



UNIVERSITAS INDONESIA

**PEMETAAN SEBARAN AIR LINDI DI DAERAH TPA
DEPOK DENGAN MENGGUNAKAN METODE
RESISTIVITY DAN IP**

SKRIPSI

YAN SULISTYO ARBI

0706262924

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

PROGRAM STUDI FISIKA

DEPOK

JUNI 2012



UNIVERSITAS INDONESIA

**PEMETAAN SEBARAN AIR LINDI DI DAERAH TPA
DEPOK DENGAN MENGGUNAKAN METODE
RESISTIVITY DAN IP**

SKRIPSI

Diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana

YAN SULISTYO ARBI

0706262924

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

PROGRAM STUDI FISIKA

DEPOK

JUNI 2012

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : YAN SULISTYO ARBI

NPM : 0706262924

Tanda Tangan :



Tanggal : 22 JUNI 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Yan Sulisty Arbi

NPM : 0706262924

Program Studi : Geofisika

Judul Skripsi :

PEMETAAN SEBARAN AIR LINDI DI DAERAH TPA DEPOK DENGAN
MENGUNAKAN METODE RESISTIVITY DAN IP

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Syamsu Rosid



Penguji 1 : Dr. Eng. Yunus Daud, M.Sc.



Penguji 2 : Dr. Eng. Supriyanto



Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 22 Juni 2012

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil'alamiin. Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, atas segala rahmat dan hidayah-Nya lah, hingga saya menyelesaikan penulisan laporan Tugas Akhir saya yang berjudul **PEMETAAN DISTRIBUSI AIR LINDI DI DAERAH TPA DEPOK DENGAN MENGGUNAKAN METODE RESISTIVITY DAN IP**. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat guna mendapat gelar Sarjana Sains Program Studi Geofisika, Departemen Fisika, Fakultas Matematik dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

Dengan segala kekurangan yang penulis miliki, maka tugas Akhir ini tidak akan terselesaikan tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Dr. Syamsu Rosid, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan waktu dan tenaga yang tiada henti untuk terus memberikan bimbingan dan masukan hingga laporan ini terselesaikan.
2. Dr. Yunus Daud dan Dr. Eng. Supriyanto selaku penguji sidang skripsi yang memberikan saran hingga laporan ini selesai
3. Seluruh dosen Departemen Fisika UI, yang secara langsung maupun tidak langsung memberikan pengetahuan dan pengalaman tentang kehidupan bagi saya.
4. Kepada Keluarga yang terus memberikan dukungan materiil dan moril serta doa yang tiada henti demi kebaikan putra mu. Terima kasih mah, yah tiada satupun harta didunia yang mampu menggantikan pengorbanan kalian berdua.
5. Kedua adik-ku Fajar Yanto dan Mira Latifah Sari.
6. Winda, terima kasih atas semangat, doa dan motivasi tiada henti yang selalu kau berikan. ☺. “maaf ya jadi dicuekin selama pengerjaan TA ini”
7. Zulmy, Donny, dan Alwi

8. Teman satu perjuangan dan bimbingan : Rahman Torkis, Maulana, Anita Hartati, Indah PS dan Fristy yang memberikan keindahan pengerjaan TA.
9. Keluarga besar Fisika 2007, khususnya teman-teman laskar 5 yang mampu memberikan semangat, dan tawa di sela-sela waktu pengerjaan : Rino, Uly, Aji, Riki, Willem, Rangga, Ichwan, Gangga, Vani, Arif, Wahid, Ferdy, Muladi, Byan, Imas, Yulia, Rado, Zul, Syahril, Edward, Septian, Aisyah, Ari, Syukur dan Bundi.
10. Randi rahman, Janitra AP, Reyhan hafis yang telah membantu dalam pengambilan data di Cipayung serta teman-teman 2008 yang lain
11. Angkatan 2009 yang telah juga membantu dalam pengambilan data TA saya. Efrin, Maryadi, Henny, Aiz, dll
12. Siapaun yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung hingga Laporan ini selesai.

Akhir kata, ketidak sempurnaan yang terdapat dalam penulisan ini harap dimaklumi dan diiringi harapan agar siapapun yang membaca dapat memberikan saran dan kritik yang bermanfaat. Semoga manfaat didapat bagi yang membaca

Penulis

2012

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Yan Sulisty Arbi
NPM : 0706262924
Program Studi : Geofisika
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“PEMETAAN SEBARAN AIR LINDI DI DAERAH TPA DEPOK DENGAN MENGGUNAKAN METODE RESISTIVITY DAN IP” beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada Tanggal : 22 Juni 2012

Yang menyatakan,



(Yan SulistyArbi)

vi

ABSTRAK

Nama : Yan Sulisty Arbi

Program Studi : Geofisika

Judul Tugas Akhir : Pemetaan Sebaran Air Lindi di Daerah TPA Depok dengan Menggunakan Metode Resistivity dan IP.

Daerah Cipayung, Depok Jawa Barat merupakan Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah dari masyarakat Depok. Limbah sampah organik dalam bentuk air lindi berpotensi menjadi sumber pencemar air sumur penduduk di sekitar lokasi TPA. Air lindi dilokasi bersifat basa ($\text{pH} = 8,39$) sedangkan air sumur bersih bersifat asam ($\text{pH} = 4,2$). Konduktivitas listrik air lindi jauh lebih besar (25 mS) dibandingkan air sumur bersih ($0,3 \text{ mS}$). Telah dilakukan survey resistivity dan IP untuk memetakan daerah terindikasi tercemar di daerah sebelah Timur dan Selatan TPA. Survey menggunakan konfigurasi dipole-dipole dan pengukuran *time domain* dengan jarak elektroda arus maupun tegangan 15 m . Alat SuperSting R8 IP multi channel resistivity meter telah digunakan dalam akuisisi data pada tiga lintasan yang berbeda dengan 56 elektroda untuk tiap lintasan dengan panjang total kabel 825 m . terindikasi daerah tercemar berada pada lintasan 1 dan 2, sedangkan pada lintasan 3 tidak terindikasi adanya pencemaran. Indikasi pencemaran air lindi berada pada kedalaman 30 meter hingga sejauh 110 m dan pada kedalaman $20 - 30 \text{ m}$ sejauh 85 m pada masing-masing lintasan dari pagar batas TPA. Terdapat akuifer yang bersih pada lintasan 3 sebagai alternatif pengganti air bersih bagi masyarakat sekitar TPA. Daerah lapisan akuifer tertekan diperkirakan berada pada kedalaman 110 m berada pada posisi sekitar 213 m dari batas selatan TPA.

Kata kunci : Akuifer, air lindi, dipole-dipole, konduktivitas, Cipayung.

xv+50 halaman ; 35 gambar; 1 tabel

Daftar Acuan : 11 (1990 – 2011)

ABSTRACT

Nama : Yan Sulisty Arbi

Program Studi : Geofisika

Judul Tugas Akhir : Mapping Distribution of Leachate in TPA Depok using Resistivity and IP method.

Cipayung Area, Depok, West Java is a place for disposal area (*Tempat Pembuangan Akhir* (TPA)) from Depok resident. The organic waste in form of Leachate can be potentially source of water contaminant for people around the TPA location. Leachate in location is alkaline (pH = 8,39) but the uncontaminated water is acidic (pH = 4,2). Electrical conductivity leachate is much higher (25mS) than uncontaminated water (0,3mS). Resistivity and IP survey had been done to map the indication of contaminate area at East and South TPA. Survey using dipole-dipole configuration and time domain with the distance of each current electrode and voltage is 15 m. SuperSting R8 IP multichannel resistivity meter tool was use in data acquisition at three different lines with 56 electrodes for each line and total cable is 825 m. It identified that the contaminate zone are in line 1 and 2, and at line 3 no indication of contamination. Indication of contaminate leachate lay at depth of 30 meter until 110 m and at depth 20 – 30 m as far as 85 m for each line of TPA boundary. There is a clean aquifer at line 3 as an alternative substitute of clean water for resident around TPA. The confined aquifer layer predicts been at 110 m depth in position around 213 from south boundary.

Key word : Aquifer, leachate, dipole-dipole, conductivity, Cipayung.

xv+50 pages ; 35 figures; 1 table

Refrence : 11 (1990 – 2011)

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Metodologi Penelitian.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	5
1.6 Waktu penelitian.....	5
BAB 2 TEORI DASAR.....	6
2.1 Objek penelitian.....	6
2.1.1 Pengertian sampah.....	6
2.1.2 Air lindi.....	7

2.2 Metode Resistivity.....	7
2.2.1 Konfigurasi pengukuran.....	13
2.3 Metode IP.....	16
2.3.1 <i>Time domain</i>	17
2.3.2 <i>Frekuensi domain</i>	17
BAB 3 AKUISISI DAN PENGOLAHAN DATA.....	19
3.1 Desain Pengukuran.....	19
3.2 Akuisisi Data.....	20
3.2.1 Instrumentasi dan perlengkapan	20
3.2.2 Konsep pengambilan data	21
3.2.3 Prosedur pengukuran.....	23
3.3 Pengolahan data.....	25
3.3.1 Format Data.....	25
3.3.2 Input Data.....	27
3.3.3 Output Data	29
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	31
4.1 Geologi Regional.....	31
4.2 Data Pendukung.....	33
4.2.1 Topografi dan watertable.....	33
4.2.2 Derajat keasaman (pH).....	36
4.3 Interpretasi hasil.....	38
4.3.1 Lintasan 1	38
4.3.2 Lintasan 2	41
4.3.3 Lintasan 3	43
4.4 Rembasan air lindi.....	44
4.5 Akuifer menengah dalam daerah penelitian.....	46

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	49
5.1 Kesimpulan.....	49
5.2 Saran.....	50
DAFTAR ACUAN.....	51
Lampiran 1.....	52
Lampiran 2.....	53



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Tabel nilai resistivity (Telford, et al., 1990).....	15



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1	Diagram alir penelitian..... 4
Gambar 2.1	(a) Rangkaian listrik sederhana dan (b) Ilustrasi Resistansi..... 9
Gambar 2.2	Penggambaran sumber titik arus yang terpendam dalam medium homogen (Telford, et al., 2004)..... 11
Gambar 2.3	Sumber arus dengan elektroda dipermukaan (Telford, et al., 2004) 12
Gambar 2.4	Gambar 2 elektroda arus (C1 dan C2) dan 2 elektroda potensial di permukaan (P1 dan P2) (Telford, et al., 2004) 12
Gambar 2.5	Konfigurasi Wenner..... 13
Gambar 2.6	Konfigurasi Schlumberger..... 14
Gambar 2.7	Konfigurasi Dipole - Dipole..... 14
Gambar 2.8	Grafik pengukuran IP (Jesper, 2005)..... 16
Gambar 3.1	Lintasan pengukuran (Google Earth)..... 19
Gambar 3.2	Peralatan pengukuran..... 20
Gambar 3.3	Konfigurasi Dipole-dipole..... 21
Gambar 3.4	Ilustrasi cara kerja konfigurasi Dipol-dipol untuk 2 set pengukuran (Jesper, 2005)..... 22
Gambar 3.5	Proses pemasangan elektroda dilapangan..... 23
Gambar 3.6	Proses pembentangan kabel dan penyatuan elektrod dengan sensor sebelum dilakukan pengukuran..... 24
Gambar 3.7	Alur permodelan inversi (Supriyanto, 2007)..... 25
Gambar 3.8	Format data bagian Header..... 26
Gambar 3.9	Format data bagian Body..... 27
Gambar 3.10	Format data bagian footer..... 27
Gambar 3.11	Tampilan datum pengukuran..... 29

Gambar 3.12	Tampilan hasil inversi (resistivity).....	30
Gambar 3.13	Tampilan hasil inverse (chargeability).....	30
Gambar 4.1	Penampang Geologi (Turkandi dkk, 1992).....	31
Gambar 4.2	Peta Geologi daerah pengukuran disertai titik pengukuran.....	32
Gambar 4.3	Topografi daerah penelitian.....	34
Gambar 4.4	Peta sebaran ketinggian watertable.....	35
Gambar 4.5	Overlay daerah pengukuran dengan watertable.....	35
Gambar 4.6	Slice data topografi dan watertable.....	36
Gambar 4.7	Peta distribusi pH.....	38
Gambar 4.8	Overlay daerah pengukuran dan pH.....	39
Gambar 4.9	Penampang resisitivitas (atas) dan <i>chargeability</i> (bawah) lintasan 1.....	40
Gambar 4.10	Penampang resisitivitas (atas) dan <i>chargeability</i> (bawah) lintasan 2.....	42
Gambar 4.11	Penampang resisitivitas (atas) dan <i>chargeability</i> (bawah) lintasan 3.....	44
Gambar 4.12	Model resistivity keseluruhan.....	46
Gambar 4.14	Penampang lapisan akuifer.....	49

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Hasil uji pH sumur (Lab)	52
Lampiran 2	Hasil uji konduktivitas sumur (Lab).....	53



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Manusia dan lingkungan merupakan satu kesatuan yang tidak dapat dipisahkan. Ketergantungan manusia terhadap lingkungan dan sebaliknya membuat ikatan ini menjadi semakin terasa. Pada dasarnya apa yang mempengaruhi lingkungan pun akan mempengaruhi manusia, baik itu secara langsung maupun tidak langsung. Hal yang umumnya sering terjadi dan mempengaruhi lingkungan ialah pencemaran.

Lingkungan yang umumnya mengalami hal ini merupakan daerah-daerah yang bersinggungan langsung dengan daerah pengumpul sampah. Sampah yang terkumpul dan terakumulasi lama akan dapat menimbulkan air lindi sebagai hasil proses pembusukan sampah. Proses ini terjadi ketika timbunan tersebut terkena air, baik itu air hujan ataupun air yang terkandung dalam sampah itu sendiri. Air tersebut akan melarutkan hasil dekomposisi biologis sampah yang sudah membusuk dan secara lama-kelamaan air lindi tersebut akan terserap oleh lapisan tanah karena adanya permeabilitas dan porositas yang memungkinkan air tersebut untuk bergerak. Bila cairan tersebut sudah masuk kedalam lapisan tanah maka cairan tersebut dapat mencemari air tanah dan air permukaan pada daerah tersebut.

Untuk menyolediki hal tersebut, saya bermaksud mengajukan penelitian guna mendapatkan persebaran air lindi pada daerah TPA (Tempat Pembuangan Akhir), hal ini dimungkinkan dengan melakukan pengamatan dan pengukuran menggunakan metode Resistivity dan IP (*Induced Polarization*) yang mana dengan melihat karakteristik listrik dari air lindi berupa tahanan jenis akan mampu memetakan air lindi tersebut. Dasarnya air lindi akan memiliki nilai hambatan jenis yang rendah, bahkan lebih rendah dari nilai hambatan jenis yang dimiliki oleh air. Hal ini disebabkan oleh adanya material-material lain yang telarut dari

sumber sampah baik itu organik ataupun anorganik yang menyebabkan air lindi akan memiliki nilai TDS (*Total Dissolved Solids*) yang tinggi, dimana TDS menunjukkan jumlah kepekatan padatan terlarut suatu air, dan umumnya akan berupa ion-ion (Effendi, 2003). Pada hal ini TDS yang terdapat pada suatu larutan akan mempengaruhi nilai dari konduktivitas larutan tersebut. Dimana semakin banyak kandungan ion yang terdapat pada suatu larutan akan menyebabkan semakin besarnya konduktivitas cairan tersebut. Dan seperti diketahui bersama bahwa konduktivitas akan berbanding terbalik dengan resistivitas. Sehingga nilai resistivitas dari air lindi akan memiliki nilai yang kecil.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mempelajari aplikasi geolistrik dalam kasus pencemaran limbah.
2. Mendapatkan peta persebaran tahanan jenis dari air lindi.
3. Mengetahui sedalam dan sejauh apa terjadinya rembesan atau pencemaran air lindi pada daerah tersebut.
4. Memetakan lapisan akuifer menengah di daerah penelitian.
5. Salah satu syarat untuk kelulusan sarjana S1 program studi Fisika.

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian kali ini, permasalahan dibatasi pada:

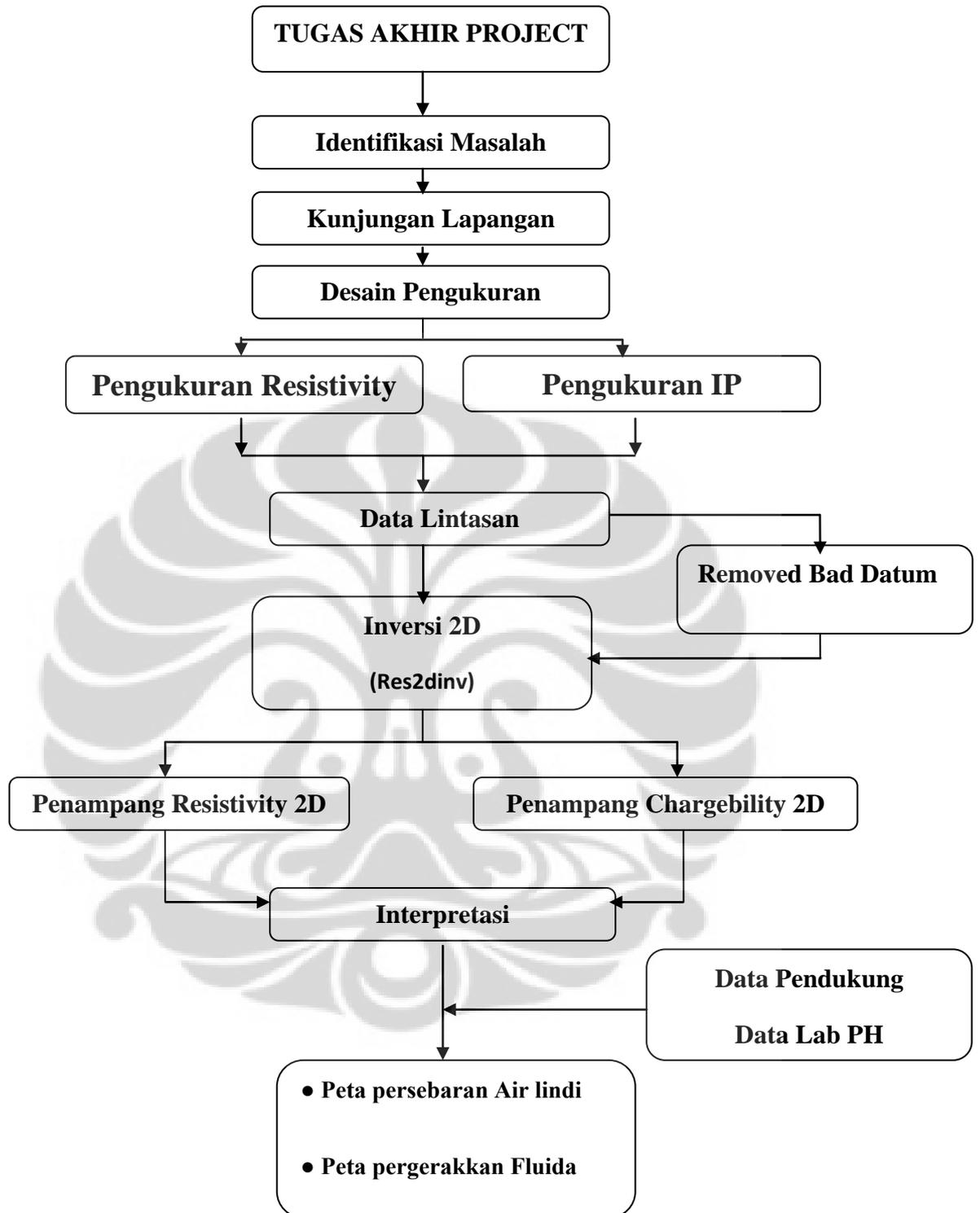
1. Penelitian difokuskan untuk memetakan seberapa jauh dan dalam rembesan air lindi pada daerah penelitian dengan memanfaatkan data resistivity dan IP.
2. Memetakan akuifer menengah pada daerah penelitian dengan tujuan memberikan solusi pada permasalahan pencemaran air tanah.

Universitas Indonesia

3. Penelitian menggunakan metode tahanan jenis dan induksi terimbas dengan konfigurasi dipole-dipole, dengan 3 lintasan yang panjang masing-masing lintasan 825 m.

1.4 Metodologi Penelitian

Secara umum penelitian ini dilakukan atas 2 dasar kegiatan. Tahap pertama adalah pengambilan data (*akuisisi*) pada daerah yang diduga mengalami pencemaran atau rembesan air lindi. Pengambilan data akan dilakukan dengan melakukan *running* alat resistivity meter dan IP serta beberapa data lain sebagai data penunjang untuk tugas akhir ini. Proses selanjutnya ialah melakukan proses pengolahan data atas data yang telah diperoleh pada saat pengukuran, pada dasarnya data Resistivity dan data IP akan menghasilkan output berupa model *apparent resistivity* untuk daerah pengukuran, namun hal yang mampu membedakan ialah model IP mampu memperjelas kualitas dari nilai resistivity pada material tertentu, hal ini dilakukan karena kuat dugaan pada daerah penelitian *geological* batuan yang diduga sebagai daerah rembesan, memiliki karakteristik tersisipi oleh clay. Dimana clay dan air lindi memiliki ciri khas yang sama yaitu nilai resistivitas yang rendah. Oleh sebab itu pendugaan daerah resistivitas rendah mampu dengan baik dipetakan oleh metode Resistivitas. Namun untuk kualitas apakah nilai tersebut memang merupakan nilai yang berasal dari air lindi mampu dijelaskan secara baik dengan menggunakan metode IP. Proses pengukuran hingga hasil akhir akan secara ringkas terlihat dari diagram alir penelitian dibawah ini.



Gambar 1. 1 Diagram Alir Penelitian

1.5 Sitematika penulisan

Pada bab 1, penulis membahas tentang Pendahuluan, dimana didalamnya terdapat latar belakang masalah, tujuan penelitian, pembahasan singkat tentang tinjauan pustaka, batasan masalah, metodologi penelitian serta sistematika penulisan. Kemudian pada bab 2, dijelaskan tentang teori pendukung penelitian ini, didalamnya terdapat pengertian tentang objek penelitian berupa sampah, serta teori tentang metode *resistivity* dan metode *induced polarization* yang mana metode tersebut merupakan metode yang digunakan dalam penelitian.

Selanjutnya pada bab 3, dijelaskan tentang proses pengambilan data di lapangan serta bagaimana proses mengolah data-data yang telah didapatkan agar data tersebut siap untuk diinterpretasikan, proses pengolahan data pada penelitian ini menggunakan *Res2dinv*.

Penjelasan tentang bagaimana keadaan geologi daerah sekitar, serta bagaimana hasil proses pengolahan data dijelaskan pada bab 4 serta bagaimana pembahasan data tersebutpun dijelaskan pada akhir bab ini. Dan kesimpulan dan saran dituangkan penulis pada bab 5.

1.6 Waktu penelitian

penelitian tugas akhir ini dilaksanakan selama masa semester genap 2011/2012.

BAB II

TEORI DASAR

2.1 Objek Penelitian

2.1.1 Pengertian Sampah

Pada dasarnya sampah adalah suatu sisa yang dihasilkan atas suatu proses yang umumnya dilakukan oleh makhluk hidup. Pada umumnya sampah merupakan material yang tidak diinginkan. Menurut Basyarat (2006) sampah dikategorikan dalam 2 hal, yaitu :

- a. Sampah domestik, yaitu sampah yang dihasilkan oleh aktifitas langsung manusia seperti sampah rumah tangga, sekolah, dan pusat keramaian
- b. Sampah non domestik, yaitu sampah yang dihasilkan bukan atas akibat langsung oleh aktifitas manusia. Sampah ini seperti sampah hasil produksi, sampah pertanian, peternakan, transportasi, dan kehutanan.

Selain itu, sampah juga dikelompokkan kedalam 2 macam sifat sampah, sampah organik dan sampah non-organik. Sampah-sampah yang bersifat organik umumnya ditemukan dalam bagian sampah domestik. Hal ini dikarenakan pada sampah domestik lebih banyak didominasi oleh sampah yang berasal dari sampah rumah tangga yang umumnya merupakan sisa-sisa makanan yang tidak termakan dan lain-lain yang lebih dominan diisi dari bahan organik.

Untuk mengurangi efek dari sampah seperti mengurangi nilai estetika lingkungan, mengurangi dampak polusi yang disebabkan oleh bau dari sampah tersebut, diperlukan sebuah tempat guna menampung sampah-sampah tersebut, umumnya tempat pengumpulan sampah ini dikenal dengan sebutan TPA. Disinilah sampah dikumpulkan dan kemudian akan dilakukan pengelolaan guna meminimalisir dampak dari sampah tersebut. Bahkan pengelolaan sampah dapat mengurangi volume dan menjadikan sampah menjadi barang yang mampu dimanfaatkan.

Dalam proses pengumpulan sampah di TPA ini lah yang mampu membuat sampah memiliki potensi mengganggu keadaan sistem didaerah sekitar, dimulai dari pencemaran udara dan juga pencemaran air tanah. Pada TPA akan terjadi proses dekomposisi yang menghasilkan gas-gas dan cairan yang dikenal dengan sebutan air lindi (*leachate*). Air lindi inilah yang ditakutkan akan meresap ke daerah air tanah yang pada akhirnya akan mengubah keadaan pH air tersebut menjadi terlalu asam ataupun basa (Suhartini, 2008).

2.1.2 Air lindi

Air lindi dapat didefinisikan sebagai larutan yang terjadi akibat bercampurnya air (baik air hujan maupun air yang dimiliki oleh sampah itu sendiri) dengan sampah yang telah membusuk, baik secara infiltrasi maupun proses perkolasi (Soemirat, 1996). Umumnya air lindi akan mengandung senyawa-senyawa organik dan anorganik yang berasal dari pembusukan sampah di TPA. Materi-materi ini jauh lebih tinggi dibandingkan dengan air tanah, sehingga ketika air tanah terfiltrasi oleh air lindi, maka akan mengubah keadaan dasar dari air tersebut. Secara umum konsentrasi materi pada air lindi akan mencapai 1000 kali sampai 5000 kali lebih besar dibandingkan dengan air tanah (Marasmis, 2008). Sehingga dapat mengkontaminasi air tanah pada daerah sekitar.

Sehingga untuk mengetahui informasi dari keadaan air tanah pada daerah penelitian, digunakanlah metode geolistrik (*Resistivity* dan *IP*) untuk mengetahui keadaan ada tidaknya indikasi rembesan air lindi.

2.2 Metode Resistivity

Metode geolistrik merupakan salah satu metode geofisika yang baik dalam penggambaran kondisi bawah permukaan, dengan memanfaatkan sifat kelistrikan yang dimiliki batuan. Terdapat berbagai macam metode geolistrik yang umumnya digunakan dalam pengukuran air limbah, salah satunya adalah metode *resistivity* (tahanan jenis). Metode *resistivity* atau dikenal juga sebagai metode tahanan jenis merupakan metode yang umumnya sering digunakan dalam pengukuran pendugaan

limbah (Telford, et al., 2004). Metode ini memanfaatkan arus listrik yang di injeksikan ke bawah permukaan dan melihat respon yang diberikan oleh batuan dibawah permukaan yang tervisualisasi dengan nilai V (tegangan) dan juga I (arus). Respon yang diterima dapat menunjukkan karakteristik alami dari batuan tersebut. Pada metode *resistivity* respon yang didapat dari batuan ketika diberikan arus ialah adanya nilai beda potensial yang terukur pada titik tertentu, respon tersebut akan menggambarkan karakteristik batuan berupa nilai resistansinya atau kemampuan batuan untuk mudah atau sulit mengalirkan sebuah arus listrik.

Konsep metode *resistivity* ini berdasarkan atas Hukum Ohm yang secara langsung mampu memberikan hubungan antara beda potensial (V), kuat arus (I) dan tahanan (R). Dimana :

$$V = I.R \quad (2.1)$$

Yang mana persamaan diatas diubah menjadi :

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (2.2)$$

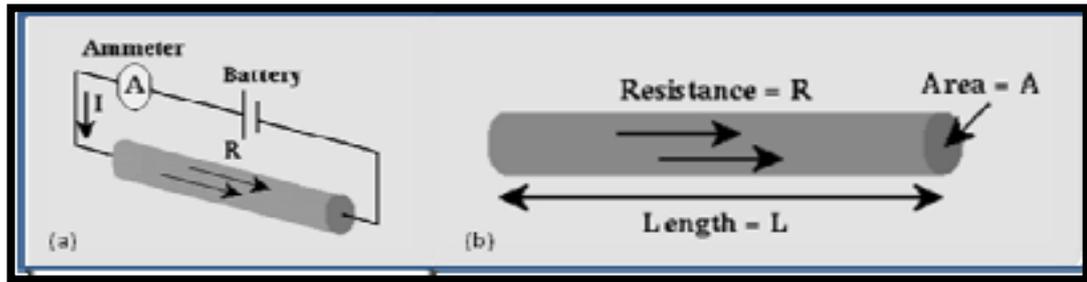
Keterangan:

R = Resistansi (Ω) I = Arus (Ampere) L = Panjang benda(m)

V = Potensial listrik (Volt) ρ = Resistivitas (Ω -m)

A =Luas permukaan (m^2)

Pada persamaan awal nilai R tidak menunjukkan secara langsung karakteristik alami suatu batuan, melainkan menunjukkan nilai hambatan yang lebih disebabkan oleh banyaknya zat pada material tersebut. Sedangkan yang ingin dicari merupakan karakteristik alami suatu batuan berupa nilai resistivitasnya maka persamaan (2.1) diubah menjadi (2.2) agar didapatkan karakteristik alami batumannya (nilai resistivitas).



Gambar 2. 1 (a) Rangkaian listrik sederhana dan (b) Ilustrasi Resistansi

Ketika konsep tersebut di aplikasikan kedalam pengukuran dilapangan persamaan (2.2) akan di ubah kembali menjadi :

$$\rho_{app} = k \left(\frac{\Delta V}{I} \right) \quad (2.3)$$

Dimana

ρ_{app} = *apparent resistivity*

k = faktor geometri

Penjabaran hukum ohm pada metode ini ialah ketika arus DC melewati medium homogen isotropis, maka arus yang masuk akan sebanding dengan densitas arus (\mathbf{J}) *ampere/m²* yang mengenai elemen permukaan (δA) atau $\mathbf{J} \cdot \delta A$. kemudian hubungan antara densitas arus dengan medan listrik dijabarkan dengan persamaan berikut :

$$\mathbf{J} = \sigma \mathbf{E} \quad (2.4)$$

Pada persamaan diatas dijelaskan bahwa densitas arus akan sebanding dengan konduktivitas (σ) dan Medan listrik (\mathbf{E}), sedangkan medan listrik itu sendiri merupakan hasil dari gradient skalar suatu potensial (dalam hal ini potensial listrik).

$$\mathbf{E} = -\nabla V \quad (2.5)$$

Sehingga persamaan (2.4) dapat berubah menjadi

$$\mathbf{J} = -\sigma \nabla V \quad (2.6)$$

Universitas Indonesia

Ketika tidak ada sumber muatan baru pada regional tersebut, maka

$$\nabla \cdot \mathbf{J} = \nabla(\sigma \nabla V) = 0 \text{ atau } \nabla \sigma \cdot \nabla V + \sigma \cdot \nabla^2 V = 0 \quad (2.7)$$

Pada ruang homogen isotropik besaran konduktivitas (σ) adalah suatu konstanta skalar maka dalam ruang vektor untuk memenuhi persamaan diatas (2.7) maka :

$$\nabla^2 V = 0 \quad (2.8)$$

Yang merupakan bentuk fungsi potensi harmonik derajat dua (Ahmad, 2005)

Sumber arus tunggal pada medium homogen

Bila pada suatu titik tertentu pada suatu kedalaman terdapat semacam elektroda yang kemudian terhubung oleh sebuah elektroda di permukaan dengan jarak yang sangat besar sehingga jarak tersebut dapat diabaikan, maka efek dari persebaran arus pada medium homogen tersebut akan berbentuk menyerupai bola. Hal ini akan sesuai dengan persamaan laplace yang menunjukkan distribusi potensial arus searah pada suatu bidang homogen-isotropis yang akan berbetuk simetri bola. Sehingga bila elektroda arus dipandang sebagai sumber arus memancarkan arus secara radial sehingga membentuk luasan bola maka besar arus akan sebanding dengan :

$$I = 4\pi r^2 J = -4\pi r^2 \sigma \frac{dV}{dr} \quad (2.9)$$

Dengan menggunakan persamaan laplace, didapatkan nilai dari (Telford, et al., 2004)

$$\frac{dV}{dr} = \frac{A}{r^2} \quad (2.10)$$

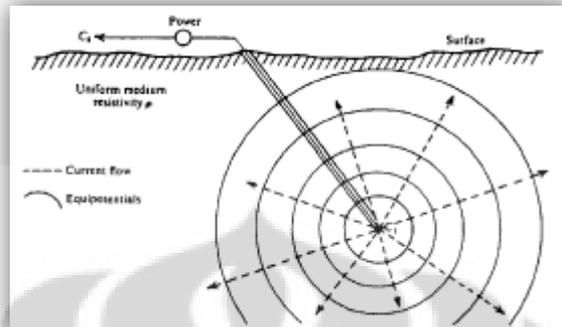
Sehingga persamaan (2.9) akan menjadi

$$I = -4\pi \sigma A \quad (2.11)$$

Dimana nilai konduktivitas (σ) akan sebanding dengan $1/\rho$ sehingga pada akhirnya didapatkan nilai :

$$\rho = \frac{4\pi rV}{I} \quad (2.11)$$

Sehingga pada arus tunggal dalam media homogen isotropis didapatkan hubungan antara V(tegangan), I (arus), dan r (jarak):

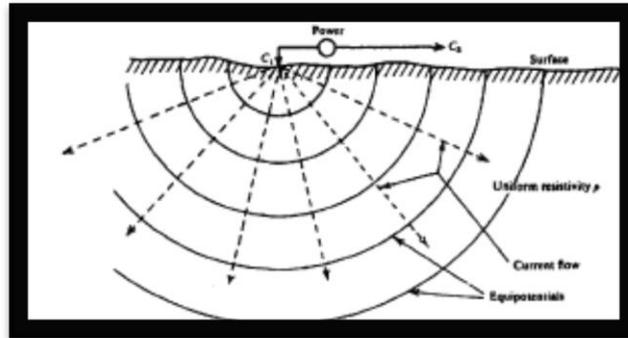


Gambar 2. 2 Penggambaran sumber titik arus yang terpendam dalam medium homogen (Telford, et al., 2004)

Sumber arus tunggal pada permukaan

Ketika elektroda berada pada suatu permukaan (tidak lagi didalam/terkubur) tersambung dengan elektroda lain yang berjarak sangat besar (tak berhingga), maka distribusi persebaran arus yang terinjeksi akan menjadi setengah bola. Hal ini dikarenakan terdapat udara di atas permukaan yang mana udara tersebut memiliki konduktivitas sebesar nol, sehingga tidak terdapat arus yang mengalir pada udara dan menyebabkan persamaan (2.11) menjadi

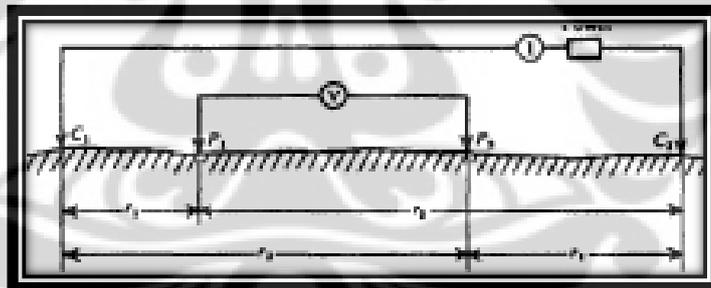
$$\rho = \frac{2\pi rV}{I} \quad (2.12)$$



Gambar 2. 3 Sumber arus dengan elektroda dipermukaan (Telford, et al., 2004)

Sumber arus dengan 2 elektrode dipermukaan

Pada penjabaran kasus diatas pada dasarnya menggunakan sepasang elektroda, yang mana elektroda yang lain di tempatkan jauh tak berhingga. Sedangkan apabila elektroda tersebut dipasangkan dengan jarak tertentu potensial titik dekat permukaan akan dipengaruhi oleh adanya kedua elektroda tersebut.



Gambar 2. 4 Gambar 2 elektroda arus (C1 dan C2) dan 2 elektroda potensial di permukaan (P1 dan P2) (Telford, et al., 2004)

Maka bila :

$$A = -\left(\frac{I\rho}{2\pi}\right) \quad \text{dan} \quad V = -\frac{A}{r}$$

Maka untuk persamaan dengan menggunakan 2 elektroda akan menjadi

$$V_1 + V_2 = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) \tag{2.13}$$

Dimana nilai V₁ merupakan hasil yang didapatkan dari potensial (P₁) yang disebabkan oleh elektroda arus di C₁ kemudian untuk nilai V₂ merupakan nilai

yang didapatkan dari arus C_2 , namun besarnya arus akan sama untuk tiap elektroda yang membedakan hanya arahnya. Sehingga nilai di A_1 akan sama dengan nilai di A_2 hanya berbeda arah atau $A_1 = \frac{I\rho}{2\pi} = -A_2$. (Telford, et al., 2004).

Kemudian dengan cara tersebut dilakukan perhitungan untuk potensial pada titik P_2 yang disebabkan oleh arus C_1 dan C_2 . Sehingga didapatkan perbedaan potensial pada kedua elektroda tersebut. Sehingga didapatkan persamaan

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right] \quad (2.14)$$

Atau

$$\rho = 2\pi \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} \right)^{-1} \frac{\Delta V}{I} = k \frac{\Delta V}{I} \quad (2.15)$$

ΔV = beda potensial P_1 dan P_2 I = arus

K = faktor geometri

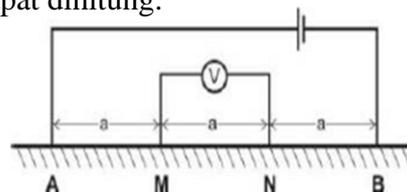
Faktor geometri merupakan nilai yang dihasilkan oleh perbedaan konfigurasi atau nilai yang disebabkan karena perbedaan peletakan elektroda arus dan potensial. Terdapat beberapa konfigurasi dalam proses akuisisi data lapangan. Berikut dijabarkan beberapa konfigurasi yang umumnya di gunakan dalam proses pengambilan data.

2.2.1 Konfigurasi pengukuran

- *Wenner*

Pemasangan elektroda arus AB dan potensial MN berjarak sama. Kesamaan jarak bentangan dimisalkan $AM = MN = NB = a$. dengan demikian besar tahanan jenis semu dapat dihitung.

$$\rho_a = 2\pi a \frac{\Delta V}{I}$$



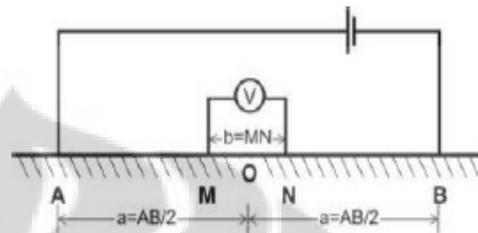
Gambar 2. 5 Konfigurasi Wenner

- **Schlumberger**

Pada konfigurasi Schlumberger, perubahan jarak MN dan AB bervariasi, tetapi harus memenuhi ketentuan bahwa jarak bentangan AB harus lebih dari 5 kali jarak MN. Kedudukan titik-titik AMNB ini dilokasi pengukuran harus berada pada satu garis lurus.

Dengan konfigurasi ini, besarnya tahanan jenis semu pada pengukuran dapat ditentukan sebesar :

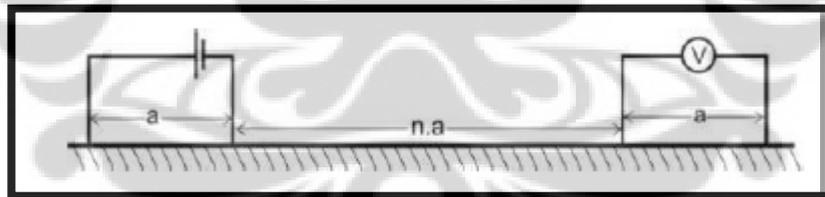
$$\rho_a = \pi \frac{\Delta V}{I} \left(\frac{(AB/2)^2}{MN} - \frac{MN}{4} \right)$$



Gambar 2. 6 Konfigurasi Schlumberger

- **Dipole**

Metode ini terbagi lagi dalam 2 bagian yaitu dipole-dipole dan pole-dipole, dalam konfigurasi dipole-dipole posisi titik AB dan MN tetap berada dalam satu garis lurus, tetapi MN berada di luar bentangan AB.



Gambar 2. 7 Konfigurasi Dipole - Dipole

Berdasarkan konfigurasi tersebut maka kita dapat menentukan nilai resistivitas semu dengan persamaan:

$$\rho_a = \pi a \cdot n (n + 1)(n + 2) \frac{\Delta V}{I}$$

Bentangan atau spasi yang terdapat dikonfigurasi akan berpengaruh pada kedalaman informasi dari harga tahanan jenis pada suatu wilayah *subsurface* tersebut. Semakin panjang bentangan arus yang digunakan pada pengukuran akan mendapatkan informasi nilai harga tahanan jenis yang lebih dalam. Dan

sebaliknya ketika jarak bentangan semakin dekat maka yang didapatkan adalah nilai informasi pada daerah yang dangkal.

Apparent Resistivity (Resistivitas Semu)

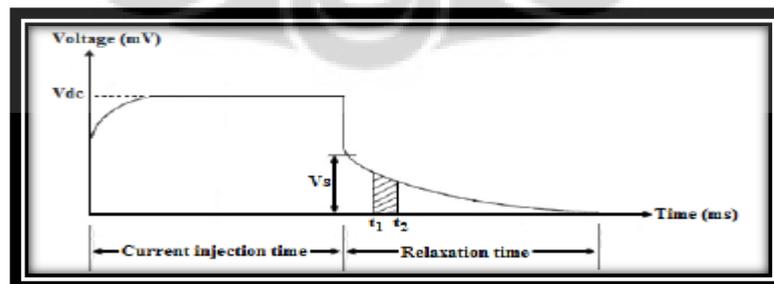
Pada awal dijelaskan bahwasanya penganggapan dilakukan dengan bumi sebagai medium homogen dan isotropis. Dengan pendekatan awal seperti hal tersebut maka ketika melakukan pengukuran dilapangan di dapatkan nilai resistivitas yang sebenarnya (*true resistivity*). Namun pada kenyataan sebenarnya, bumi merupakan suatu medium yang terdiri dari beberapa lapisan dan tiap lapisan tersusun atas batuan yang berbeda, maka dengan perbedaan batuan di tiap lapisan maka karakteristik dari nilai resistivitas batuan pun berbeda. Sehingga nilai yang didapat dari tiap titik pengukuran selalu dipengaruhi oleh tiap materi yang berada di sekitarnya, atau nilai *resistivity* yang didapat merupakan nilai *resistivity* yang tidak hanya berasal dari 1 lapisan saja. Pengertian ini yang pada akhirnya dikenal dengan istilah resistivitas semu (*apparent resistivity*).

Table 7.1 Resistivities of common geologic materials	
Material	Nominal resistivity (Ωm)
Sulphides:	
Chalcopyrite	$1.2 \times 10^{-5} - 3 \times 10^{-1}$
Pyrite	$2.9 \times 10^{-5} - 1.5$
Pyrrhotite	$7.5 \times 10^{-6} - 5 \times 10^{-2}$
Galena	$3 \times 10^{-5} - 3 \times 10^2$
Sphalerite	1.5×10^7
Oxides:	
Hematite	$3.5 \times 10^{-3} - 10^7$
Limonite	$10^3 - 10^7$
Magnetite	$5 \times 10^{-3} - 5.7 \times 10^3$
Ilmenite	$10^{-3} - 5 \times 10$
Quartz	$3 \times 10^2 - 10^6$
Rock salt	$3 \times 10 - 10^{13}$
Anthracite	$10^{-3} - 2 \times 10^5$
Lignite	$9 - 2 \times 10^2$
Granite	$3 \times 10^2 - 10^6$
Granite (weathered)	$3 \times 10 - 5 \times 10^3$
Syenite	$10^2 - 10^6$
Diorite	$10^4 - 10^5$
Gabbro	$10^3 - 10^6$
Basalt	$10 - 1.3 \times 10^7$
Schists (calcareous and mica)	$20 - 10^4$
Schist (graphite)	$10 - 10^2$
Slates	$6 \times 10^2 - 4 \times 10^7$
Marble	$10^2 - 2.5 \times 10^8$
Consolidated shales	$20 - 2 \times 10^3$
Conglomerates	$2 \times 10^3 - 10^4$
Sandstones	$1 - 7.4 \times 10^8$
Limestones	$5 \times 10 - 10^7$
Dolomite	$3.5 \times 10^2 - 5 \times 10^3$
Marls	$3 - 7 \times 10$
Clays	$1 - 10^2$
Alluvium and sand	$10 - 8 \times 10^2$
Moraine	$10 - 5 \times 10^3$
Sherwood sandstone	100-400
Soil (40% clay)	8
Soil (20% clay)	33
Top soil	250-1700
London clay	4-20
Lias clay	10-15
Boulder clay	15-35
Clay (very dry)	50-150
Mercia mudstone	20-60
Coal measures clay	50
Middle coal measures	> 100
Chalk	50-150
Coke	0.2-8
Gravel (dry)	1400
Gravel (saturated)	100
Quaternary/Recent sands	50-100
Ash	4
Colliery spoil	10-20
Pulverised fuel ash	50-100
Laterite	800-1500
Lateritic soil	120-750
Dry sandy soil	80-1050
Sand clay/clayey sand	30-215
Sand and gravel	30-225
Unsaturated landfill	30-100
Saturated landfill	15-30
Acid peat waters	100
Acid mine waters	20
Rainfall runoff	20-100
Landfill runoff	< 10-50
Glacier ice (temperate)	$2 \times 10^6 - 1.2 \times 10^8$
Glacier ice (polar)	$5 \times 10^4 - 3 \times 10^5 *$
Permafrost	$10^3 - > 10^4$

Tabel 2. 1 Tabel nilai resistivity (Telford, et al., 1990)

2.3 Metode IP

Metode IP adalah salah satu bagian dari metode geolistrik selain *resistivity*. Hal yang diamati oleh metode ini adalah fenomena ketidaklangsungannya suatu batuan hilang dari pengaruh listrik yang mengenai batuan tersebut. Dengan kata lain, suatu batuan akan dianalogikan sebagai sebuah kapasitor. Seperti telah diketahui, bahwasanya sebuah kapasitor akan memiliki karakteristik berupa kemampuan untuk menyimpan muatan listrik, karakteristik inilah yang akan dianalogikan dengan batuan, ketika suatu batuan yang awalnya dialirkan arus lalu kemudian arus tersebut dihilangkan ternyata tegangan pada batuan tersebut tidak akan langsung bernilai nol melainkan diperlukan suatu waktu tertentu hingga batuan tersebut mampu menjadi benar-benar nol. Adanya selang waktu yang diperlukan batuan tersebut untuk lepas dari pengaruh listrik inilah yang dianalogikan sebagai kemampuan batuan untuk menyimpan suatu muatan listrik. Karakteristik ini umumnya dikenal dengan istilah *chargeability*. Suatu batuan akan memiliki nilai *chargeability* yang berbeda-beda dengan batuan lain. Sehingga dengan mengetahui nilai *chargeability* suatu batuan akan lebih mudah mengenali batuan apa yang terdapat pada daerah penelitian. Indikasi nilai *chargeability* didapatkan dengan melihat fenomena adanya waktu delay tersebut. Waktu delay adalah perbedaan waktu yang diperlukan untuk batuan lepas dari pengaruh arus yang mengenainya. Kemudian akan dikenal dengan sebutan waktu relaksasi (*relaxation time*) (Jesper, 2005)



Gambar 2. 8 Grafik pengukuran IP (Jesper, 2005)

Terdapat beberapa faktor yang mampu membangkitkan efek polarisasi ini.

- Membrane polarization
- Electrode polarization

Dalam pengukuran dilapangan, umumnya terdapat 2 jenis pengukuran yang sering dilakukan dalam metode ini, yaitu pengukuran secara *Time Domain* dan *Frekuensi Domain*. Berikut penjabaran 2 jenis pengukuran tersebut.

2.3.1 Time Domain

Cara termudah dalam melakukan pengukuran dengan menggunakan metode *time domain* ialah dengan melihat atau membandingkan berapa tegangan sisa pada waktu tertentu setelah tegangan bvgan dari sumber dimatikan. Karena nilai tegangan pada waktu tertentu ($V_{(t)}$) akan lebih kecil dibandingkan dengan tegangan awal yang diberikan V_c maka dengan membandingkan nilai $V_{(t)}/V_c$ akan menghasilkan rasio berupa milivolt/volt. Maka waktu tempuh dari nilai $V_{(t)}$ akan berkisar antara 0,1 sampai 1 detik (Telford, et al., 2004).

Dalam domain waktu kita mampu mendapatkan nilai *chargeability* dengan menggunakan persamaan

$$M_a = \frac{1}{V_c} \int_{t_1}^{t_2} V(t) dt \quad (2.16)$$

M_a = Chargeability (msec) V_c = *steady voltage*

2.3.2 Frekuensi Domain

Dalam domain frekuensi prinsip pengukuran ialah dengan melihat respon dari batuan dengan memberikan perbedaan frekuensi. Pada pengukuran domain frekuensi ini digunakan 2 jenis frekuensi yaitu frekuensi yang kecil dan frekuensi yang besar. Sehingga dengan memberikan frekuensi yang berbeda tersebut materi yang terkena akan memiliki tanggapan yang berbeda pula. Tegangan yang

dihasilkan dalam proses ini akan mencerminkan sifat polarisasi suatu bahan. Umumnya dalam domain ini menggunakan *range* frekuensi antar 0,1 – 10 Hz.

Dalam domain frekuensi umumnya akan didapatkan besar dari frekuensi *effect* yaitu perbandingan nilai *resistivity* pada frekuensi rendah dan tinggi.

$$FE = 100 \frac{\rho_{aDC} - \rho_{aAC}}{\rho_{aAC}} \quad (2.17)$$

Dimana :

ρ_{aDC} = *apparent resistivity* pada frekuensi rendah

ρ_{aAC} = *apparent resistivity* pada frekuensi tinggi

dari frekuensi *effect* ini akan didapatkan nilai Metal Faktor (MF) dari batuan tersebut dengan persamaan

$$MF = 2\pi \cdot 10^5 \frac{FE}{\rho_{aDC}} \quad (2.18)$$

Pada penelitian ini, pengukuran metode IP menggunakan jenis pengukuran berupa *time domain*, sehingga akan menghasilkan sebaran nilai *chargeability* dari daerah pengukuran.

BAB III

AKUISISI DAN PENGOLAHAN DATA

3.1 Desain Pengukuran

Akuisisi data dilakukan guna mendapatkan data pengukuran yang diinginkan. Sebelum melakukan proses pengambilan data tersebut ada beberapa hal yang harus dilakukan, salah satunya ialah desain pengukuran. Dimana desain pengukuran ini merupakan hal yang dilakukan dengan terlebih dahulu melakukan pendugaan terhadap daerah penelitian. Untuk penelitian ini lintasan membentang dari arah Timur – Barat dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah Cipayung, Depok. Desain pengukuran dilakukan dengan adanya pendugaan telah terjadi rembesan dari air sampah terhadap air tanah didaerah sekitar TPA. Gambar 3.1 merupakan desain pengukuran pada daerah penelitian



Gambar 3. 1 Lintasan Pengukuran (Google Earth)

Pada penelitian ini terdapat 3 lintasan yang membentang sepanjang 825 m, dan berada pada daerah timur dari Tempat Pembuangan Akhir. Yang selanjutnya lintasan paling utara akan disebut sebagai lintasan 1, kemudian bergerak ke selatan lintasan 2, dan terakhir lintasan 3.

3.2 Akuisisi Data

3.2.1 Instrumentasi dan Perlengkapan

Pada dasarnya Instrumentasi yang digunakan dalam pengukuran baik itu *resistivity* maupun IP menggunakan peralatan yang sama. Peralatan yang digunakan berupa :

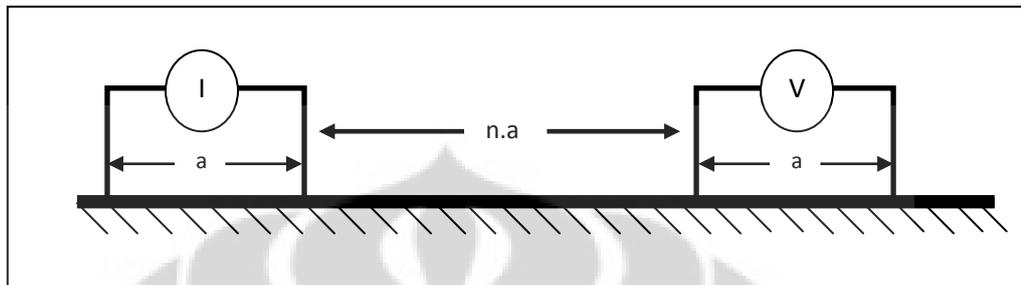
1. Instrumentasi SUPERSTING R8/IP (multi chanel)
2. 4 Set kabel pengukuran (210 m/set)
3. Elektroda (56 buah)
4. *Accu*
5. GPS dan altimeter
6. Alat bantu ukur (meteran)
7. Palu 2 buah
8. *Handy talky* (alat komunikasi)



Gambar 3. 2 Peralatan pengukuran

3.2.2 Konsep Pengambilan Data

Pada penelitian guna mendeteksi ada tidaknya rembesan air lindi yang terjadi pada daerah timur TPA, baik itu pengukuran *resistivity* maupun pengukuran IP keseluruhan menggunakan konfigurasi dipole-dipole. Berikut tampilan konfigurasi untuk dipole-dipole.



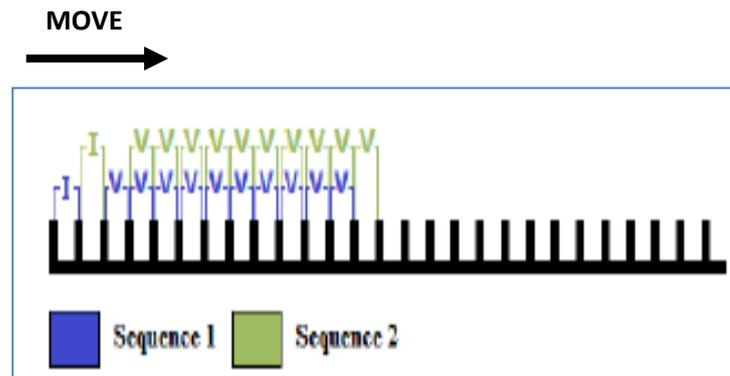
Gambar 3. 3 Konfigurasi Dipole-dipole

dimana

- $a = 15, 30, 45, 60, 75, 90$
- $n = 1 \text{ s/d } 8.$

Resistivity

Secara umum proses pengambilan data pada pengukuran konfigurasi dipole-dipole adalah elektroda arus (I) akan tetap pada posisi untuk menginjeksikan arus lalu kemudian elektroda tegangan (V) akan bergerak dengan variasi “n” yang berbeda. Untuk 1 set pengukuran ketika elektroda tegangan telah bergerak sejauh “n”. Setelah itu elektroda arus yang akan bergerak. Berikut ilustrasi untuk 2 set pengukuran.



Gambar 3. 4 Ilustrasi cara kerja konfigurasi dipole-dipole untuk 2 set pengukuran (Jesper, 2005)

Untuk pengukuran *resistivity* ketika arus diinjeksikan, maka batuan yang terkena arus listrik akan memberikan respon. Respon ini tergambarkan dalam bentuk tegangan yang diukur pada titik tertentu. Dengan menggunakan data arus (I) dan tegangan (V), dapat dihasilkan nilai *apparent resistivity* pada daerah tersebut.

Induced Polarization (IP)

Pada pengukuran di lapangan, pengambilan data IP menggunakan prinsip *time domain*, dimana arus DC yang diinjeksikan kedalam *subsurface* ketika dimatikan sumber arusnya seharusnya nilai tegangan yang awalnya terukur akan menjadi nol (0) atau habis, namun kenyataannya proses penurunan tegangan tersebut memerlukan waktu tertentu untuk dapat habis. Lamanya proses tersebutlah yang di jadikan *measurement* pengukuran pada metode ini. Sehingga didapatkan nilai *chargeability* pada tiap datum pengukuran yang letaknya sama dengan datum *resistivity*

3.2.3 Prosedur Pengukuran

Berikut penjelasan umum prosedur pengukuran di lapangan dengan menggunakan konfigurasi dipole-dipole :

1. Berdasarkan desain pengukuran, menuju ke titik awal.
2. Melakukan pemasangan elektroda di titik awal sebagai *benchmark* untuk titik selanjutnya, kemudian melakukan pemasangan di titik selanjutnya dengan jarak 15 m dari titik awal. Dipastikan elektroda telah terkoneksi dengan baik ke tanah, hal ini dilakukan agar arus mampu melakukan penetrasi dengan baik



Gambar 3. 5 Proses pemasangan elektroda dilapangan

3. Pemasangan elektroda berjalan, bersamaan dengan pembentangan kabel pengukuran. Selain dibentangkan, elektroda yang sudah terpasang di satukan dengan sensor yang berada pada kabel pengukuran. Sensor inilah yang menjadi sebuah *controlled* yang mampu mengatur suatu elektroda menjadi set arus atau set tegangan.
4. Setelah elektroda dan sensor terhubung, maka langkah selanjutnya adalah melakukan kalibrasi pada lintasan pengukuran. Kalibrasi dilakukan dengan menggunakan instrumentasi pengukuran. Proses kalibrasi dilakukan untuk melakukan pemeriksaan terhadap hubungan koneksi antara elektroda dan sensor.

5. Setelah semua elektroda terhubung dengan baik, maka dilakukan pengukuran yang diawali dengan melakukan *setting* alat.



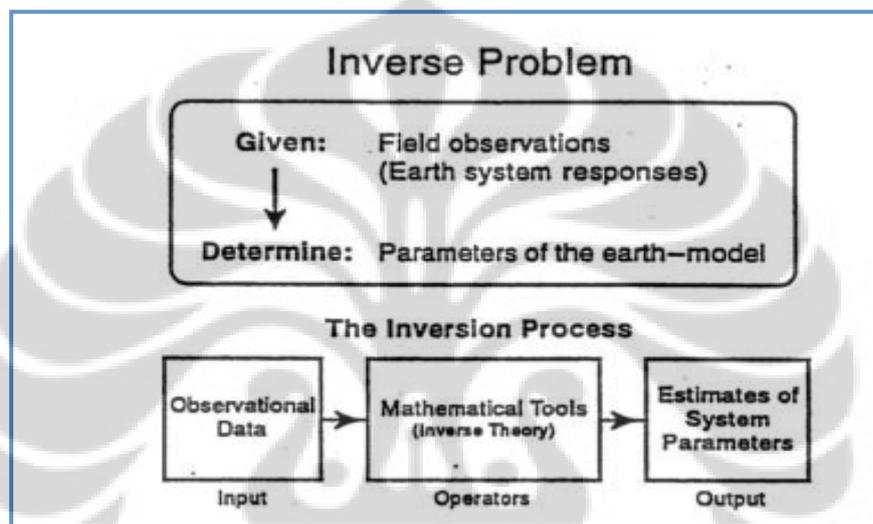
Gambar 3. 6 Proses pembentangan kabel dan penyatuan elektroda dengan sensor sebelum dilakukan pengukuran

6. Ketika pengukuran berlangsung, dengan menggunakan GPS dan altimeter melakukan pengambilan data posisi tiap elektroda dan juga elevasi titik ukur.
7. Setelah 1 lintasan selesai, dilakukan pengukuran pada lintasan selanjutnya. Prosedur pengukuran pada tiap lintasan mengulang prosedur pengukuran sebelumnya. Hingga keseluruhan lintasan terukur.

Setelah melakukan pengukuran pada 3 lintasan, maka hal selanjutnya adalah mengolah data-data tersebut agar dapat diinterpretasi. Adapun data yang diperoleh dari hasil pengukuran berupa nilai resistivitas dan data *induced polarization* untuk 3 lintasan tersebut. Selain itu, juga didapat data posisi dan ketinggian yang mampu membantu dalam melakukan pengolahan data.

3.3 Pengolahan Data

Proses selanjutnya setelah mendapatkan data dilapangan, ialah melakukan proses pengolahan data. Proses pengolahan ini dilakukan dengan menggunakan inversi, dimana inversi adalah proses perhitungan dengan memanfaatkan model matematik guna mendapatkan *unknown* parameter yang diinginkan (Supriyanto, 2007), dalam penelitian ini *unknown* parameter yang dimaksud merupakan parameter fisis. Sehingga nilai dari unknown parameter tersebut berupa besaran fisika yang umumnya dikenal.



Gambar 3. 7 Alur permodelan inversi (Supriyanto, 2007)

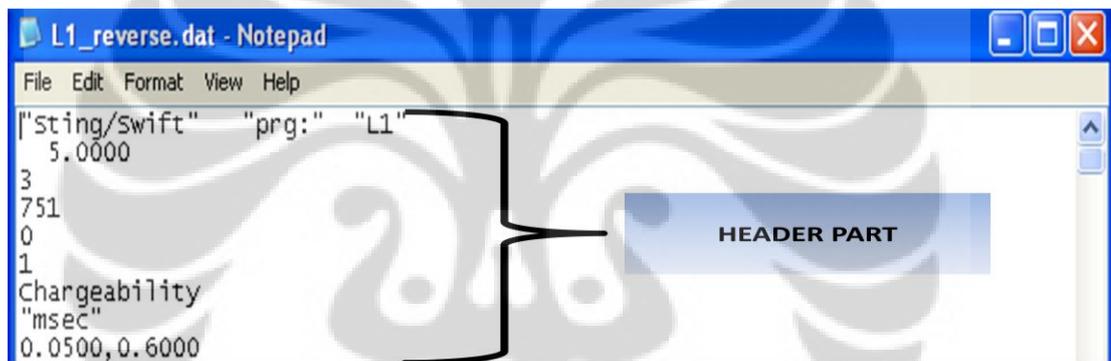
Proses inversi yang dilakukan pada penelitian ini dengan memanfaatkan program *Res2Dinv*. sebelum menggunakan program tersebut diperlukan inputan data dalam format *.dat

3.3.1 Format Data

Setelah pengukuran, data yang didapat akan diolah dengan menggunakan program *Res2dinv*, namun untuk dapat diolah diperlukan data input yang sesuai dengan permintaan program tersebut. Dalam format datainput terdapat 3 bagian, yaitu bagian *header*, *body*, dan *footer*. Berikut penjabaran format data yang harus dimasukkan dalam penggunaan program tersebut

HEADER PART

Lintasan1.*dat	keterangan
Baris 1 -----	(nama lintasan “judul”)
Baris 2 -----	(spasi)
Baris 3 -----	(konfigurasi : Lihat tabel 3.1)
Baris 4 -----	(jumlah datum)
Baris 5 -----	(lokasi titik awal pengukuran; 1 = tengah, 0= pinggir)
Baris 6 -----	(ketersediaan data IP)
Baris 7 -----	(tipe data IP)
Baris 8 -----	(unit IP)
Baris 9 -----	(<i>delay time, integration time</i>)



Gambar 3. 8 Format data bagian Header

BODY PART

Dalam format *res2Dinv* isi dari bagian ini akan berupa kolom, dikarenakan dalam pengukuran di lapangan terdapat data IP, maka kolom dalam bagian *body* ini akan berjumlah 5 kolom.

Kolom 1	-----	(berisi lokasi titik pengukuran)
Kolom 2	-----	(berisi spasi elektroda)
Kolom 3	-----	(faktor pengali)
Kolom 4	-----	(app. <i>resistivity</i>)
Kolom 5	-----	(app. IP)

0.0000,	15.0000,	1.000000,	17.9205,	3.9386
15.0000,	15.0000,	1.000000,	66.7082,	5.7572
30.0000,	15.0000,	1.000000,	88.5932,	5.6200
45.0000,	15.0000,	1.000000,	55.1178,	2.8449
60.0000,	15.0000,	1.000000,	57.9214,	2.0232
75.0000,	15.0000,	1.000000,	41.1741,	6.3666
90.0000,	15.0000,	1.000000,	40.4404,	3.7188
105.0000,	15.0000,	1.000000,	34.6564,	3.1267

BODY PART

Gambar 3. 9 Format data bagian Body

FOOTER PART

Pada bagian footer ini terdapat 2 bagian berbeda, yaitu bagian baris dan kolom.

Pada bagian baris ;

Baris 1 ----- (ketersediaan data topografi)

Baris 2 -----(jumlah data topografi)

Kolom 1 -----(titik lokasi)

Kolom 2 -----(nilai data)

2	1.0000,	173.9417
56	16.0000,	175.4410
	31.0000,	175.9403
	46.0000,	176.9396
	61.0000,	175.9382
	76.0000,	175.9257
	91.0000,	176.4375
	106.0000,	174.4431
	121.0000,	173.9438
	136.0000,	174.9444
	151.0000,	173.9451
	166.0000,	173.9458
	181.0000,	173.9465
	196.0000,	173.9472
	211.0000,	173.4486
	226.0000,	173.9493
	241.0000,	174.4500
	256.0000,	174.9507
	271.0000,	174.4521
	286.0000,	174.9528
	301.0000,	175.9535
	316.0000,	175.9549

FOOTER PART

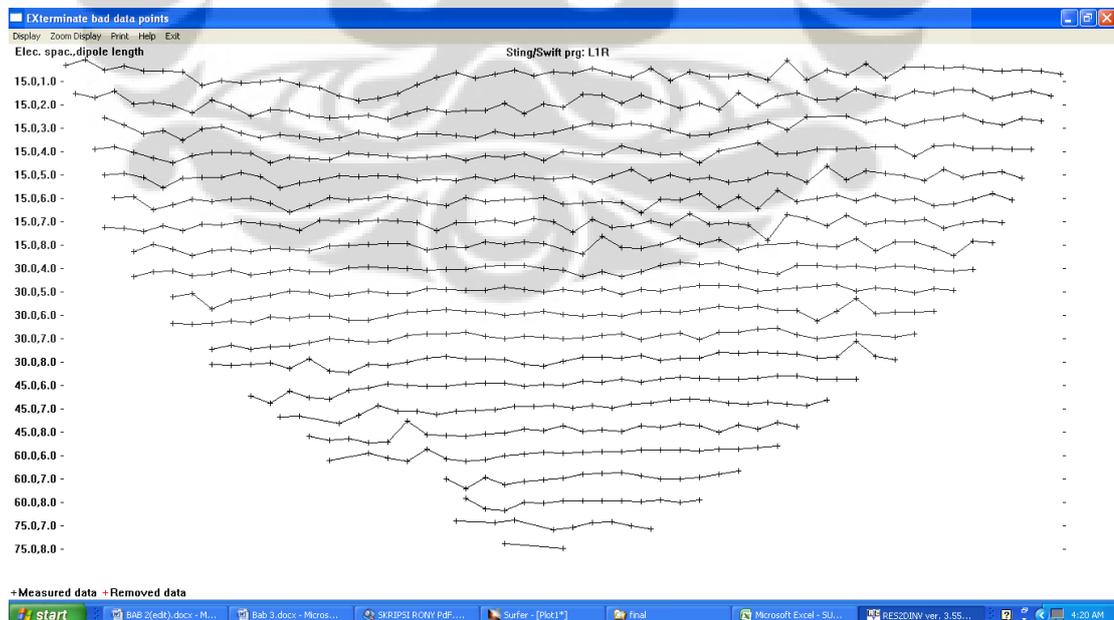
Gambar 3. 10 Format data bagian footer

3.3.2 Input Data

Untuk proses pengolahan data, ketika format data telah sesuai dengan apa yang diinginkan oleh *software* yang digunakan, maka selanjutnya adalah proses pengolahan. Proses pengolahan ini dilakukan dengan terlebih membaca file yang akan diolah.

Berikut proses pengolahan data hingga menjadikan data yang siap interpretasi.

- Proses pembacaan dengan meng-klik **File** pada aplikasi *software* kemudian *read data file*.
- Setelah terbaca, kemudian melakukan inversi dengan meng-klik *inversion – least-square inversion*.
- Setelah inversi selesai, bilamana nilai RMS error masih terlihat cukup besar maka dapat melakukan proses editing dengan meng-klik *edit – exterminated bad datum points*. Proses ini dilakukan dengan meng-klik datum-datum pengukuran yang di anggap tidak sesuai dengan tren datum lain pada daerah tersebut.
- Bila dirasakan masih memiliki nilai RMS yang relatif besar, maka dapat melakukan proses editing lain salah satunya ialah dengan menaikkan *damping factor* dengan meng-klik *change setting – Inversion damping parameter – Damping factor*. proses ini ialah proses menaikkan *damping factor* pada proses inversi dengan pendugaan nilai RMS error tinggi disebabkan oleh noise yang besar di waktu pengukuran.
- Melakukan interpretasi dengan data yang sudah selesai di inversi.

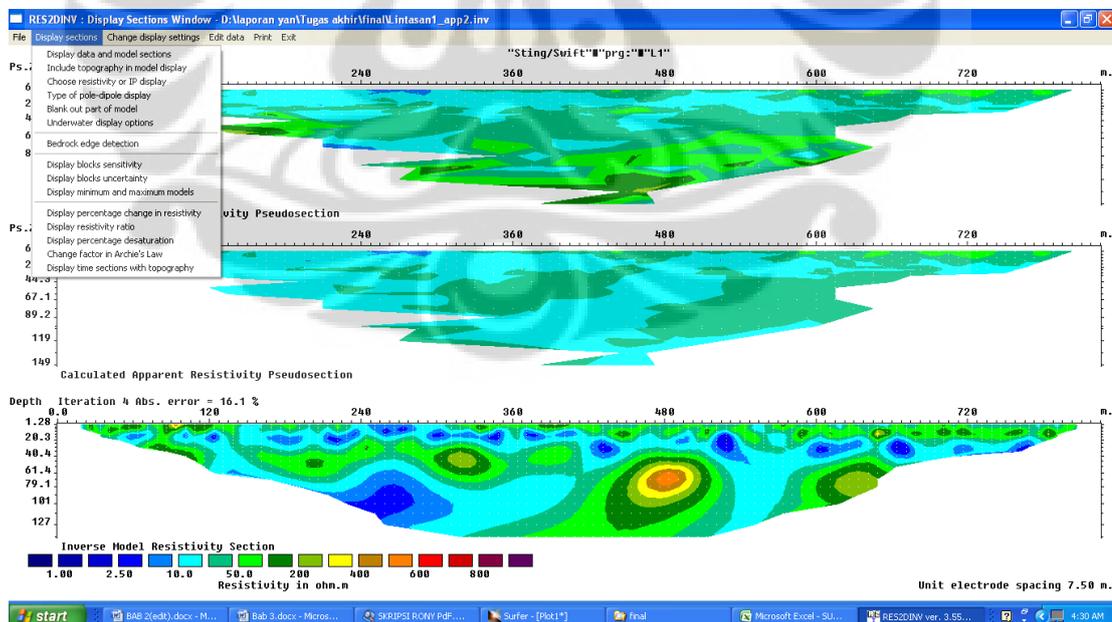


Gambar 3. 11 Tampilan datum pengukuran

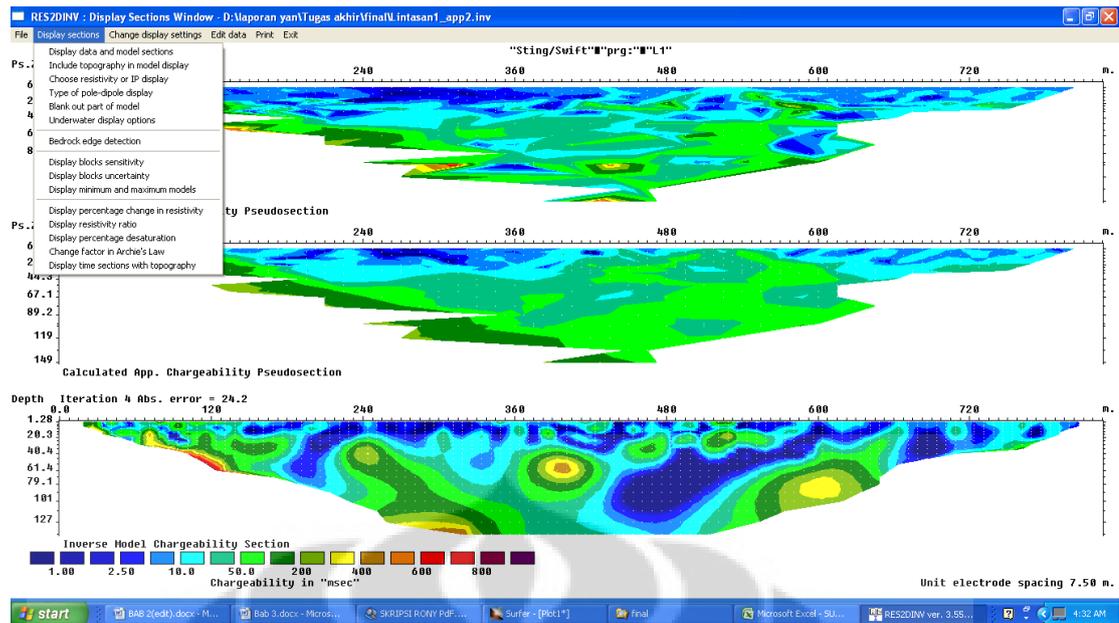
Tampilan diatas merupakan tampilan datum point dari pengukuran, dengan melihat persebaran datum pengukuran untuk tiap lintasan, dapat diketahui nilai mana yang dapat di *removed*. Hal tersebut dilakukan dengan penganggapan data tersebut di luar trend yang ada. Diharapkan dengan melakukan proses tersebut dapat mengurangi nilai RMS error pada data.

3.3.3 Output data

Setelah data selesai di edit maka tampilan dari *display section* terdiri atas 3 bagian yaitu: *measured apparent (resistivity dan chargebility)*, *calculated apparent (resistivity dan chargebilit)*, dan *inversion model section (resistivity dan chagebility)*. *Measured apparent* adalah tampilan sebaran data yang kita ukur dilapangan dengan kata lain hasil plotting dari data mentah pada lapangan. Kemudian *calculated apparent* merupakan data hasil perhitungan yang dilakukan oleh *software* tersebut. Dan *inverse model* merupakan data hasil akhir setelah dilakukan proses-proses inverse pada software tersebut (*true resitivity*).



Gambar 3. 12 Tampilan hasil inversi (resistivias)



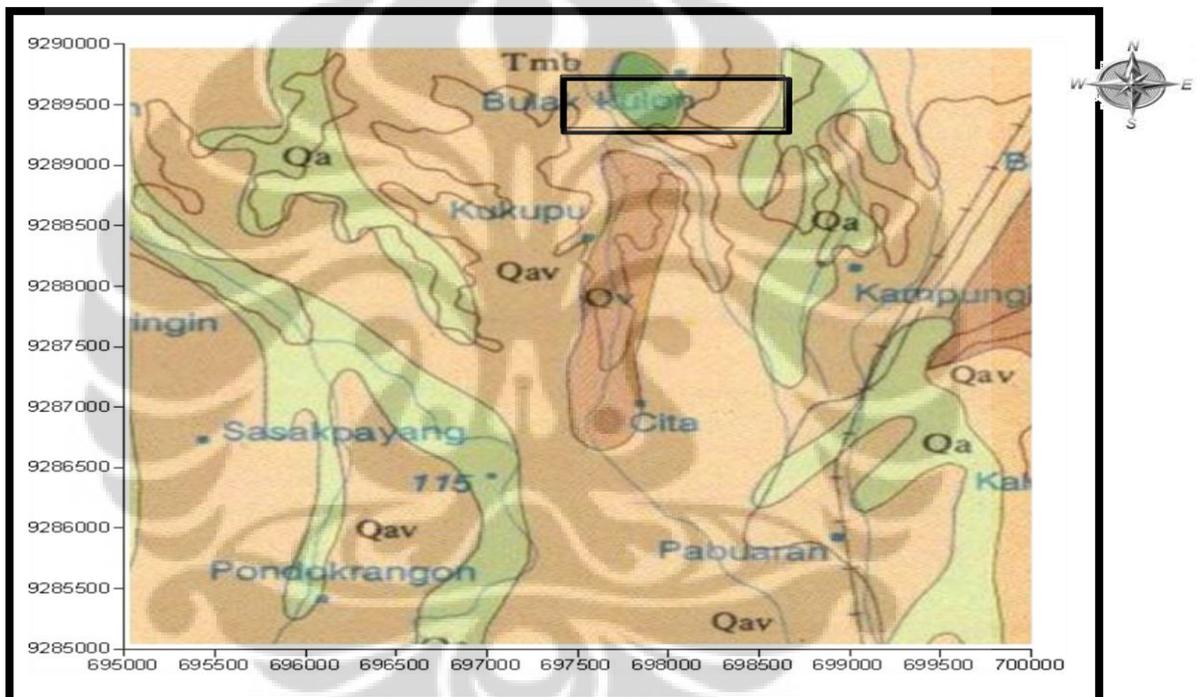
Gambar 3. 13 Tampilan hasil inversi (*chargeability*)

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

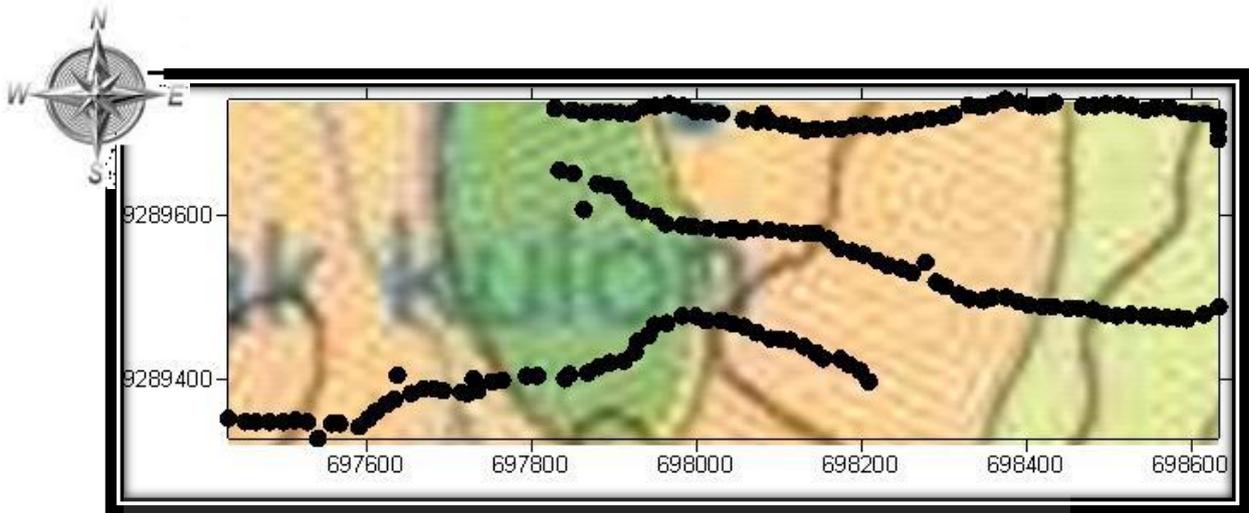
4.1 Geologi Regional

Daerah penelitian tentang sebaran air lindi pada wilayah sekitar TPA Cipayung Depok, secara umum terdiri atas endapan-endapan permukaan. Endapan permukaan pada daerah penelitian ini lebih didominasi oleh batuan pasir tufan dan konglomerat/ kipas aluvium.



Gambar 4. 1 Penampang Geologi (Turkandi dkk, 1992)

Peta diatas merupakan peta geologi regional daerah disekitar Citayam. Peta ini digunakan untuk membantu mengenali daerah penelitian yang merupakan bagian dari peta tersebut. Berikut peta geologi daerah pengukuran disertai dengan titik pengukuran



Gambar 4. 2 Peta Geologi daerah pengukuran disertai titik pengukuran

Terlihat pada peta penampang Geologi daerah penelitian, terdapat sekitar 3 batuan yang dominan. Batuan tersebut adalah :

- **Qa** : Batuan aluvium, merupakan endapan permukaan yang terdiri atas lempung, lanau, pasir, kerikil, kerakal, dan bongkah
- **Qav** : Batuan kipas alluvium, merupakan endapan permukaan yang terdiri atas tuf halus berlapis, tuf pasir berselang dengan tuf konglomerat
- **Tmb** : Formasi Bojong Manik yang terdiri atas perselingan batu pasir dan batu lempung dengan sisipan gamping

Secara umur, batuan alluvium (Qa) berumur lebih muda dari yang lain, selanjutnya batuan kipas alluvium (Qav) dan Formasi Bojong Manik (Tmb).

Batuan alluvium (Qa) terdiri dari lempung, pasir, kerikil dan bongkahan. Endapan ini meliputi endapan pantai sekarang, endapan sungai dan rawa.

Batuan kipas alluvium (Qav) terdiri dari tuf halus berlapis, tuf konglomerat berselang-seling dengan tuf pasir dan tuf batu apung. Tuf halus, kelabu muda, berlapis tipis, pejal, merupakan bagian bawah dari satuan ini, tebal yang tersingkap sekitar 2 m. Sebagian lapisannya memperlihatkan perairan sejajar. Pada tuf konglomerat, pemilahan buruk, membundar tangung-membundar sempurna, berbutir 1-3 cm, tersusun oleh andesit dan kuarsa, matrik tuf halus, tebal sekitar 1,5 m. Tuf pasir, pemilahan buruk, berbutir halus-kasar,

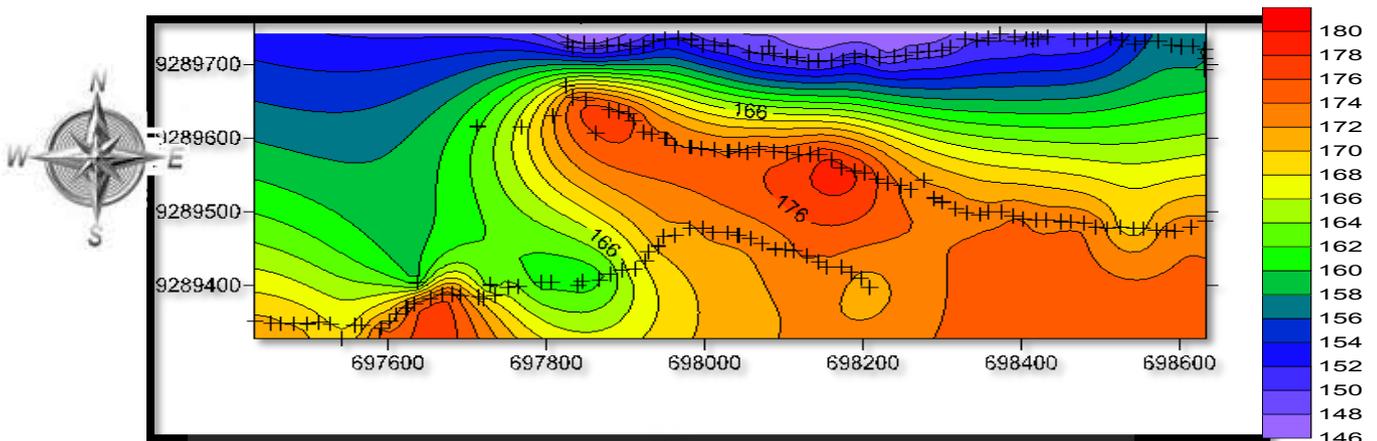
membundar tanggung-membundar, bersusun andesitan, berselang-seling dengan tuf konglomerat. Tuf batu apung mengandung konkresi besi dan fragmen batu apung, membundar tanggung sampai membundar, garis tengah 3 – 5 cm dan kerikil kuarsa yang bundar, menindih langsung tuf konglomerat.

Formasi Bojong Manik (Tmb) terdiri dari perselingan batu pasir dan batu empung dengan sisipan batu gamping. Batu pasir, berbutir halus-sedang, membundar tanggung-bundar, terpilah baik, tersusun oleh kuarsa dan banyak glokonit, tebal 40-80 cm. Batu lempung, berlapis baik, berstruktur perairan, agak padat, tebal berkisar dari 10 – 30 cm. Batu gamping, berlapis dengan tebal 50 – 100 cm, mengandung fosil moluska dank oral. Pada beberapa tempat terdapat sisipan tipis tuf batu apung dan sedikit sisa tumbuhan, berstruktur silang-siur. Makin keatas jumlah tufnya makin tinggi kemudian didapatkan tuf halus.

4.2 Data Pendukung

4.2.1 Topografi dan Watertable

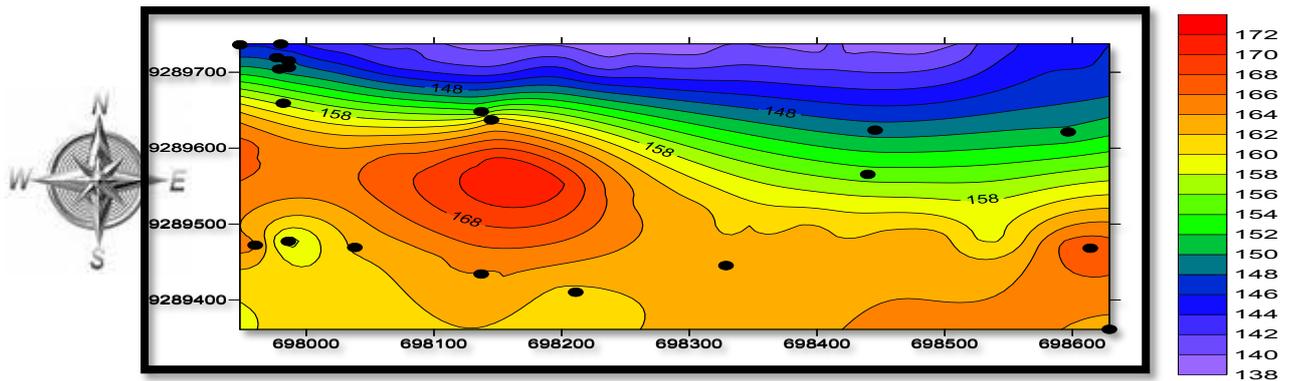
Topografi daerah penelitian menunjukkan tren semakin utara topografinya akan semakin rendah. Peta topografi berdasarkan data ketinggian yang dicatat pada tiap elektroda dilintasan dengan memanfaatkan altimeter. Peta topografi menunjukkan arah utara lebih rendah dibandingkan dengan arah selatan, sehingga air akan bergerak menuju kearah utara. Hal ini terjadi karena air akan bergerak dari tempat lebih tinggi menuju tempat yang lebih rendah. Data tersebut didukung dengan adanya sungai yang melintas dekat dengan daerah penelitian, aliran sungai bergerak dari arah selatan menuju arah utara.



Gambar 4. 3 Topografi daerah penelitian

Secara umum topografi permukaan mampu mengidentifikasi keadaan *watertable* dari daerah tersebut. Kecenderungan *watertable* suatu wilayah akan berkorelasi langsung dengan topografinya, dimana *watertable* akan mengikuti pola dari perubahan topografinya.

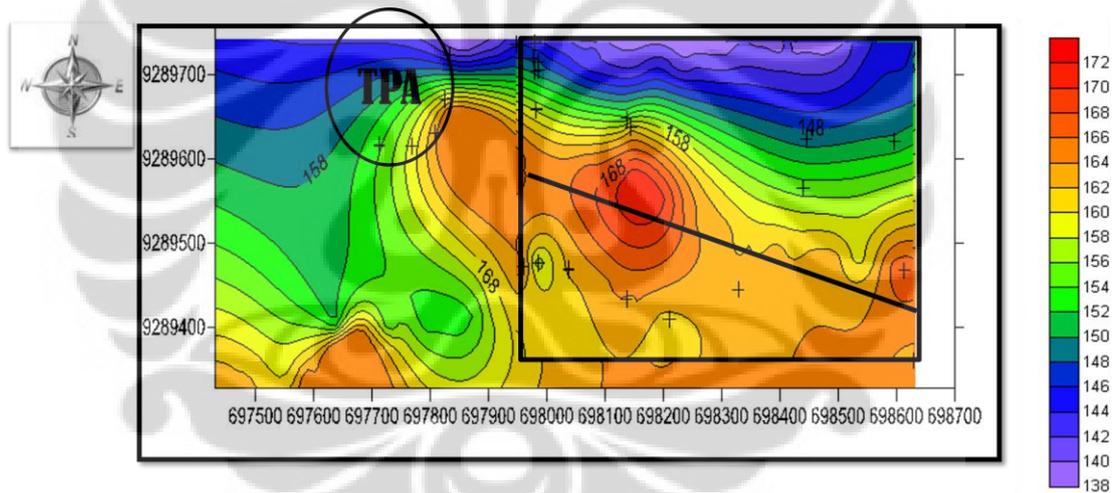
Penggambaran peta *watertable* daerah penelitian, memanfaatkan data sumur warga disekitar titik pengukuran di lapangan. Tiap sumur warga yang digunakan sebagai sample, diambil informasi kedalaman permukaannya. Informasi kedalaman permukaan air ini digunakan sebagai data untuk membuat peta distribusi kedalaman dari permukaan air didaerah penelitian. Dengan adanya peta distribusi kedalaman air, kita mampu mendapatkan peta ketinggian dari *watertable* daerah penelitian. Peta ini didapatkan dengan mengurangi ketinggian topografi daerah tersebut dengan kedalaman sumur-sumur warga, sehingga akan didapatkan peta sebaran *watertable* pada daerah penelitian. Berikut penggambaran *watertable* pada daerah penelitian.



Gambar 4. 4 Peta sebaran ketinggian watertable

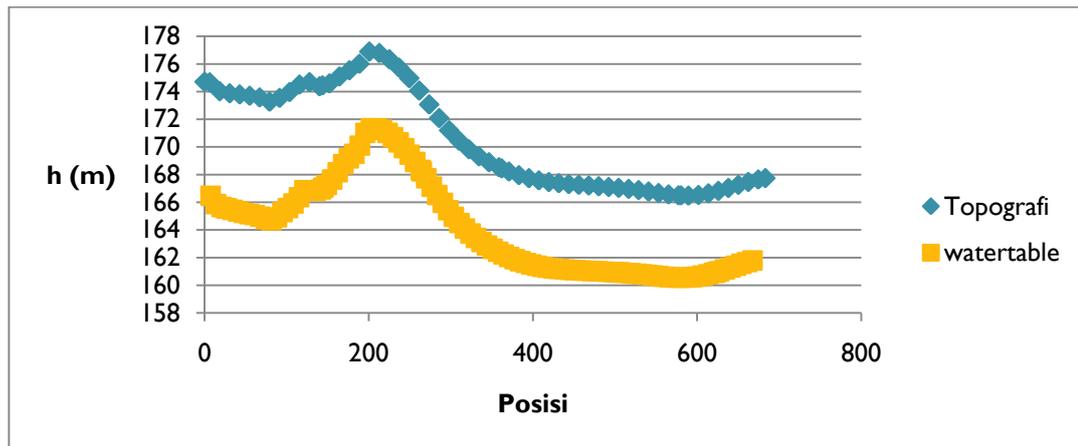
Guna

mempermudah melihat sebaran *watertable* pada daerah pengukuran, berikut gambaran *overlay* dan garis *slice* dari daerah pengukuran dengan peta *watertable* daerah tersebut :



Gambar 4. 5 Overlay daerah pengukuran dengan watertable

Letak TPA pada peta diatas digambarkan dengan bundaran pada daerah atas kiri dari peta overlay daerah pengukuran dengan sebaran watertabel diatas.



Gambar 4. 6 Slice data topografi dan watertable

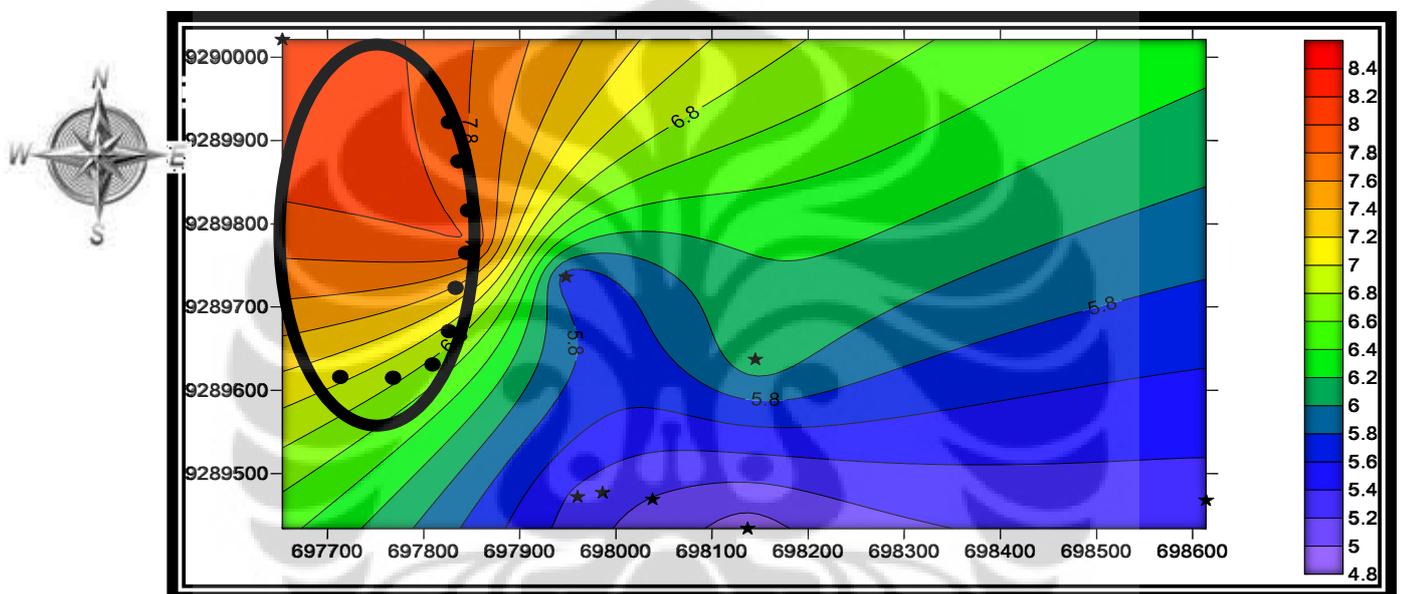
Terlihat dari Gambar 4.5 dan Gambar 4.6 sebaran watertable memiliki karakteristik nilai yang sama dengan topografi. Semakin utara daerah pengukuran nilai ketinggian *watertable* akan semakin rendah. Trend tersebut memiliki kesamaan dengan kecenderungan topografi di permukaan. Dengan adanya kecenderungan tersebut, apabila terjadi rembesan air lindi pada daerah pengukuran, maka kuat dugaan air lindi sulit untuk dapat merembas ke arah daerah selatan dari TPA. Namun terdapat kemungkinan air lindi mampu merembas ke arah timur dari TPA. Hal ini mungkin terjadi dikarenakan daerah timur TPA memiliki nilai variasi ketinggian yang relatif datar.

4.2.2 Derajat Keasaman (pH)

Salah satu karakteristik yang dapat dilihat dari suatu larutan lindi, ialah nilai derajat keasamannya. Larutan lindi akan memiliki nilai pH yang relatif basa dibandingkan dengan air murni pada umumnya. Tingkat kebasan air lindi dapat terlihat dari bagaimana proses air lindi terbentuk. Air lindi terbentuk akibat adanya air hujan ataupun air dari sampah itu sendiri yang terfiltrasi kedalam sampah yang sedang dalam proses pembusukan. Proses pembusukan inilah yang ketika terlarut dengan air akan menjadi suatu larutan air lindi. Sehingga air yang awalnya tidak memiliki kadar ammonia yang tinggi akan menjadi tinggi ketika air terlarut dengan cairan lindi. Pada umumnya air lindi dapat memiliki kadar ammonia hingga mencapai ribuan mg/L. Ammonia sendiri merupakan bahan yang

memiliki kadar basa yang tinggi, ketika bercampur dengan air maka air lindi akan menaikkan nilai pH dari air tersebut.

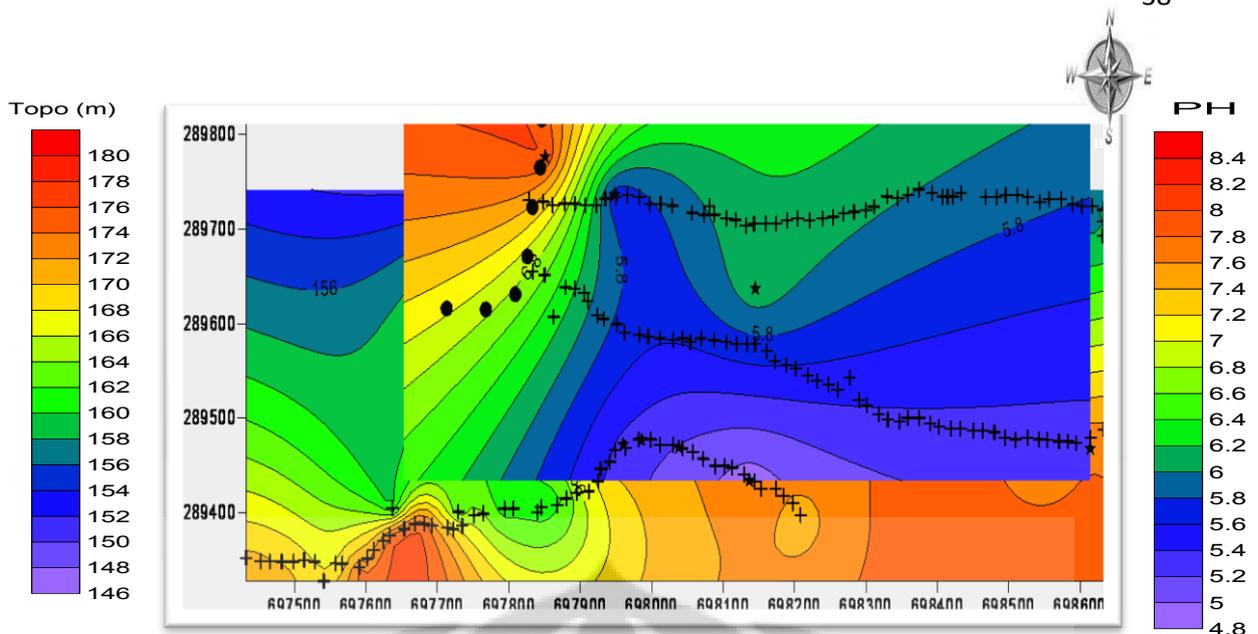
Dengan mengenali karakteristik lindi berupa pH. Indikasi pencemaran pada suatu daerah dapat dikenali dengan melihat distribusi nilai pH pada daerah tersebut. Suatu daerah yang terindikasi tercemar memiliki nilai pH yang relatif basa dibandingkan daerah sekitarnya. Berikut peta distribusi nilai pH pada daerah penelitian, dengan memanfaatkan sumur-sumur warga, air ipal dari TPA dan air yang langsung diambil dari tumpukan sampah itu sendiri.



Gambar 4. 7 Peta distribusi pH

Dari peta distribusi pH tersebut terlihat, bahwasanya daerah TPA memiliki nilai pH yang relatif basa (> 7) dan daerah yang jauh dari TPA memiliki pH yang lebih rendah dibandingkan TPA. Namun terdapat indikasi bahwasanya air lindi sudah mulai merembas keluar dari TPA, hal ini terlihat karena adanya nilai basa diluar batas TPA yang mengindikasikan daerah tersebut sudah mulai tercemari oleh air lindi.

Berikut overlay dari daerah pengukuran dan nilai pH untuk lebih mudah melihat daerah yang memiliki pH basa dan asam.



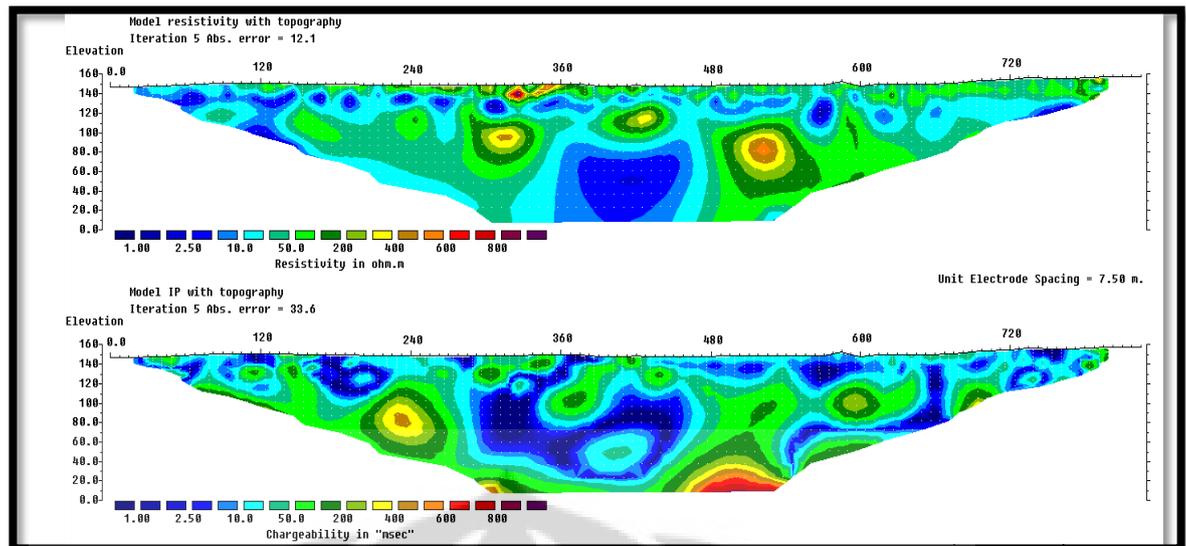
Gambar 4. 8 Overlay daerah pengukuran dan PH

Berdasarkan peta diatas, indikasi adanya daerah yang memiliki nilai pH yang bersifat basa terjadi pada lintasan 1. Pada lintasan tersebut, beberapa titik pengukuran masuk kedalam daerah bernilai basa. Dengan nilai pH seperti ini, indikasi adanya rembesan melewati daerah TPA dapat lebih diyakinkan dengan menggunakan data sebaran distribusi resistivitas dan *chargeability* bawah permukaan yang berasal dari pengukuran di lapangan.

4.3 Interpretasi Hasil

4.3.1 Lintasan 1

Lintasan 1 berada pada daerah paling utara dari ke 3 lintasan. Lintasan ini terdiri dari 56 elektroda dimana tiap elektroda berjarak sekitar 15 m. Salah satu yang unik dari lintasan ini adalah adanya sebuah elektroda yang berada pada daerah didalam TPA sehingga diharapkan mampu memberikan hasil yang lebih baik dalam penggambaran daerah yang terembas oleh air lindi. Berikut permodelan resistivitas dan *chargeability* pada lintasan 1.



Gambar 4. 9 Penampang resistivitas (atas) dan *chargeability* (bawah) lintasan 1

Gambar diatas merupakan model *resistivity* (atas) dan *chargeability* (bawah) dari lintasan 1. Berdasarkan nilai tersebut terlihat ada beberapa karakteristik unik yang terlihat dan tervisualisasi pada daerah tersebut. Pada daerah sekitar 300 m dari titik pertama pada kedalaman sekitar 50 m dari permukaan terdapat suatu nilai resistivity yang relatif besar (400 ohm-m) dan berbentuk membundar. Hal ini sesuai dengan geologi daerah tersebut. Menurut Turkandi (1992) pada daerah tersebut terdapat bongkahan-bongkahan membundar. Berdasarkan nilai *resistivity*, indikasi daerah yang membundar tersebut merupakan batuan alluvium. Indikasi serupa terlihat pada jarak sekitar 500 m dengan kedalaman yang relatif sama. Indikasi batuan tersebut pun terlihat dari nilai *chargeability* yang relatif besar.

Salah satu alasan melakukan pengukuran dengan 2 metode, *resistivity* dan IP ialah untuk lebih memudahkan mengenali daerah yang telah tercemar. Berdasarkan nilai resistivitasnya, suatu lapisan air tanah yang tercemar air lindi akan memiliki nilai resistivitas yang rendah (konduktif). Nilai ini akan sama dengan karakteristik dari clay. Batuan pada daerah pengukuran memang tersisipi oleh clay, sehingga akan menjadi ambigu ketika ditemukan daerah yang konduktif. Dengan menggunakan hasil *chargeability* maka dapat diketahui mana daerah yang merupakan rembasan. Menurut Gallas (2010) suatu cairan lindi akan memiliki kandungan *ionic content* yang tinggi, sehingga akan menghasilkan respon berupa

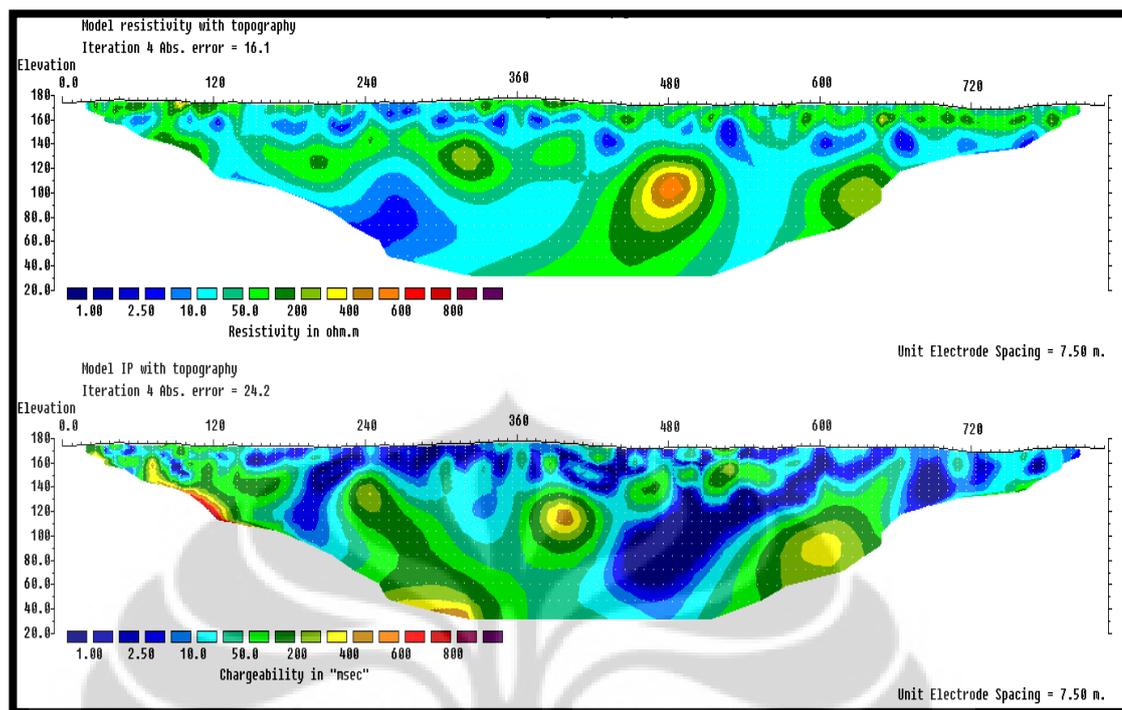
Universitas Indonesia

nilai *chargeability* yang rendah dibandingkan daerah sekitarnya. Berbeda dengan clay, seperti diketahui clay memiliki karakteristik berupa batuan konduktif dan memiliki nilai *chargeability* yang tinggi karena mineral-mineral *ore* yang terdapat pada clay akan mudah terpolarisasi. Sehingga digunakanlah data IP untuk memudahkan membaca anomali tersebut.

Maka indikasi pencemaran pada lintasan 1 terlihat pada titik-titik awal lintasan. Daerah tersebut memiliki nilai *resistivity* <10 ohm-m, dan nilai *chargeability* dari daerah tersebutpun rendah yang dapat disimpulkan daerah tersebut merupakan daerah konduktif yang sulit terpolarisasi.

Indikasi ini terus memanjang sejauh 120 m dengan kedalaman mencapai 20 – 30 m dibawah permukaan. Adanya batuan yang memiliki nilai *resistivity* >50 ohm-m di daerah sekitar 120 m mampu menjadi penghalang agar air yang terindikasi tercemar tidak dapat menyebar ke daerah lain. Batuan resistif ini memiliki nilai *chargeability* yang relatif besar yaitu antara 50–100 msec. Diduga batuan ini merupakan batuan yang memiliki *permeability* yang rendah sehingga mampu menghalangi air lindi untuk merembas ke daerah lain.

4.3.2 Lintasan 2



Gambar 4. 10 Model resistivity dan chargeability lintasan 2

Pada lintasan 2 ini, indikasi adanya alluvium pasir yang berbentuk membundar terlihat kembali. Terlihat dari nilai resistivitas yang relatif sama dengan apa yang ada pada lintasan 1 serta posisi benda anomali tersebut berada. Benda tersebut diperkirakan berada pada daerah dengan kedalaman sekitar 50 m dibawah permukaan dan berjarak kisaran 480 m dari titik awal pengukuran. Dapat dimungkinkan anomali tersebut memiliki kemenerusan dari lintasan 1, atapun merupakan suatu bentuk bolder yang tidak saling terhubung.

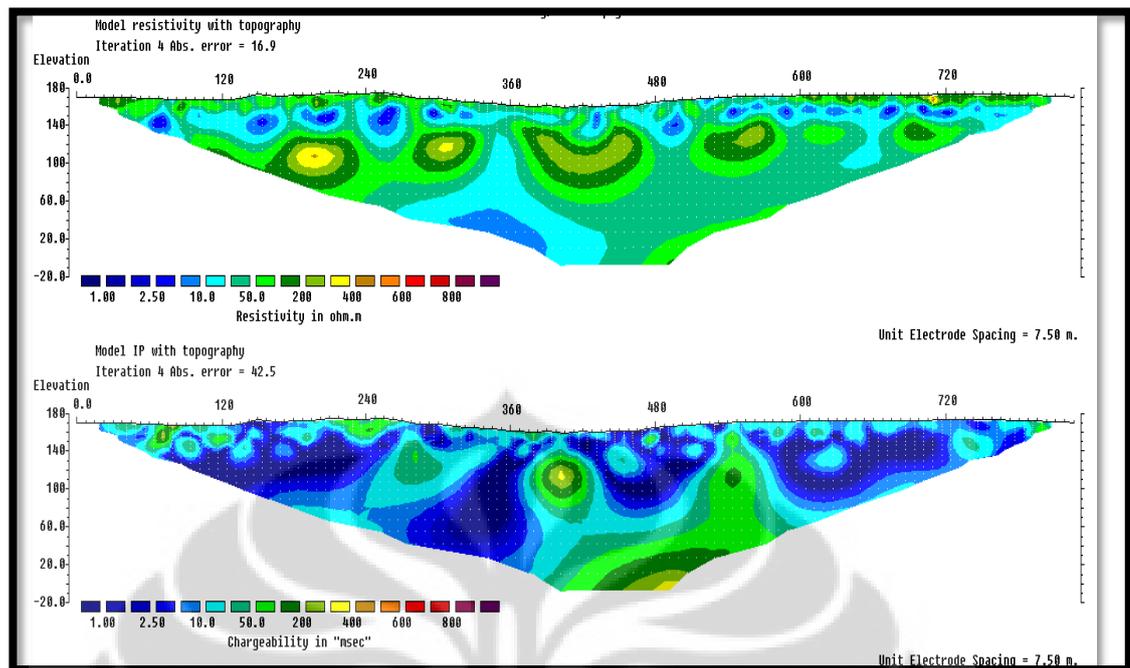
Pada lintasan ke 2 ini, indikasi pencemaran terlihat di titik-titik awal lintasan. Berbeda dengan lintasan 1, tidak ada satupun elektroda pada lintasan ini yang melewati daerah TPA. Sehingga anomali yang terlihat relatif lebih pendek yaitu sekitar 80 m dari titik awal. Anomali daerah konduktif terlihat pada jarak sekitar 80m dari titik awal pengukuran dengan kedalaman sekitar 20m. Pada daerah tersebut nilai resistivitas kurang dari 10 ohm-m, bahkan terkesan terlihat dibawah nilai 2,5 ohm-m. Indikasi daerah ini merupakan daerah rembesan air lindi

didukung dengan nilai *chargeability* yang juga rendah. Jadi kuat dugaan daerah konduktif ini bukan berasal dari batuan clay, melainkan dari suatu daerah yang dididuga terisi oleh larutan atau cairan limbah yang konduktif.

Seperti halnya lintasan 1, pada lintasan ke 2 inipun terlihat adanya suatu daerah yang memiliki nilai resistivitas yang tinggi dibandingkan dengan dugaan rembesan. Selain memiliki nilai resistivitas yang tinggi, daerah tersebut memiliki nilai *chargeability* yang jauh lebih tinggi dibandingkan daerah yang diduga sebagai rembesan air lindi. Dengan nilai resistivitas berkisar 50-200 ohm-m dan *chargeability* selama 200 – 400 msec, diduga daerah tersebut merupakan daerah yang memiliki nilai *permeability* yang rendah sehingga mampu menahan rembesan air lindi untuk tidak bergerak menuju daerah yang lebih jauh.

Berdasarkan hasil pengolahan data diatas, adanya lapisan resitif di daerah dangkal yang mampu mencegah lapisan lindi meresap jauh kedalam, tidak terlihat terus menerus ke bawah. Sehingga tidak ada kepastian apakah daerah konduktif yang berada pada lapisan dibawahnya dapat bersih dari rembesan air lindi tersebut atau tidak.

4.3.3 Lintasan 3



Gambar 4. 11 Penampang resistivitas dan *chargeability* lintasan 3

Berbeda dengan kedua lintasan awal, lintasan terakhir ini relatif lebih jauh dari area TPA, dan berada di selatan daerah TPA. Berdasarkan data topografi dan data *watertable*, daerah selatan merupakan daerah dengan topografi yang tinggi sehingga relatif sulit untuk air lindi melawan gravitasi untuk mencemari daerah di selatan TPA.

Pengambilan data pada lintasan ke 3 lebih diperuntukan sebagai solusi permasalahan di daerah tersebut seandainya terjadi pencemaran air lindi pada daerah penelitian. Pada daerah ini, hasil pengolahan data menunjukkan adanya suatu daerah yang memblok dengan nilai resistivitas berkisar 50-200 ohm-m. Daerah ini dapat diindikasikan sebagai cadas atau batuan lanau yang relatif mampu menjadi lapisan *impermeable* yang memisahkan lapisan akuifer di atasnya dengan akuifer dibawahnya.

Lintasan ini melewati sebuah sungai, sehingga hal ini bisa menjadi salah satu indikator penentuan berapa nilai resistivitas dari air pada daerah sekitar. Dengan

mengetahui nilai air permukaan, kita mampu menduga berapa kemungkinan nilai resistivitas air yang berada di bawah permukaan. Karena air di bawah permukaan akan memiliki nilai yang relatif lebih resistif dibandingkan dengan air dipermukaan. Hal ini dikarenakan air dipermukaan berdiri sendiri sebagai air, sedangkan air bawah permukaan merupakan air yang berada suatu batuan. Sehingga yang didapat bukan hanya nilai dari air itu sendiri melainkan nilai dari air dan batuan tempat air itu berada.

4.4 Rembasan Air Lindi

Dengan memanfaatkan data pH, topografi, resistivitas dan IP, pendugaan lapisan yang mengalami rembasan air lindi dapat lebih mudah dikenali. Berdasarkan data topografi, relatif sulit apabila air lindi merembas kearah selatan TPA karena perbedaan topografi yang relatif tinggi. Air lindi akan lebih mudah menginfiltrasi daerah di utara TPA ataupun daerah di timur TPA. Hal ini karena topografi di utara lebih rendah dan daerah timur relatif lebih datar, jadi memungkinkan air lindi tersebut untuk merembas menuju kedua daerah tersebut.

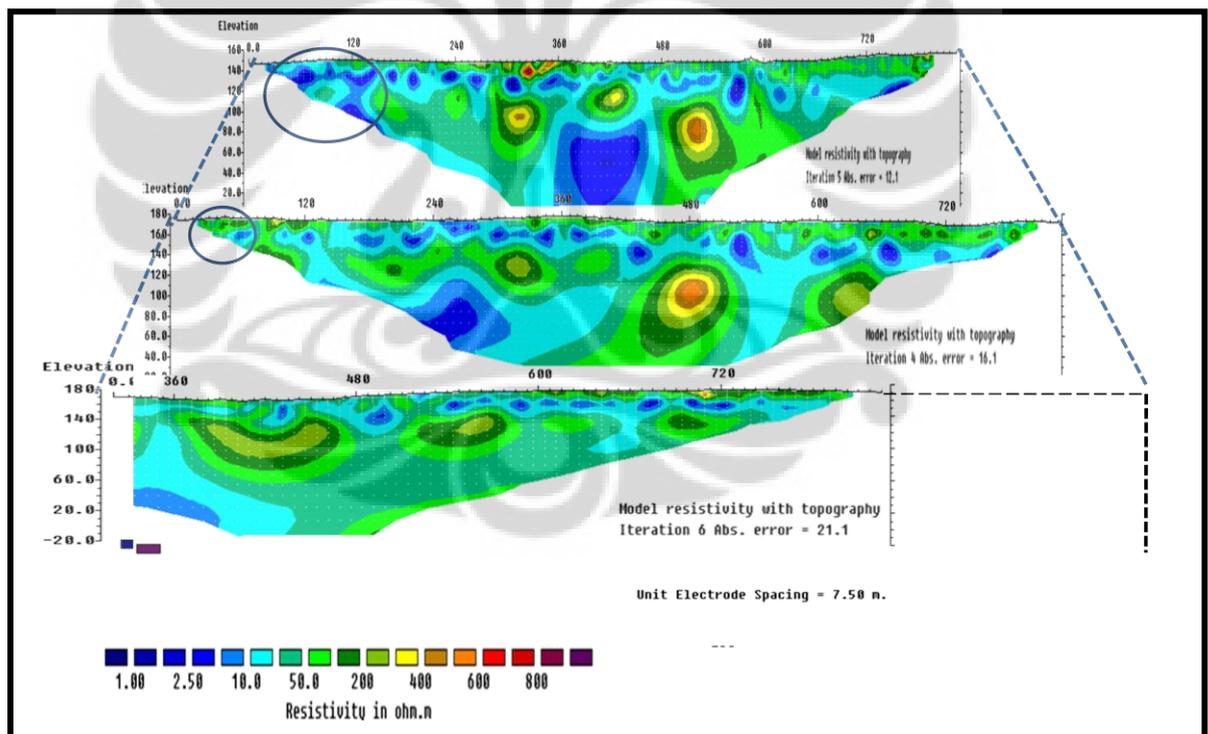
Data pH menunjukan adanya indikasi pencemaran pada daerah timur TPA. Terlihat dari Gambar 4.5. karakteristik pH dari air lindi yang bernilai basa, terlihat pula pada daerah diluar TPA. Daerah ini mencakup lintasan 1 dan lintasan 2, namun pada lintasan 1 terlihat jauh lebih jelas dibandingkan dengan lintasan 2. Dengan nilai seperti ini, indikasi adanya daerah yang mungkin tercemar oleh air lindi pada kedua daerah tersebut makin kuat.

Kedua data pendukung di atas, mampu memberikan kejelasan dari data resistivitas dan IP. Pada lintasan 1 dugaan awal adanya rembesan pada daerah timur di luar TPA. Hal ini terlihat dengan adanya daerah konduktif dengan nilai kurang dari 5 ohm-m hingga jarak sekitar 120 m dari pagar TPA dengan kedalaman sekitar 20-30 m. Indikasi daerah tercemar ini, kemungkinan terhubung dengan daerah konduktif pada lintasan kedua. Hanya saja pada lintasan kedua indikasi tercemar tidak sejauh apa yang terlihat Pada lintasan 1. Hal ini dimungkinkan karena pada lintasan 1, terdapat sebuah elektroda yang letaknya berada pada daerah didalam

TPA. Sedangkan pada lintasan 2 tidak ada satupun elektroda yang masuk kedalam TPA. Sehingga wajar daerah indikasi tercemar pada lintasan 2 terlihat lebih pendek dibandingkan dengan daerah pada lintasan 1.

Sedangkan untuk lintasan 3, tidak terlihat adanya indikasi pencemaran pada daerah tersebut. Hal ini sangat mungkin terjadi karena daerah selatan merupakan daerah dengan topografi yang tinggi, sehingga sangat sulit untuk air lindi melakukan infiltrasi melawan gravitasi dengan menuju ke daerah yang relatif lebih tinggi.

Dengan indikasi diatas, daerah rembesan air lindi berada pada daerah awal lintasan 1 dan 2 dengan kedalaman sekitar 20-30 m dengan jauhnya rembesan antara 80-120 m dari pagar batas TPA



Gambar 4. 12 Model resistivity keseluruhan

4.5 Akuifer Menengah Daerah Penelitian

Sebelum menentukan letak dari kedalaman akuifer menengah, maka untuk penelitian ini diperlukan mendefinisikan dulu dari istilah yang digunakan. Definisi dari akuifer menengah pada penelitian ini merupakan lapisan akuifer yang berada pada daerah dengan kedalaman sekitar 60-100 m, sedangkan akuifer yang lebih dangkal dari kedalaman tersebut akan terdefinisi sebagai akuifer dangkal.

Pendugaan lapisan akuifer ini diperlukan dengan tujuan memberikan solusi terhadap permasalahan yang ditimbulkan oleh hasil dari sub-bab 4.4, yaitu adanya indikasi tercemar oleh air lindi. Indikator penentuan suatu lapisan akuifer ialah dengan mengetahui berapakah nilai lapisan akuifer pada umumnya. Dengan memanfaatkan data dari adanya air permukaan (sumur, sungai, danau, dan lain lain) kita dapat menentukan daerah mana yang diduga sebagai lapisan akuifer. Berdasarkan dengan hukum Archie, nilai resistivity batuan ditentukan oleh beberapa faktor, diantaranya yaitu porositas batuan, *water saturation*, dan *resistivity* fluida. Dari ke tiga faktor tersebut, porositas merupakan faktor yang mampu menaikkan nilai resistivitas, sedangkan lainnya merupakan faktor yang mampu menurunkan nilai resistivitas.

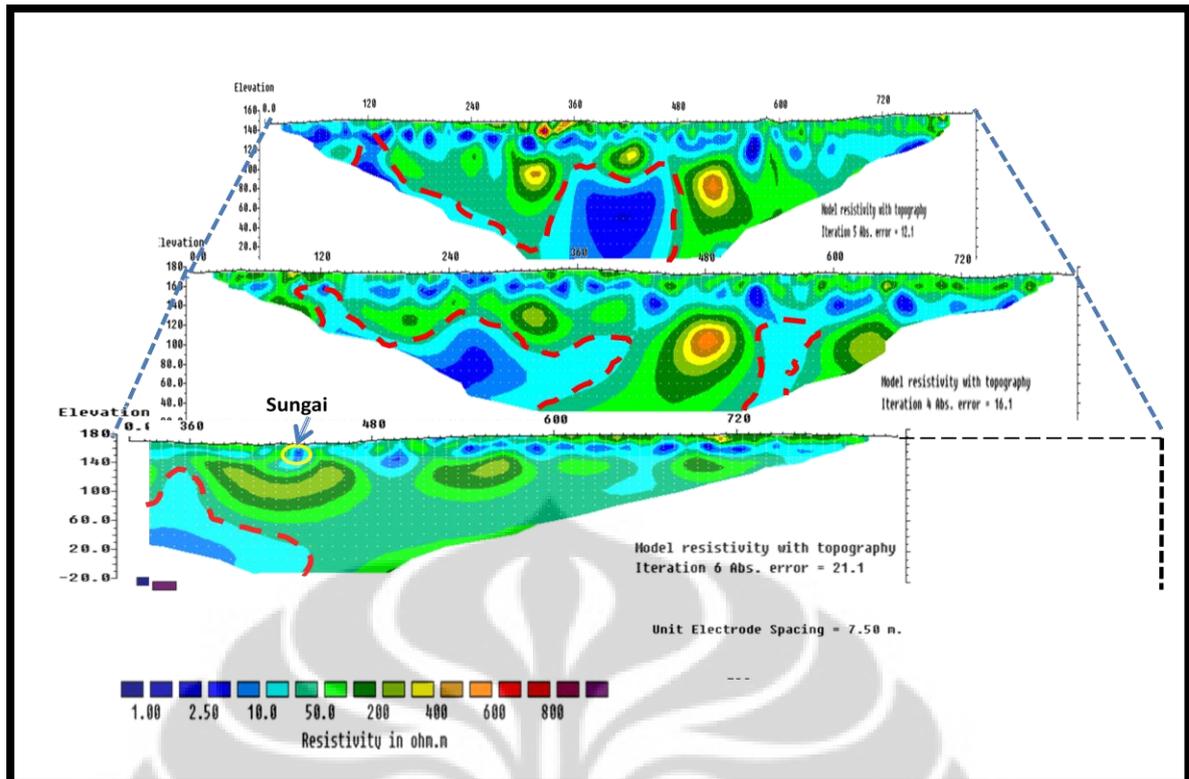
Pada lintasan 1 indikasi nilai akuifer berkisar antara 10-50 ohm-m, nilai ini ditentukan dengan mengetahui nilai *resistivity* air pada sungai yang berada pada lintasan 3 bernilai sekitar 8-10 ohm. Lintasan akuifer menengah pada lintasan 1 ini berada pada daerah dengan kedalaman sekitar lebih dari 50 m. Terlihat pada gambar dibawah bahwasanya akuifer berada hampir disepanjang lintasan dengan kemungkinan tidak berhubungan dengan akuifer diatas pada daerah tengah. Dikarenakan data yang kurang pada daerah awal, maka informasi untuk menyatakan apakah daerah tersebut terhubung atau tidak dengan daerah yang tercemar sulit untuk disimpulkan.

Pada lintasan 2, akuifer menengah terdapat pada daerah dengan kedalaman yang sama dengan daerah pada lintasan 1. Namun bentuk akuifer menengah pada lintasan ke 2 relatif terlihat *connected* dengan lapisan akuifer dangkal. Dengan pendefinisian diawal tentang akuifer menengah, maka pada daerah lintasan 2 ini

terdapat dua daerah akuifer menengah yang seolah-olah berdiri sendiri. Lapisan akuifer ini terhalang oleh suatu lapisan resistif yang memiliki nilai relatif besar. Akuifer pada lintasan ini terlihat hampir diseluruh area pengukuran dengan kedalaman sekitar 50 meter.

Pada lintasan 3 penampilan untuk pembahasan digunakan hanya setengah, hal ini dimaksudkan agar mendapatkan daerah yang sama dengan lintasan 1 dan lintasan 2. Karena lintasan 3 ini terbentang di daerah yang setengah bagian sebelumnya berada di daerah barat / sejajar TPA. Pada lintasan 3 akuifer menengah terlihat pada daerah dengan kedalaman yang relatif lebih dalam yaitu sekitar 50-80 m atau lebih. Dengan panjang sekitar lebih dari setengah panjang lintasan. Terdapat kemungkinan adanya hubungan dengan akuifer di atasnya pada daerah sekitar 700 m dari titik awal. Pada lapisan 3 ini tidak ada indikasi tercemar oleh air lindi, sehingga penentuan titik akuifer pada daerah lintasan 3 ini jauh lebih ditujukan sebagai solusi dari permasalahan yang ada pada daerah penelitian.

Dengan analisis diatas dapat dimungkinkan lapisan akuifer menengah pada daerah penelitian ini saling terhubung antar lintasan. Dengan melihat gambar dibawah ini dapat terlihat adanya kemiripan bentuk akuifer menengah pada lintasan 1, 2, dan 3. Sehingga indikasi lapisan akuifer menengah memang menyambung antara 1 lintasan dengan yang lain relatif kuat.



Gambar 4. 13 Penampang lapisan akuifer

BAB V

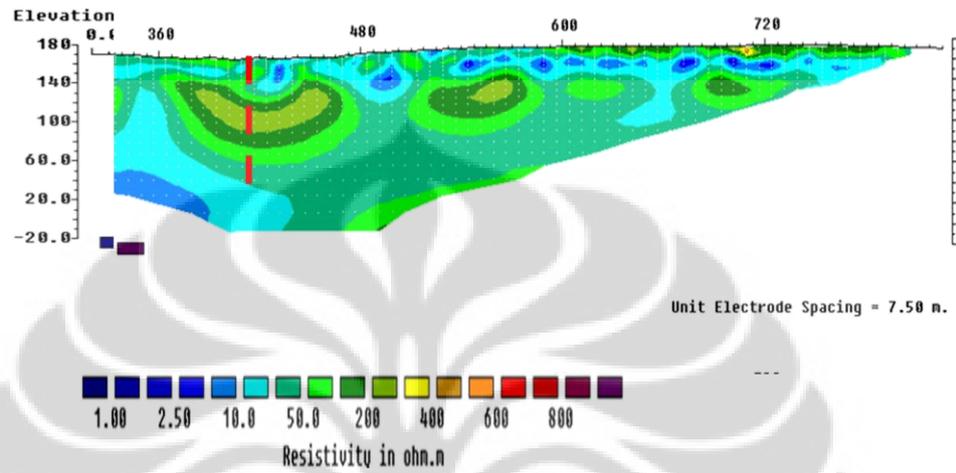
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Metode *resistivity* dan IP mampu memberikan hasil dengan baik dalam permasalahan pencemaran air tanah oleh limbah. Metode ini mampu memberikan distribusi resistivitas yang jelas pada daerah yang diduga telah tercemar limbah.
2. Pada lintasan 1 terdapat indikasi pencemaran sejauh 120 m dari titik awal dengan kedalaman mencapai kisaran 20-30 m. Pada lintasan 2 indikasi tercemar terlihat hingga mencapai sekitar 80 m dari titik awal dengan kedalaman yang relatif sama dengan kedalaman daerah tercemar pada lintasan 1. Sedangkan pada daerah di lintasan 3 diduga tidak terjadi rembesan air lindi.
3. Akuifer menengah pada lintasan 1 berada hampir sepanjang setengah lintasan dengan nilai di antara 10 – 30 ohm, dengan kedalaman 50 m. Pada lintasan ke 2 indikasi akuifer menengah pun didapat dengan variasi nilai yang sama. Akuifer pada lintasan 2 ini terlihat ada 2 bagian yang terpisah. Sama halnya dengan lintasan 1 distribusi lapisan akuifer pada daerah ini hampir berada pada sepanjang lintasan, dengan ada indikasi yang menyambung dengan lapisan akuifer dangkal di atasnya. Lintasan 3 memiliki akuifer dengan kedalaman sekitar 110 m. Dengan distribusi akuifer berada pada jarak 300 – 700 m dari titik awal pengukuran.

5.2 Saran

1. karena lintasan 1 dan 2 terindikasi tercemar oleh air lindi, maka untuk mendapatkan sumber air baru hendaknya melakukan pemboran pada daerah di sekitar titik 380 m dari titik awal pengukuran lintasan 3 dengan kedalaman sekitar 110 m.



DAFTAR ACUAN

- Basyarat, A 2006, *Kajian terhadap penempatan lokasi TPA sampah Leuwinanggung kota Depok*, Departemen magister teknik pembangunan wilayah dan kota, Universitas Diponegoro.
- Effendi, H, 2003, *Telaah kualitas Air bagi pengelola Sumber Daya dan lingkungan Perairan*. Kanisius Yogyakarta.
- Gallas, J.D.F., Fabio, T., and Walter, M.F., 2010, *Induce polarization, resistivity, and self-potensial : a case history of contamination evaluation due to landfill leakage.*, Geosience Institute, University of San Paulo, Brazil.
- Maramis, A, 2008, *Pengelolaan Sampah dan Turunannya di TPA*. Alumni Program Pasca Sarjana Magister Biologi Terapan, Universitas Satyawacana, Salatiga.
- Pedersen, J.B., 2011, *Three Dimensional Characterization of Landfill by Using Resistivity and IP Method*, Master thesis, Geophysics Department, Aarhus University, Denmark.
- Supriyanto, 2007, *Analisis Data Geofisika : Memahami Teori Inversi edisi 1*, Departemen fisika FMIPA, Universitas Indonesia.
- Soemirat, J., 2000, *Kesehatan Lingkungan, cetakan Keempat*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.C., 1990, *Applied Geophysics* Cambridge University Press, USA.
- Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.C., 2004, *Applied Geophysics Second Edition* Cambridge University Press, USA.
- T. Turkandi, Sidarto, D. A. Agustyanto, M. M. Purbo Hadiwidjoyo, 1992, *Peta geologi lembar Jakarta dan Kepulauan Seribu*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi
- Zarkasih, Ahmad 2005, *Model Sistem Panas Bumi daerah Jaboi Pulau Weh, Nangroe Aceh Darussalam berdasarkan analisis Geofisika.*, Thesis, Institut Teknologi Bandung

Lampiran 1



LAB AFILIASI KIMIA UI

Departemen Kimia FMIPA-Universitas Indonesia
Jasa Analisa, Konsultasi dan Pelatihan

Gedung G Lt. Dasar Dept. Kimia FMIPA-Universitas Indonesia, Depok 16424
Telp. (021) 787 2720 Fax. (021) 787 2720, (021) 786 3432

LABORATORY TEST RESULTS				
Job. Number : 168 / IV / 2012		Date : 19 - 04 - 2012		
Customer : Dr. Syamsu Rosid		Attention :		
Parameter : pH				
Date Received : 16 - 04 - 2012				
Sample Matrix : Liquid				
No.	Sample Code	Sample Result	Unit	Method
1.	Line 3 - 1	5.35		pH-metry
2.	Line 3 - 3	4.90		
3.	Line 3 - 4	5.19		
4.	Line 3 - 5	5.31		
5.	Sumur 6 Lintasan 1	5.31		
6.	Sumur 4 Lintasan 1	6.14		
7.	B1	5.67		


 April 19th 2012
Dr. Sunardi M.Si
 Director

Universitas Indonesia

Lampiran 2



LAB AFILIASI KIMIA UI

Departemen Kimia FMIPA-Universitas Indonesia
Jasa Analisa, Konsultasi dan Pelatihan

Gedung G Lt. Dasar Dept. Kimia FMIPA-Universitas Indonesia, Depok 16424
Telp. (021) 787 2720 Fax. (021) 787 2720, (021) 786 3432

LABORATORY TEST RESULTS				
Job. Number : 168 / IV / 2012		Date : 19 - 04 - 2012		
Customer : Dr. Syamsu Rosid		Attention :		
Parameter : Conductivity				
Date Received : 16 - 04 - 2012				
Sample Matrix : Liquid				
No.	Sample Code	Sample Result	Unit	Method
1.	Line 3 - 1	181.2	μS	APHA 2510
2.	Line 3 - 3	142.2		
3.	Line 3 - 4	230.0		
4.	Line 3 - 5	162.7		
5.	Sumur 6 Lintasan 1	179.4		
6.	Sumur 4 Lintasan 1	105.7		
7.	B1	185.4		

April 19th 2012



Dr. Sunardi M.Si
Director

Universitas Indonesia