Engineering Royal Institute of Technology.
- Juandi. 2009. Analisis Pencemaran Limbah Berdasarkan Nilai Resistivitas. *Journal of Enviromental Science* 3(1). ISSN 1978-5283
- Lanshkaripour, G. R. 2003. An Investigation of Groundwater Condition By Geoelectrical Resistivity Method: A Case Study in Korin Akuifer, Southest Iran. *Journal of Spartial Hydrology* 3 (1).
- Loke, M.H. 1997. *Electrical Imaging Surveys for Environmental and Engineering Studies, A partical guide to 2-D and 3-D surveys*. Malaysia: Penang.
- Mustofa, H.A. 2005. *Kamus Lingkungan*. Solo: Rineka Cipta.
- Ngadimin, dan G. Handayani. 2000. Aplikasi Metode Geolistrik Untuk Alat Monitoring Rembesan Limbah. *Journal of Mathematical Science*. Vol.2 No. 06
- Nilasari, P.R., Khumaedi dan Supriyadi. 2011. Pendugaan Pola Sebaran Limbah TPA Jatibarang Dengan Menggunakan Metode Geolistrik. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia* 7(2) : 1 - 5.
- Notoatmojo, S. 1997. *Ilmu Kesehatan Masyarakat*. Jakarta: Rineka Cipta
- Parlinggoman, R. H. 2011. Studi Sebaran Air Limbah Sampah Bagian Utara TPA Bantar Gebang Dengan Metoda Resistivity *Wenner-Schlumberger*. Skripsi. Depok: Universitas Indonesia
- Pujiastuti, R., Y. Arman, dan Y. S. Putra. 2014. Penyelidikan Pengaruh Rembesan Limbah Karet Bawah Permukaan Tanah Menggunakan Metode Geolistrik. *Prisma Fisika* 2(1): 27 – 30.
- Putra, I. K. 2012. Identifikasi Arah Rembesan dan Letak Akumulasi Lindi Dengan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi *Wenner-Schlumberger* di TPA Temesi Kabupaten Gianyar. Tesis. Denpasar: Pascasarjana Universitas Udayana.
- Reynolds, J. M. 1997. *An Introduction to Aplied and Environmental Geophysics*. John Wiley and Sons Ltd. Baffins, Chichester, West Sussex PO19 IUD. England.

- Supanca, W.W. 2003. Dasar-dasar Pemantauan, Pengawasan dan Teknik Penilaian Pencemaran Limbah Padat. Short Course on Environmental Pollution Control and Management. 25 Agustus – 19 September 2003. Denpasar.
- Slamet, J.S. 1994. *Kesehatan Lingkungan*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Sheriff, R E. 2002. *Encyclopedic Dictionary of Applied Geophysics*, (4<sup>th</sup> ed). Oklahoma: SEG Tulsa.
- Tanauma, A. 2000. *Pengaruh Pembuangan Akhir Sampah Terhadap Mutu Air Tanah di Desa Sitimulyo Kecamatan Piyungan Kabupaten Bantul*. Tesis. Yogyakarta: Pascasarjana UGM.
- Todd, D.K. 1980. *Groundwater Technology*. New York: Associate Professor of Civil Engineering California University. Jihn Wiley and Son.
- Telford, W. M., L. P. Geldart., R.E. Sherif, dan D.D. Keys. 1990. *Applied Geophysics First Edition*. Cambridge. New York: Cambridge University Press.
- Widyatmoko, H., dan Sintorini. 2002. *Menghindari, Mengolah dan Menyingkirkan Sampah*. Jakarta: PT. Dinastindo Adiperkasa Internasional.
- Wiryoatmojo, S. 1988. *Kimia Fisika I*. Jakarta: Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi.