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

Skripsi disajikan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains Program Studi Fisika

oleh

Ratna Sri Wulandari

4211411030

JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2015

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul:

"Identifikasi Pertambahan Persebaran Limbah Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Jatibarang Menggunakan Metode Geolistrik"

disusun oleh

Ratna Sri Wulandari

4211411030

telah dipertahankan di hadapan sidang Panitia Ujian Skripsi FMIPA UNNES pada tanggal 23 September 2015.

Panitia:

Ketua

Prof. Dr. Wiyanto, M.Si.
NIP. 196310121988031001

Sekretaris

Dr. Khumaedi, M.Si.
NIP. 196306101989011002

Ketua Penguji

Dra. Pratiwi Dwijananti, M.Si.
NIP. 196203011989012001

Anggota Penguji /
Pembimbing Utama

Dr. Khumaedi, M.Si
NIP. 196306101989011002

Anggota Penguji /
Pembimbing Pendamping

Dra. Dwi Yulianti, M.Si.
NIP. 196007221984032001

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi ini bebas plagiat, dan apabila dikemudian hari terbukti plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi yang berlaku sesuai dengan peraturan perundang-undangan.

Semarang, 23 September 2015

Penulis

METERAI TEMPEL

6000

ENAM RIBU RUPIAH

Ratna Sri Wulandari
4211411030

MOTTO

- Selalu tanamkan Mindset yang positif pada diri kita, insyaallah akan menghasilkan hal yang positif pula.
- Indahnya menggarap PR surga. (Abah Kyai Masrokhan)
- Man Jadda Wajadda
- Allah tidak akan membebani seseorang, melainkan sesuai dengan kesanggupannya (Q.S. Al Baqarah : 286)

PERSEMBAHAN

- ✓ Kepada Allah SWT terimakasih atas semua kenikmatan yang telah Engkau berikan kepada hamba dan keluarga.
- ✓ Kepada Ibuku tersayang Siti Mustiah dan bapak tercinta Suwoto yang senantiasa memberi do'a, dukungan, kasih sayang serta pengorbanan yang begitu luar biasa untuk masa depanku.
- ✓ Untuk adikku dik Cahyo Saifulloh Mustofa dan dik Ahmad Muthohar serta seluruh keluarga besarku terimakasih atas do'a dan dukungannya.
- ✓ Seluruh Keluarga besar Fisika 2011
- ✓ Keluarga besar Ponpes Durootu Ahlussunnah Waljama'ah
- ✓ Keluarga besar kos Mu'minatul
- ✓ Almamaterku.

PRAKATA

Puji Syukur diucapkan kepada Allah SWT yang telah memberi kemudahan dalam melaksanakan penelitian maupun penyusunan skripsi dengan judul "Identifikasi Pertambahan Persebaran Limbah TPA Jatibarang Tahun (2015) Menggunakan Metode Geolistrik". Penulisan skripsi ini dapat terselesaikan karena adanya bimbingan, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum., Rektor Universitas Negeri Semarang (UNNES)
2. Prof. Dr. Wiyanto, M.Si., Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
3. Dr. Khumaedi, M.Si., Ketua Jurusan Fisika dan Dosen Pembimbing I atas bimbingan dan arahan dalam penyusunan skripsi maupun pelaksanaan penelitian.
4. Dra. Dwi Yulianti M.Si., selaku Dosen Pembimbing II atas bimbingan dan arahan dalam penyusunan skripsi maupun pelaksanaan penelitian.
5. Dra. Pratiwi Dwijananti, M.Si., Dosen Penguji atas saran dan masukan yang membangun dalam penyusunan skripsi ini.
6. Dr. Agus Yulianto, M.Si., selaku Kepala Program Studi Fisika Jurusan Fisika Universitas Negeri Semarang.
7. Kepala Laboratorium Fisika UNNES yang juga Dosen Pembimbing Kelompok Studi Geofisika UNNES, Prof. Dr. Supriyadi, M.Si., atas izin peminjaman alat penelitian serta ilmu kebumian yang telah diberikan.

8. Koordinator Penulisan Skripsi, Sekretaris Jurusan dan TU Jurusan yang telah membantu kelancaran dalam administrasi penyusunan skripsi.
9. Bapak tercinta Suwoto, Ibu tersayang Siti Mustiah, adekku tersayang dek Cahyo Saifulloh Mustofa dan dek Akhmad Muthohar dan mbah putri tercinta mbah mbari mbah ngasemah atas doa dan dukungannya.
10. Seluruh keluarga besarku yang selalu memberi doa, semangat dan dukungan.
11. Sahabat – sahabatku Fisika 2011 dan adek – adek Fisika 2012 yang telah bekerja keras dalam membantu pelaksanaan penelitian serta keluarga besar KSGF UNNES, atas semangat dan dukungannya.
12. Teman – teman di Ponpes aswaja yang selama 3, 5 tahun telah memberikan banyak pengalaman berharga dan dukungan.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini masih banyak kekurangan. Untuk itu penulis membutuhkan kritik dan saran untuk perbaikan. Akhir kata penulis mengharapkan hasil yang terbaik dan dapat bermanfaat bagi semua pihak, amin.

Semarang, 23 September 2015

Ratna Sri Wulandari

ABSTRAK

Wulandari, R,S. 2015. ”Identifikasi Pertambahan Persebaran Limbah Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Jatibarang Tahun 2015 Menggunakan Metode Geolistrik”. Skripsi, Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Utama Dr. Khumaedi, M.Si. dan Pembimbing Pendamping Dra. Dwi Yulianti, M.Si.

Kata kunci : geolistrik, air lindi, resistivitas, konfigurasi *Schlumberger*

Sistem pengelolaan sampah di Semarang dipusatkan pada TPA Jatibarang yang berlokasi di Kelurahan Kedungpane Kecamatan Mijen Kota Semarang, beroperasi mulai bulan Maret 1992 sampai dengan tahun 2000, timbunan sampah sudah melebihi daya tampung TPA sekitar 1,6 juta m^3. Kondisi tersebut akan memunculkan pencemaran lingkungan terutama pencemaran *leacheat* (air lindi) yang keluar dari tumpukan sampah TPA sehingga mencemari lingkungan karena air lindi mengandung zat organic cukup tinggi. Oleh karena itu, dilakukan penelitian untuk mengetahui pertambahan penyebaran limbah di daerah sekitar area TPA Jatibarang. Penelitian tersebut dilakukan menggunakan metode geolistrik konfigurasi *Schlumberger*. Pengambilan data dilakukan pada tiga titik penelitian dua berada didalam TPA dan satu berada di daerah perumahan sekitar TPA dengan panjang lintasan masing – masing 75m. Pengolahan data hasil penelitian dilakukan menggunakan *software res2dinv.* Berdasarkan pengolahan didapatkan kondisi topografi serta nilai resistivitas *leacheat* sebesar 0,044 Ωm – 0,70 Ωm. Identifikasi persebaran *leacheat* pada tahun 2015 di dalam TPA didapatkan menuju ke daerah dengan elevasi lebih rendah yang mengarah ke Sungai Kreo sedangkan pertambahan persebaran *leacheat* di perumahan berdasarkan nilai resistivitas *leacheate* yang didapatkan bernilai kurang dari 10 Ωm sehingga persebaran *leacheate* TPA rembesannya telah mencapai daerah perumahan Bambamkerep dengan jarak lebih dari 300 m. Lokasi penelitian yang lebih jauh dibandingkan penelitian oleh Supriyadi *et al.,* (2011) maka disimpulkan ditemukan adanya pertambahan persebaran limbah *leacheate.*

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL i
PENGESAHAN ii
PERNYATAAN iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN iv
PRAKATA v
ABSTRAK vii
DAFTAR ISI viii
DAFTAR TABEL x
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR LAMPIRAN xiii

BAB I PENDAHULUAN
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 4
1.3. Batasan Masalah 4
1.4. Tujuan Penelitian 5
1.5. Manfaat Penelitian 5
1.6. Penegasan Istilah 6
1.7. Sistematika Penulisan Skripsi 7

BAB II LANDASAN TEORI
2.1 Limbah 8
2.2 Pencemaran 10
2.3 Air Lindi (*leacheat*) 12
2.4 Tempat Pembuangan Akhir Sampah 16
2.5 Sifat Listrik Dalam Batuan 17
2.6 Aliran Listrik di Dalam Bumi 21
2.7 Potensial di Sekitar Titik Arus di Permukaan Bumi 23

2.8 Faktor Geometri 24
2.9 Resistivitas Batuan 27
2.10 Geolistrik Metode Tahanan Jenis 29
2.11 Konsep Resistivitas Semu 31
2.12 Resistivitas 2D (*Res2dinv*) 32
2.13 Kondisi Geologi Daerah Penelitian 32

BAB III METODE PENELITIAN
3.1 Lokasi Penelitian 36
3.2 Variabel Penelitian 38
3.3 Alat Penelitian 39
3.3 Bahan Penelitian 39
3.4 Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian 40
3.5 Prosedur Penelitian 41

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN
4.1. Hasil Penelitian 44
4.2 Analisis Data dan Interpretasi Data 44
4.3 Pembahasan 56

BAB V PENUTUP
5.1. Simpulan 64
5.2. Saran 64

DAFTAR PUSTAKA 66
LAMPIRAN 69

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1 Karakteristik Air Lindi 14
Tabel 2.2 Nilai Resistivitas Berbagai Jenis Limbah 16
Tabel 2.3 Variasi resistivitas material bumi (Batuan) 28

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 1 Silinder konduktor 18

Gambar 2.2 Medium homogen isotropik dialiri arus listrik..... 21

Gambar 2.3 Potensial di sekitar titik arus pada permukaan bumi..... 24

Gambar 2.4 Permukaan equipotensial dan arah aliran arus listrik akibat dua sumber arus (*I* dan –*I*) di permukaan bumi homogen 25

Gambar 2.5 Letak elektroda arus dan elektroda potensial pada permukaan bumi26

Gambar 2.6 Skema konfigurasi elektroda *Schlumberger* 30

Gambar 2.7 Konsep resistivitas semu 32

Gambar 2.8 Peta geologi lokasi penelitian dimodifikasi dari peta geologi lembar Magelang, Semarang..... 33

Gambar 3.1 Peta lokasi penelitian pada Supriyadi *et al.*, (2013)..... 36

Gambar 3.2 Peta lokasi penelitian TPA Jatibarang (2015)..... 37

Gambar 3.3 Diagram alir prosedur penelitian 40

Gambar 3.4 Pengaturan pada program *Progress*..... 42

Gambar 4.1 Kontur penampang melintang topografi pada lintasan acuan 47

Gambar 4.2 Kontur penampang melintang topograf pada lintasan pertama titik sounding kedua 48

Gambar 4.3 Kontur penampang melintang topograf lintasan kedua pada titik sounding kedua 50

Gambar 4.4 Kontur penampang melintang topografi pada lintasan tiga titik *sounding* kedua 51

Gambar 4.5Kontur penampang melintang topografi lintasan pertama titik sounding ketiga 53

Gambar 4.6 Kontur penampang melintang topografi lintasan kedua titik sounding ketiga 54

Gambar 4.7 Kontur penampang melintang topografi lintasan ketiga titik sounding ketiga 55

Gambar 4.8 Kondisi perlapisan batuan berdasarkan peta geologi 57

Gambar 4.9 Konseptual model aliran tanah di TPA Jatibarang Kota Semarang 62

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran Halaman

Data Penelitian 66

Foto-Foto Penelitian..... 85

Surat Penetapan Dosen Pembimbing 86

Surat Ijin Penelitian..... 87

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di negara berkembang, Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah umumnya menggunakan sistem *sanitary landfill.* Menurut (Widyatmoko & Sintorini, 2002) *Sanitary landfill* adalah sistem pengelolaan sampah yang mengembangkan lahan cekungan dengan syarat tertentu yaitu jenis dan porositas tanah, pada dasar lahan cekungan dilapisi geotekstil untuk menahan peresapan lindi pada tanah serta dilengkapi dengan saluran lindi. TPA yang ada di Indonesia belum sepenuhnya menerapkan sistem *sanitary landfill* dan kebanyakan masih menerapkan sistem *open dumping*, yaitu sampah ditumpuk menggunung tanpa ada lapisan geotekstil dan saluran air lindi. Akibatnya adalah terjadi pencemaran air tanah dan udara disekitar TPA.

Sistem pengelolaan sampah yang ada di Semarang dipusatkan pada TPA Jatibarang dengan luas tanah 46.183 ha yang berlokasi di Kelurahan Kedungpane Kecamatan Mijen Kota Semarang. Setiap hari lebih dari 4.000 m^3 sampah dihasilkan dari aktivitas warga Kota Semarang. Pada tahun 2004, hampir semua kecamatan dengan kepadatan di atas 10.000 jiwa/km^2 menghasilkan sampah sekitar 361 m^3/hari. Namun, baru sekitar 65% yang terangkut petugas kebersihan kota ke TPA Jatibarang tanpa pengolahan lebih lanjut (Handayani *et al*., 2009).

Keberadaan TPA sebagai suatu wadah pembuangan sampah diharapkan mampu menjadi suatu sarana pelaksanaan pembangunan berwawasan lingkungan, karena sampah merupakan salah satu permasalahan yang dihadapi oleh banyak kota di seluruh dunia. Semakin tinggi jumlah penduduk dan aktivitasnya, menjadikan volume sampah terus meningkat. Sehingga, untuk mengatasi pertambahan sampah diperlukan biaya yang tidak sedikit dan lahan pengolahan yang semakin luas. Disamping itu, adanya sampah tentu saja dapat membahayakan kesehatan dan lingkungan jika tidak dikelola dengan baik. Pencemaran lingkungan merupakan dampak dari pengelolaan TPA dengan standar yang belum memadai, terutama pencemaran air tanah oleh *leacheat* (air lindi) yang dihasilkan dari tumpukan sampah yang menggunung di TPA.

Menurut US-EPA sebagaimana dikutip oleh Ali (2011), air lindi kaya akan kandungan *bahan* organik, anorganik dan mikroorganisme serta mengandung logam berat cukup tinggi. Sehingga apabila *leacheat* (air lindi) itu tidak diolah dan langsung dibuang kedalam tanah dapat mencemari tanah dan air tanah. Berdasarkan Penelitian Supriyadi *et al.,* (2013), Persebaran limbah terutama *leacheat* (air lindi) TPA Jatibarang berbahaya bagi pemukiman disekitar TPA yang berjarak ± 300 meter, dan pemukiman disekitar sungai Cebong, sungai Kreo, dan sungai Kaligarang. Bila hal tersebut dibiarkan akan timbul masalah yang lebih luas bagi penduduk kota Semarang. Untuk tindakan pengawasan maka perlu dilakukan survei untuk mengetahui bagaimana penyebaran polutannya.

Dalam pelaksanaan survei identifikasi keadaan bawah permukaan bumi diperlukan suatu metode geofisika, salah satunya menggunakan metode geolistrik. Hasil pengukuran geolistrik tidak dapat digunakan secara pasti untuk menentukan jenis batuan, mengingat banyaknya faktor yang mempengaruhi konduktivitas dan resisitivitas batuan. Namun metode geolistrik dapat dimanfaatkan untuk memperkirakan adanya batuan yang mengandung air *(akuifer)* dalam eksplorasi tanah, adanya batuan yang berasosiasi dengan zona mineralisasi dalam eksplorasi mineral. Dalam studi rekayasa dan lingkungan metode geolistrik juga berperan untuk memperkirakan kebocoran bendungan, dispersi fluida, polutan, dan sebagainya.

Penelitian terdahulu yang telah dilakukan untuk mengetahui pola sebaran limbah TPA Jatibarang Semarang dilakukan empat tahun lalu oleh Supriyadi *et al.*, (2013) dengan menggunakan geolistrik konfigurasi *Schlumberger*. Berdasarkan penelitian Supriyadi *et al.*, (2013) didapatkan kesimpulan bahwa keberadaan limbah lindi dan sebarannya meresap ke dalam tanah dan sebarannya menuju selatan yaitu ke arah sungai Kreo, selanjutnya limbah terbawa aliran air di sepanjang sungai Kaligarang, dan sebaran limbah juga sudah sampai ke perumahan penduduk di Kelurahan Bambankerep Kecamatan Ngaliyan Semarang yang lokasinya berbatasan dengan TPA Jatibarang. Berdasarkan uraian tersebut, akan dilakukan penelitian lanjut identifikasi pertambahan persebaran limbah polutan TPA Jatibarang tahun 2015.

Berdasarkan uraian diatas maka akan dilakukan penelitian mengenai ”**IDENTIFIKASI PERSEBARAN LIMBAH TEMPAT PEMBUANGAN**

AKHIR JATIBARANG MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK SCHLUMBERGER" yang kiranya dapat memberikan gambaran mengenai persebaran limbah TPA di lingkungan sekitarnya, serta untuk mengetahui kandungan apa sajakah yang terdapat didalam limbah sehingga bisa digunakan sebagai wacana dan evaluasi oleh badan pengelolaan TPA.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang telah dikemukaan di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana pertambahan persebaran polutan limbah TPA Jatibarang dalam pada tahun 2015 dengan menggunakan metode geolistrik *Schlumberger*.

1.3 Batasan Masalah

1. Metode geofisika yang digunakan dalam penelitian ini adalah geolistrik tahanan jenis dengan konfigurasi *Schlumberger*.
2. Penelitian dilakukan di area TPA Jatibarang yang berada di Kelurahan Kedungpane Kecamatan Mijen Kota Semarang serta perumahan di sekitar TPA yang berada di Kelurahan Bambankerep Kecamatan Ngaliyan Kota Semarang. Berikut pada Tabel 1.1 adalah posisi dari masing – masing koordinat lokasi penelitian:

Tabel 1.1 Posisi koordinat lokasi penelitian

Titik	Posisi Koordinat (UTM X)m – (UTM Y)m	Elevasi (m)
Pertama	(429236 – 429298) – (9223341 – 9223301)	104 – 91
Kedua	✓ (429353 – 429285) – (9223109 – 9223139)	✓ 83 – 90
	✓ (429358 – 429285) – (9223121 – 9223145)	✓ 74 – 83
	✓ (429355 – 429285) – (9223144 – 9223156)	✓ 76 – 85
Ketiga	✓ (429001 – 42899) – (9224409 – 9224331)	✓ 148 – 147
	✓ (429034 – 429004) – (9224396 – 9224326)	✓ 160 – 161
	✓ (429118 – 429099) – (9224393 – 9224320)	✓ 101 – 111

3. Limbah yang diidentifikasi adalah air lindi yang dihasilkan dari tumpukan sampah di TPA Jatibarang, lindi yang sudah bercampur dengan tanah serta lindi yang telah bercampur dengan pasir.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang telah dikemukakan di atas tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah mengetahui pertambahan persebaran limbah TPA Jatibarang dalam skala waktu 2011 - 2015.

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan yang telah dipaparkan di atas, dalam penelitian lapangan ini diharapkan mampu memberi manfaat untuk:

1. memberikan gambaran pengaplikasian metode geolistrik dalam bidang lingkungan terutama untuk mengetahui arah dan letak persebaran limbah TPA Jatibarang

2. memberikan peringatan awal dalam upaya memantau pencemaran air tanah dan dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan dalam pengelolaan dan evaluasi TPA.

1.6 Penegasan Istilah

Pada penelitian ini untuk menghindari penafsiran yang berbeda terhadap beberapa istilah yang digunakan, maka diperlukan penegasan istilah sebagai berikut :

1. Resistivitas (tahanan jenis) menyatakan sifat khas dari suatau bahan, yaitu besarnya hambatan suatu bahan yang memiliki panjang dan luas penampang tertentu dengan satuan Ωm. Resistivitas menunjukkan kemampuan bahan tersebut untuk menghantarkan listrik.
2. Geolistrik merupakan salah satu metode dalam geofisika yang digunakan untuk mengidentifikasi kandungan apa yang ada didalam bumi dengan penelitian di permukaan bumi yang memanfaatkan nilai resistivitas dari masing-masing batuan didaerah penelitian.
3. Limbah adalah semua buangan yang dihasilkan oleh aktivitas manusia dan hewan yang berbentuk padat, lumpur (*sludge*), cair maupun gas yang dibuang karena tidak dibutuhkan atau tidak diinginkan lagi.

1.7 Sistematika Penulisan Skripsi

Sistematika penulisan skripsi disusun untuk memudahkan pemahaman tentang struktur dan isi skripsi. Penulisan ini dibagi menjadi tiga bagian yaitu : bagian pendahuluan skripsi, bagian isi skripsi, dan bagian akhir skripsi.

1. Bagian awal skripsi berisi tentang lembar judul, persetujuan pembimbing, lembar pengesahan, lembar pernyataan, motto dan persembahan, kata pengantar, abstrak, daftar isi, daftar tabel, daftar gambar, dan lampiran.
2. Bagian isi skripsi terdiri dari :

   Bab I Pendahuluan yang berisi tentang latar belakang pemilihan judul, rumusan masalah, tujuan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan skripsi.

   Bab II Landasan teori terdiri dari kajian mengenai landasan teori yang mendasari penelitian.

   Bab III Metode Penelitian berisi waktu dan tempat pelaksanaan penelitian, desain penelitian, dan metode analisis serta interpretasi data, dan metode pengumpulan data.

   Bab IV Hasil dan Pembahasan berisi tentang hasil-hasil penelitian dan pembahasannya.

   Bab V Penutup berisi tentang kesimpulan dan saran.
3. Bagian akhir skripsi terdiri atas daftar pustaka dan lampiran.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Limbah

Limbah adalah semua buangan yang dihasilkan oleh aktivitas manusia dan hewan yang berbentuk padat, lumpur (*sludge*), cair maupun gas yang dibuang karena tidak dibutuhkan atau tidak diinginkan lagi. Walaupun dianggap sudah tidak berguna dan tidak dikehendaki, namun bahan tersebut terkadang masih dapat dimanfaatkan kembali dan dijadikan bahan baku. Limbah padat lebih dikenal sebagai sampah. Berdasarkan (Undang-undang Nomor 18 Tahun 2008 pasal 1 ayat 1 tentang pengelolaan sampah) *sampah* adalah sisa-sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat. Bila ditinjau secara kimiawi, limbah ini terdiri dari bahan kimia senyawa organik dan anorganik, dengan konsentrasi dan kuantitas tertentu, kehadiran limbah dapat berdampak negatif terhadap lingkungan terutama bagi kesehatan manusia, sehingga perlu dilakukan penanganan terhadap limbah. (Damanhuri & Padmi : 2011).

Berdasarkan sumbernya limbah terdiri dari :

1. Limbah Pabrik

Limbah ini dikategorikan sebagai limbah yang berbahaya karena limbah ini mempunyai kadar gas yang beracun, pada umumnya limbah ini dibuang di sungai–sungai disekitar tempat tinggal masyarakat dan tidak jarang warga masyarakat

mempergunakan sungai untuk kegiatan sehari – hari, misalnya MCK (mandi, cuci, kakus) sehingga secara langsung gas yang dihasilkan oleh limbah pabrik tersebut dikonsumsi dan dipakai oleh masyarakat.

2. Limbah Rumah Tangga

Limbah yang dihasilkan oleh kegiatan rumah tangga ini biasanya berupa sisa-sisa sayuran seperti wortel, kol, bayam, slada dan lain lain, bisa juga berupa kertas, kardus atau kart on. Limbah ini juga memiliki daya racun tinggi jika berasal dari sisa obat, botol plastik, tas plastik, kaca, dan aluminium.

3. Limbah Pertanian

Limbah ini biasanya berasal dari sisa tumpahan atau penyemprotan yang berlebihan, misalnya dari pestisida dan herbisida dan pemupukan yang berlebihan. Limbah tersebut mempunyai sifat kimia yang stabil sehingga dengan kurun waktu tertentu zat tersebut akan mengendap kedalam tanah, dasar sungai, danau serta laut dan selanjutnya akan mempengaruhi organisme yang hidup didalamnya.

4. Limbah pertambangan atau limbah industri

Limbah ini biasanya berupa limbah anorganik yaitu limbah yang berasal dari sumber daya alam yang tidak dapat diuraikan dan tidak dapat diperbaharui. Berikut adalah berbagai jenis bahan anorganik yang terkandung dalam air limbah : a. Garam anorganik yang terdiri dari magnesium sulfat, magnesium klorida yang berasal dari kegiatan pertambangan dan industri, b. Asam anorganik yang terdiri dari asam sulfat yang berasal dari industri pengolahan biji logam dan bahan bakar fosil.

Berdasarkan sifat bahaya limbah diklasifikasikan menjadi :

1. Limbah bahan berbahaya dan beracun disingkat dengan limbah B3 adalah setiap limbah yang mengandung bahan berbahaya dan/atau beracun yang karena sifat dan/atau konsentrasi dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung dapat merusak dan/atau mencemarkan lingkungan hidup dan/atau dapat membahayakan kesehatan manusia sesuai (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 19 Tahun 1994).
2. Limbah domestik, biasanya dihasilkan dari kegiatan rutin (sehari-hari) manusia, umumnya dalam bentuk cair dan padat. Limbah cair biasa berasal dari kegiatan mencuci pakaian dan makanan, mandi, kakus (tinja dan air seni), menyiram, dan kegiatan lain yang menggunakan air di rumah. Serta limbah padat yang biasa dikenal sebagai sampah (domestik) (Damanhuri & Padmi : 2011).

2.2 Pencemaran

Pencemaran adalah peristiwa penyebaran bahan kimia dengan kadar tertentu yang dapat merubah keadaan keseimbangan pada daur materi dalam lingkungan (keseimbangan lingkungan) baik keadaan struktur maupun fungsinya sehingga dapat menggangu kesejahteraan manusia.

Pencemaran lingkungan meliputi pencemaran udara, pencemaran tanah dan pencemaran air. Sampah merupakan bahan pencemaran lingkungan apabila kurangnya pengetahuan dalam pengelolaan sehingga akan menjadi penyebab

gangguan dan ketidakseimbangan lingkungan. Berikut adalah gambaran hubungan antara sampah dengan adanya pencemaran udara dan pencemaran air :

a) Pencemaran Udara

Sampah (organik dan padat) yang membusuk umumnya mengeluarkan gas seperti methan (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2) serta senyawa lainnya. Secara global, gas-gas ini merupakan salah satu penyebab menurunnya kualitas lingkungan (udara) karena mempunyai efek rumah kaca (*green house effect*) yang menyebabkan peningkatan suhu, dan menyebabkan hujan asam. Sedangkan secara lokal, senyawa-senyawa ini selain berbau tidak sedap/ bau busuk, juga dapat mengganggu kesehatan manusia.

Sampah yang dibuang di TPA pun masih tetap beresiko, karena bila TPA ditutup atau ditimbun terutama dengan bangunan akan mengakibatkan gas methan yang terkurung, lama kelamaan akan semakin banyak sehingga berpotensi menimbulkan ledakan. Hal seperti ini telah terjadi di sebuah TPA di Bandung, sehingga menimbulkan korban kematian.

b) Pencemaran Air

Proses pencucian sampah oleh air terutama oleh air hujan merupakan sumber timbulnya pencemaran air, baik air permukaan maupun air tanah. Akibatnya berbagai sumber air yang digunakan untuk kebutuhan sehari-hari (sumur) di daerah pemukiman telah terkontaminasi yang mengakibatkan terjadinya penurunan tingkat kesehatan manusia/penduduk.

Pencemaran air tidak hanya akibat proses pencucian sampah padat, tetapi pencemar terbesar justru berasal dari limbah cair yang masih mengandung zat-zat kimia dari berbagai jenis industri lainnya. Air yang tercemar tidak hanya air permukaan saja, tetapi juga air tanah, sehingga sangat menggangu dan berbahaya bagi manusia. Ditambah prasarana dan sarana pembuangan akhir sampah yang terbuka sangat potensial menghasilkan lindi. Lindi adalah air hasil degradasi dari sampah dan dapat menimbulkan pencemaran apabila tidak diolah terlebih dahulu. Aliran lindi ke saluran atau tanah sekitarnya akan menyebabkan terjadinya pencemaran. Instalasi pengolahan berskala besar menampung sampah dalam jumlah yang cukup besar pula sehingga potensi lindi yang dihasilkan instalasi juga cukup potensial untuk menimbulkan pencemaran air dan tanah disekitarnya.

2.3 Air Lindi (*leacheat*)

Air lindi adalah cairan dari sampah yang mengandung unsur-unsur terlarut dan tersuspensi. Air lindi merupakan cairan yang keluar dari tumpukan sampah, dan ini salah satu bentuk pencemaran lingkungan yang dihasilkan oleh timbunan sampah. Sampah yang tertimbun di lokasi TPA (Tempat Pembuangan Akhir) mengandung zat organik, jika hujan turun akan menghasilkan air lindi dengan kandungan mineral dan zat organik tinggi, bila kondisi aliran air lindi dibiarkan mengalir kepermukaan tanah dapat menimbulkan efek negatif bagi lingkungan sekitarnya termasuk bagi manusia.

Dibawah kondisi normal, air lindi didapatkan pada dasar *landfill*, sehingga pergerakannya melalui lapisan bawah. Meski gerakan lateral juga terjadi, hal ini tergantung juga dari karakteristik material sekitarnya.karena pentingnya rembesan kearah vertikal dalam hubungannya dengan kontaminasi air tanah, maka masalah penelitian banyak dititik beratkan pada perembesan ke arah vertikal.

Karakteristik air lindi sangat bervariasi tergantung dari proses-proses yang terjadi di dalam *landfill*, yang meliputi proses fisik, kimia dan biologis. Sedangkan faktor-faktor yang yang mempengaruhi proses yang terjadi di *landfill* antara lain : jenis sampah, lokasi *landfill*, hidrogeologi, dan sistem pengoperasian, faktor tersebut sangat bervariasi pada suatu tempat pembuangan yang satu dengan yang lainnya, begitu pula aktifitas biologis serta proses yang terjadi pada timbunan sampah baik secara aerob dan anaerob. Dengan berbagai hal tersebut maka akan mempengaruhi pula produk yang dihasilkan akibat proses dekomposisi seperti kualitas dan kuantitas air lindi serta gas, sebagai contoh bila suatu TPS banyak menimbun sampah jenis organik maka karakter air lindi yang dihasilkan akan mengandung zat organik tinggi disertai bau. Berikut disajikan Tabel 2.1 mengenai karakteristik air lindi :

Tabel 2.1 Karakteristik Air Lindi (Ali, 2011 : 6)

Parameter	**Satuan**	**Range**
COD	mg/liter	150 – 100.000
BOD_5	mg/liter	100 – 90.000
pH	-	5,3 – 8,5
Alkalinitas	(mg $CaCO_3$/liter)	300 – 11.500
Hardness	(mg $CaCO_3$/liter)	500 – 8.900
NH_4	mg/liter	1 – 1.500
N-Organik	mg/liter	1 – 2.000
N-Total	mg/liter	50 – 5.000
NO_3 (Nitrit)	mg/liter	0,1 – 50
NO_2 (Nitrat)	mg/liter	0 – 25
P-Total	mg/liter	0,1 – 30
PO_4	mg/liter	0,3 – 25
Ca	mg/liter	10 – 2.500
Mg	mg/liter	50 – 1.150
Na	mg/liter	50 – 4.000
K	mg/liter	10 – 2.500
SO_4	mg/liter	10 – 1.200
Cl	mg/liter	30 – 4.000
Fe	mg/liter	0,4 – 2.200
Zn	mg/liter	0,05 – 170
Mn	mg/liter	0,4 – 50
CN	mg/liter	0,04 – 90
Aox^8	mg/liter	320 – 3.500
Phenol	mg/liter	0,04 – 44
As	mg/liter	5 – 1.600
Cd	mg/liter	0,5 – 140
Co	mg/liter	4 – 950
Ni	mg/liter	20 – 2.050
Pb	mg/liter	8 – 1.020
Cr	mg/liter	300 – 1.600
Cu	mg/liter	4 – 1.400
Hg	mg/liter	0,2 – 50

Menurut Seyhan (1977:254-307) sebagaimana dikutip oleh Todd (1980), Air lindi (*leacheat*) dapat bergerak menyebar apabila tanah/batuan dasar TPA (*landfill*) merupakan lapisan yang dapat meloloskan air atau masih dapat meloloskan air (tidak 100 % kedap air). Ada dua jenis akuifer yang memungkinkan terjadinya penyebaran *leacheat* yaitu akuifer setengah tertekan (bagian atasnya merupakan akitard/lapisan setengah kedap air) dan akuifer bebas.

Persebaran air lindi di TPA Jatibarang arah alirannya ke selatan menuju sungai Kreo. Aliran lindi yang menuju sungai Kreo terbawa ke arah utara menyatu bersama aliran sungai Kaligarang menuju ke laut Jawa. Hasil ini diperkuat oleh penelitian tentang pemodelan aliran air tanah di TPA Jatibarang (Putranto, 2008) yang menyatakan bahwa air tanah bergerak dari arah barat laut ke tenggara dan pergerakan kontaminan mengikuti arah aliran air tanah dengan maksimal konsentrasi klorida sebesar 1.800 mg/l. Konsentrasi klorida ke arah hilir Sungai Kreo semakin kecil, sehingga kualitas air sungai masih di bawah baku mutu air permukaan. Penelitian lain yang terkait oleh Sudarwin (2008) yang menyatakan bahwa hasil analisis spasial kelas pencemaran tinggi Pb dan Cd (total) pada sedimen aliran sungai Kreo terjadi mulai jarak 0 m sampai dengan jarak 143 m dari outlet lindi. Kelas sedang dimulai dari jarak 143 m sampai dengan jarak 365 m. kelas rendah dimulai dari jarak 365 m sampai dengan jarak 580 m sepanjang aliran Sungai Kreo (Supriyadi *et.,al* 2013).

Salah satu sifat fisika air yang biasa digunakan untuk menentukan polutan dalam air yaitu konduktivitas listrik. Dari sifat konduktivitas listrik pada polutan,

maka kita dapat mengetahui jenis dari polutan tersebut yaitu dari harga resisitivitas limbah. Karakteristik air lindi yang dilihat dari sifat fisisnya yaitu nilai resistivitas akan bernilai kurang dari 10 Ωm, ini yang akan membedakan dengan air bersih dengan resistivitas 10-100 Ωm.

Adapun harga resisitivitas dari berbagai jenis limbah dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut:

Tabel 2.2 Nilai resistivitas berbagai jenis Limbah

Jenis Limbah	**Resisitivitas (Ωm)**	**Referensi**
Sampah pada pasir	41,61- 81	Distrik, I.W
Sampah pada tanah	10,4 – 31,9	Distrik, I.W
Sampah pada campuran	17,4 – 62,7	Distrik, I.W
Akuifer tercemar	1,23 – 1,81	Wijaya, L.dkk 2009
Polutan cair (oli) pada pasir	2,09 – 4,36	Suhendra 2005
Pasir besi pada lempung	172 – 359	Suhendra 2005
Lindi TPA Jatibarang (1 s/d 3 liter)	24,4 – 86,9	Wulandari, R.A 2010
Polutan pada pasir	89,3 – 457	Ngadimin dan Handayani, G 2000
Air tanah tercemar	<8	Wijatmoko, B. dan Hariadi 2008

2.4 Tempat Pembuangan Akhir Sampah

Pembuangan akhir merupakan tempat yang disediakan untuk membuang sampah dari semua hasil pengangkutan sampah untuk diolah lebih lanjut. Prinsip pembuangan akhir sampah adalah memusnakan sampah domestik disuatu lokasi pembuangan akhir. Jadi tempat pembuangan akhir merupakan tempat pengolahan

sampah. Menurut SNI 19 2454-2002 Tentang Teknik Operasional Pengelolaan Sampah Perkotaan, secara umum teknologi pengolahan sampah dibedakan menjadi 3 metode yaitu :

a. Metode *Open Dumping*

Merupakan sistem pengolahan sampah dengan hanya membuang/menimbun sampah disuatu tempat tanpa ada perlakuan khusus/pengolahan sehingga sistem ini sering menimbulkan gangguan pencemaran lingkungan.

b. Metode *Controlled Landfill* (Penimbunan Terkendali)

Controlled Landfill adalah sistem *open dumping* yang diperbaiki yang merupakan sistem pengalihan *open dumping* dan *sanitary landfill* yaitu dengan penutupan sampah dengan lapisan tanah dilakukan setelah TPA penuh yang dipadatkan atau setelah mencapai periode tertentu.

c. Metode *Sanitary Landfill* (Lahan Urug Saniter)

Sistem pembuangan akhir sampah yang dilakukan dengan cara sampah ditimbun dan dipadatkan, kemudian ditutup dengan tanah sebagai lapisan penutup. Pekerjaan pelapisan tanah penutup dilakukan setiap hari pada akhir jam operasi.

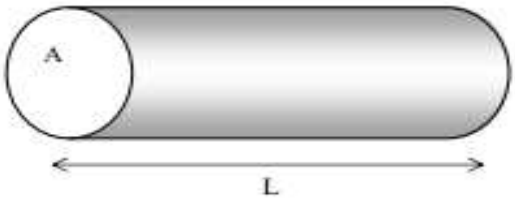
2.5 Sifat Listrik Dalam Batuan

Aliran arus listrik di dalam batuan dan mineral dapat digolongkan menjadi tiga macam, yaitu konduksi elektronik, konduksi secara elektrolitik, dan konduksi secara dielektrik.

2.5.1 Konduksi secara elektronik

Konduksi ini terjadi jika batuan atau mineral mempunyai banyak elektron bebas sehingga arus listrik di alirkan dalam batuan atau mineral oleh elektron-elektron bebas tersebut. Aliran listrik ini juga dipengaruhi oleh sifat atau karakteristik masing-masing batuan yang dilewatinya. Salah satu sifat atau karakteristik masing-masing batuan tersebut adalah resistivitas (tahanan jenis) yang menunjukkan kemampuan bahan tersebut untuk menghantarkan arus listrik. Semakin besar nilai resistivitas suatu bahan maka semakin sulit bahan tersebut untuk menghantarkan arus listrik, begitu pula sebaliknya. Resistivitas memiliki pengertian yang berbeda dengan resistansi (hambatan), dimana resistansi tidak hanya bergantung pada bahan tetapi juga bergantung pada faktor geometri atau bentuk bahan tersebut, sedangkan resistivitas tidak bergantung pada faktor geometri.

Jika ditinjau suatu silinder konduktor dengan panjang L, luas penampang A, dan resistansi R, seperti Gambar 2.2 berikut maka dapat dirumuskan :



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

Gambar 2.1 Silinder Konduktor (Telford et al., 1990: 448)

dengan : $R =$ resistansi (Ω)

$\rho =$ resistivitas (tahanan jenis) batuan (Ωm)

$L =$ panjang kawat konduktor (m)

$A =$ luas penampang kawat konduktor (m^2)

Secara fisis rumus tersebut dapat di artikan jika panjang silinder konduktor (L) dinaikkan, maka resistansi akan meningkat, dan apabila diameter silinder konduktor diturunkan yang berarti luas penampang (A) berkurang maka resistansi juga meningkat. Dimana ρ adalah resistivitas (tahanan jenis) dalam Ωm. sedangkan menurut hukum Ohm, resistivitas R dirumuskan :

$$R = \frac{V}{I} \tag{2.2}$$

Sehingga didapatkan nilai resistivitas (ρ)

$$\rho = \frac{VA}{IL} \tag{2.3}$$

Namun banyak orang lebih sering menggunakan sifat konduktivitas (σ) batuan yang merupakan kebalikan dari resistivitas (ρ) dengan satuan mhos/m.

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

Dimana *J* adalah rapat arus (ampere/m^2) dan E adalah medan listrik (volt/m).

2.5.2 Konduksi secara elektrolitik

Sebagian besar batuan merupakan konduktor yang buruk dan memiliki resistivitas yang sangat tinggi. Namun pada kenyataannya batuan biasanya bersifat porus dan memiliki pori-pori yang terisi oleh fluida, terutama air. Akibatnya batuan-batuan tersebut menjadi konduktor elektrolit, dimana konduksi arus listrik dibawa

oleh ion-ion elektrolit dalam 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 rumus *Archie* :

$$\rho_e = a\phi^{-m}S^{-n}\rho_w \qquad (2.5)$$

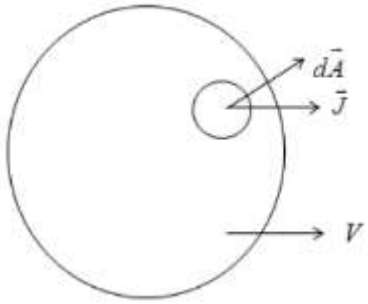
ρ_e adalah resisitivitas batuan, ϕ adalah porositas, S adalah fraksi pori-pori yang berisi air, dan ρ_w adalah resisitivitas air, sedangkan *a*, *m*, dan *n* adalah konstanta, *m* disebut juga faktor sementasi. *Schlumberger* menyarankan n=2, untuk nilai *n* yang sama.

2.5.3 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. Pada penggunaan geolistrik resisitivitas dalam investigasi lapisan tanah dititikberatkan pada analisis harga resisitivitas pada hasil pengukuran. Peristiwa ini tergantung pada konduksi dielektrik batuan yang bersangkutan

2.6 Aliran Listrik di Dalam Bumi

Aliran arus listrik di dalam bumi dapat diketahui dengan mengasumsikan bahwa bumi merupakan suatu medium homogen yang memiliki resistivitas yang seragam. Jika meninjau pada Gambar 2.2, suatu medium homogen isotropik yang dialiri arus listrik searah *I* (diberi medan listrik *E*), maka elemen arus listrik *dI* yang melalui elemen luas *dA* dengan kerapatan arus *J* adalah :



Gambar 2.2 Medium Homogen Isotropik Dialiri Arus Listrik

$$dI = \vec{J} \cdot dA \tag{2.6}$$

Sesuai dengan hukum Ohm, rapat arus $\vec{J}$ dan medan listrik $\vec{E}$ yang ditimbulkan yaitu :

$$\vec{J} = \sigma\, \vec{E} \text{ (Hukum } Ohm\text{)} \tag{2.7}$$

dengan σ adalah konduktivitas medium. Dan medan listrik E adalah gradient potensial (V):

$$\vec{E} = -\nabla V \tag{2.8}$$

Subtitusi persamaan (2.8) ke dalam persamaan (2.7) sehingga:

$$\vec{J} = -\sigma\, \nabla V \tag{2.9}$$

Jika diasumsikan muatannya tetap, berarti tidak ada arus yang keluar atau arus yang masuk dalam suatu volume tertutup dengan luas penampang dA maka dapat ditulis :

$$\int_A^{\infty} \vec{J}.d\vec{A} = 0 \qquad (2.10)$$

Menurut teorema Gauss, divergensi arus yang keluar dari volume yang disamakan dengan luas permukaan A adalah sama dengan jumlah total muatan yang terdapat di permukaan A sehingga berlaku :

$$\int_A^{\infty} (\vec{\nabla}.\ \vec{J}) dV_{vol} = 0 \qquad (2.11)$$

Sehingga diperoleh hukum Kekekalan Muatannya :

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{J} = -\vec{\nabla} \cdot \vec{\nabla}(\sigma V) = 0 \qquad (2.12)$$

$$-\sigma\vec{\nabla} \cdot \vec{\nabla} V = -\sigma\vec{\nabla}^2 V = 0 \qquad (2.13)$$

Karena konduktivitas listrik medium (σ) bernilai konstan sehingga diperoleh bentuk persamaan *Laplace* untuk potensial yaitu :

$$\vec{\nabla}^2 V = 0 \qquad (2.13)$$

Persamaan diferensial Laplace yang digunakan berupa persamaan untuk koordinat bola karena medan equipotensial dalam bumi berupa simetri bola. Persamaan tersebut dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\frac{1}{r^2}\frac{\partial}{\partial r}\left[r^2\frac{\partial V}{\partial r}\right] + \frac{1}{r^2 \sin\theta}\frac{\partial}{\partial \theta}\left[\sin\theta\frac{\partial V}{\partial \theta}\right] + \frac{1}{r^2 sin^2\theta}\frac{\partial^2 V}{\partial \emptyset^2} = 0 \qquad (2.14)$$

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

$$\vec{\nabla}^2 V = \frac{d}{dr}\left(r^2 \frac{dV}{dr}\right) = 0 \tag{2.15}$$

Integrasi dua kali berturut-turut terhadap persamaan (2.15) menghasilkan:

$$\int r^2 \frac{dV}{dr} = 0 \tag{2.16}$$

$$r^2 \frac{dV}{dr} = C_1 \tag{2.17}$$

$$\int \frac{dV}{dr} = \int \frac{C_1}{r^2} \tag{2.18}$$

$$V(r) = \int \frac{C_1}{r^2} dr \tag{2.19}$$

$$V(r) = -\frac{C_1}{r} + C_2 \tag{2.20}$$

C_1dan C_2 adalah konstanta sembarang. Nilai konstanta tersebut ditentukan dengan menerapkan syarat batas yang harus dipenuhi potensial $V(r)$, yaitu:

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

$$V(\infty) = 0, \text{ sehingga } C_2 = 0 \text{ dan } V(r) = -\frac{C_1}{r} \tag{2.21}$$

2.7 Potensial di Sekitar Titik Arus di Permukaan Bumi

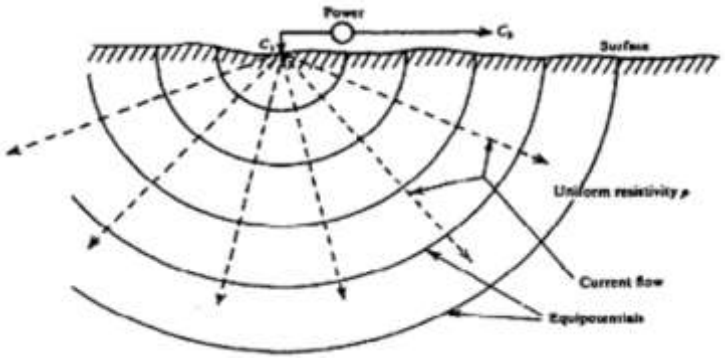
Permukaan yang dilalui arus *I* pada Gambar (2.4) adalah luas ½ bola = $2\pi r^2$, sehingga :

$$\vec{J} = \sigma \vec{E} \tag{2.22}$$

$$\frac{I}{A} = \frac{I}{\rho}\frac{V}{r} \tag{2.23}$$

$$V(r) = \frac{I\rho}{2\pi r} \tag{2.24}$$

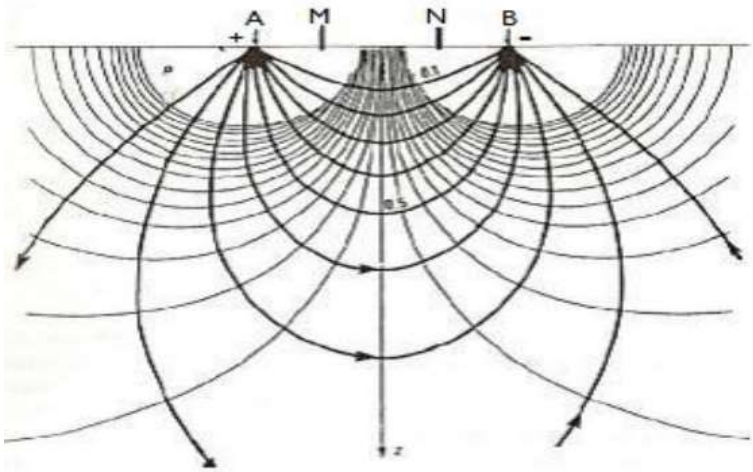
$$\rho = 2\pi r\frac{V}{I} \tag{2.24}$$



Gambar 2.3 Potensial di sekitar titik arus pada permukaan bumi (Telford *et al*.,1990:524).

2.8 Faktor Geometri

Faktor geometri merupakan besaran koreksi letak kedua elektroda potensial (penulis melambangkan M dan N) terhadap kedua elektroda arus (penulis melambangkan A dan B). Letak dua elektroda potensial terhadap letak kedua elektroda arus mempengaruhi besarnya beda potensial diantara kedua elektroda potensial tersebut. Jika pada permukaan bumi diinjeksikan dua sumber arus yang berlawanan polaritasnya seperti Gambar (2.4), maka besarnya potensial disuatu titik MN adalah :



Gambar 2.4 Permukaan equipotensial dan arah aliran arus listrik akibat dua sumber arus (I dan $-I$) di permukaan bumi homogen (Reynold, 1997)

$$V_M = \frac{\rho I}{2\pi r_1} - \frac{\rho I}{2\pi r_2} = \frac{\rho I}{2\pi}\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) \tag{2.25}$$

dengan,

r_1 = Jarak dari titik M ke sumber arus positif

r_2 = Jarak dari titik M ke sumber arus negatif

$$V_N = \frac{\rho I}{2\pi r_1} - \frac{\rho I}{2\pi r_2} = \frac{\rho I}{2\pi}\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) \tag{2.26}$$

dengan,

r_3 = Jarak dari titik M ke sumber arus positif

r_4 = Jarak dari titik M ke sumber arus negatif

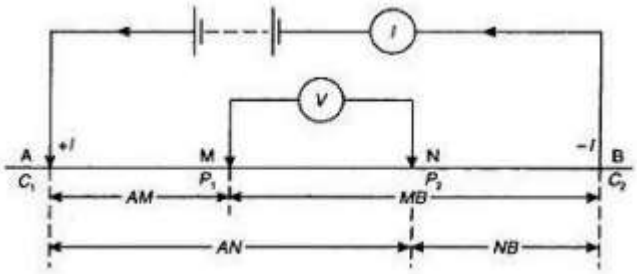
Jika ada dua titik yaitu P_1 dan P_2 yang terletak di dalam bumi tersebut , maka besarnya beda potensial antara titik M dan N adalah :

$$\Delta V = V_M - V_N$$

$$= \left\{\frac{\rho I}{2\pi}\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)\right\} - \left\{\frac{\rho I}{2\pi}\left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4}\right)\right\}$$

$$= \frac{\rho I}{2\pi}\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4}\right) \tag{2.27}$$

Pada metode geolistrik, pengukuran potensial dilakukan dengan menggunakan dua buah elektroda potensial seperti pada Gambar 2.5 berikut :



Gambar 2.5 Letak elektroda arus dan elektroda potensial pada permukaan bumi (Reynold, 1997)

$$\Delta V = \frac{\rho I}{2\pi}\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN}\right) \tag{2.28}$$

sehingga

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

$$\rho = K\frac{\Delta V}{I} \tag{2.29}$$

dengan,

$$K = \frac{2\pi}{\left\{\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN}\right\}} \tag{2.30}$$

atau,

$$K = \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM}\right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN}\right)} \tag{2.31}$$

dengan K adalah faktor geometri.

2.9 Resistivitas Batuan

Berbagai jenis sifat fisika batuan dan mineral, resistivitas merupakan salah satu sifat fisika batuan dan mineral yang memperlihatkan variasi harga yang cukup banyak. Pada mineral-mineral logam, harganya berkisar pada 10^{-8} Ωm hingga 10^{7}Ωm. Begitu juga pada batuan-batuan lain, dengan komposisi yang bermacam-macam akan menghasilkan range resistivitas yang bervariasi pula. Sehingga range resistivitas maksimum yang mungkin adalah dari 1,6 x 10^{-8} (perak asli) hingga 10^{16}Ωm (belerang murni).

Konduktor biasanya didefinisikan sebagai bahan yang memiliki resistivitas kurang dari 10^{-8}Ωm, sedangkan isolator memiliki resistivitas lebih dari 10^{7}Ωm. dan diantara keduanya adalah bahan semikonduktor, jumlah elektron bebasnya lebih sedikit. Isolator dicirikan oleh ikatan ionic sehingga elektron-elektron valensi tidak bebas bergerak.

Secara umum, berdasarkan harga resistivitas listriknya, batuan dan mineral dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu :

- Konduktor baik : $10^{-8} < \rho < 1\ \Omega m$
- Konduktor pertengahan : $1 < \rho < 10^{7}\Omega m$
- Isolator : $\rho > 10^{7}\Omega m$ (Telfford *et al.*, 1990)

Kebanyakan mineral membentuk batuan penghantar listrik yang tidak baik walaupun beberapa logam asli dan grafit menghantarkan listrik resistivitas yang terukur pada material bumi utamanya ditentukan oleh pergerakan ion-ion bermuatan

dalam pori-pori fluida. Air tanah secara umum berisi campuran terlarut yang dapat menambah kemampuannya untuk menghantar listrik, meskipun air tanah bukan konduktor listrik yang baik. Variasi resistivitas material bumi ditunjukkan sesuai Tabel 2.3 sebagai berikut :

Tabel 2.3 Variasi Resistivitas Material Bumi (Batuan) (Santoso, 2002 : 108).

Bahan	Resistivitas (Ωm)
Udara (dimuka bumi)	-
Pirit	3×10^{-1}
Galana	2×10^{-3}
Kwarsa	4×10^{10} s.d. 2×10^{14}
Kalsit	1×10^{12} s.d. 1×10^{13}
Batuan Garam	30 s.d. 1×10^{13}
Mika	9×10^{12} s.d. 1×10^{14}
Garnit	10^{2} s.d. 1×10^{6}
Gabro	1×10^{3} s.d. 1×10^{6}
Basalt	10 s.d 1×10^{7}
Batuan Gamping	50 s.d. 1×10^{7}
Batuan Pasir	1 s.d. 1×10^{8}
Batuan Serpih	20 s.d. 1×10^{3}
Dolomit	10^{2} s.d. 10^{4}
Alluvium dan Pasir	1 s.d. 10^{3}
Lempung	1 s.d. 10^{2}
Air Tanah	0,5 s.d. 3×10^{2}
Air Laut	0,2

Harga tahanan jenis batuan tergantung macam-macam materialnya, densitas, porositas, ukuran dan bentuk pori-pori batuan, kandungan air, kualitas dan suhu, dengan demikian tidak ada kepastian harga tahanan. Jenis untuk setiap macam batuan pada akuifer yang terdiri atas material lepas mempunyai harga tahanan jenis yang berkurang apabila makin besar kandungan air tanahnya atau makin besar kandungan garamnya (misal air asin). Mineral lempung bersifat menghantarkan arus listrik sehingga harga tahanan jenis akan kecil.

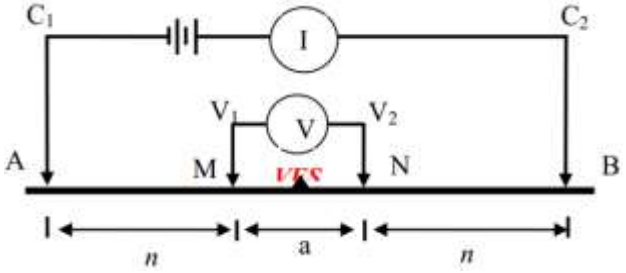
2.10 Geolistrik Metode Tahanan Jenis

Dalam eksplorasi geofisika, metode geolistrik adalah salah satu cara penelitian geofisika dari permukaan tanah untuk mengetahui lapisan-lapisan batuan dibawah permukaan tanah, dimana prinsip kerja metode geolistrik adalah mempelajari aliran listrik didalam bumi dan cara mendeteksinya di permukaan bumi. Metode geolistrik tahanan jenis pada prinsipnya bekerja dengan menginjeksikan elektroda arus dan elektroda potensial. Elektroda arus adalah elektroda dimana sumber arus dialirkan ke medium. Sedangkan elektroda potensial adalah elektroda tempat potensial diukur.

Hasil pengukuran arus dan beda potensial untuk setiap konfigurasi elektroda tertentu dapat digunakan untuk menurunkan variasi harga tahanan jenis lapisan bawah titik ukur (*sounding point*). Metode ini lebih efektif dan cocok digunakan untuk eksplorasi yang sifatnya dangkal. Oleh karena itu metode ini jarang digunakan untuk eksplorasi minyak tetapi lebih banyak digunakan dalam bidang teknik geologi

(*engineering geology*) seperti penentuan kedalaman batuan dasar (*basement*), pencarian tandon air (*reservoir*), dan eksplorasi panas bumi (*geothermal*), dan mementukan kadar garam (Haryanto : 2011).

Berdasarkan letak (konfigurasi) elektroda-elektroda arus dan potensialnya, dikenal beberapa jenis metode geolistrik tahanan jenis, anatara lain metode *Schlumberger*, metode *Wenner* dan metode *Dipole-dipole.* Sedangkan pada penelitian ini akan difokuskan pada penelitian geolistrik dengan metode *Schlumberger* dimana spasi elektroda arus jauh lebih lebar daripada spasi elektroda potensialnya. Dengan susunan elektroda arus AB dan potensial MN dapat digambarkan seperti pada Gambar 2.6 berikut :



Gambar 2.6 Skema konfigurasi elektroda *Schlumberger* (Putra : 2011).

Berdasarkan pada tujuan penyelidikan, metode geolistrik tahanan jenis dapat dibagi menjadi dua kelompok besar, yaitu :

1. Metode resisitivitas *mapping*

Metode resisitivitas mapping merupakan metode resisitivitas yang bertujuan untuk mempelajari variasi tahanan jenis lapisan bawah permukaan secara horizontal.

Oleh karena itu, pada metode ini dipergunakan konfigurasi elektroda yang sama untuk semua titik pengamatan di permukaan bumi.

2. Metode resisitivitas *sounding*

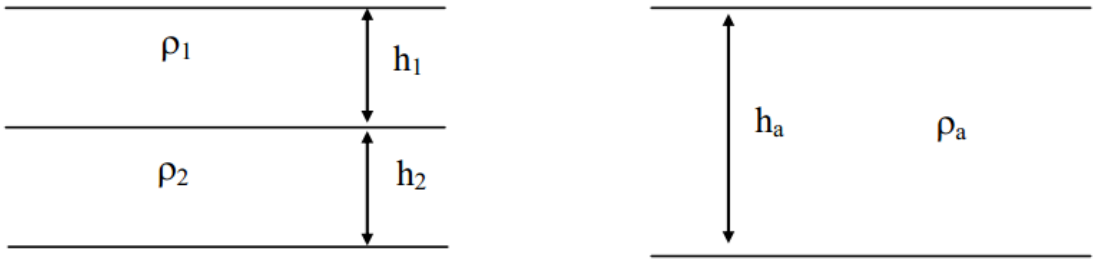
Metode ini bertujuan untuk mempelajari variasi resisitivitas batuan secara vertikal, pada prakteknya, spasi elektroda (arus dan potensial) diperbesar secara bertahap sesuai dengan konfigurasi elektroda yang digunakan. Semakin panjang bentangan jarak elektrodanya, maka semakin dalam pula batuan yang dapat dideteksi, walaupun masih dalam batas-batas tertentu.

2.11 Konsep Resisitivitas Semu

Bumi dianggap bersifat homogen isotropik, resistivitas yang terukur merupakan resisitivitas sebenarnya dan tidak bergantung pada spasi elektroda, namun pada kenyataannya bumi terdiri dari lapisan-lapisan dengan ρ yang berbeda – beda, sehingga potensial yang terukur merupakan pengaruh dari lapisan – lapisan tersebut. Maka harga resisitivitas yang terukur bukan merupakan harga resistivitas untuk satu lapisan saja, tetapi beberapa lapisan, sehingga ρ_a nya adalah :

$$\rho_a = K\frac{\Delta V}{I} \tag{2.32}$$

ρ_a *apparent resistivity* (resistivitas semu) yang bergantung pada spasi elektroda. Resistivitas semu merupakan resistivitas dari suatu medium fiktif homogen yang ekivalen dengan medium berlapis yang ditinjau. Perhatikan Gambar 2.7 berikut:



Gambar 2.7 Konsep Resisitivitas Semu

Anggapan medium berlapis yang ditinjau misalnya terdiri dari dua lapis dan mempunyai resistivitas berbeda (ρ_1 dan ρ_2). Dalam pengukuran medium ini dianggap medium satu lapis homogen yang memiliki satu harga resistivitas yaitu resistivitas semu (ρa) (Hendrajaya, 1993).

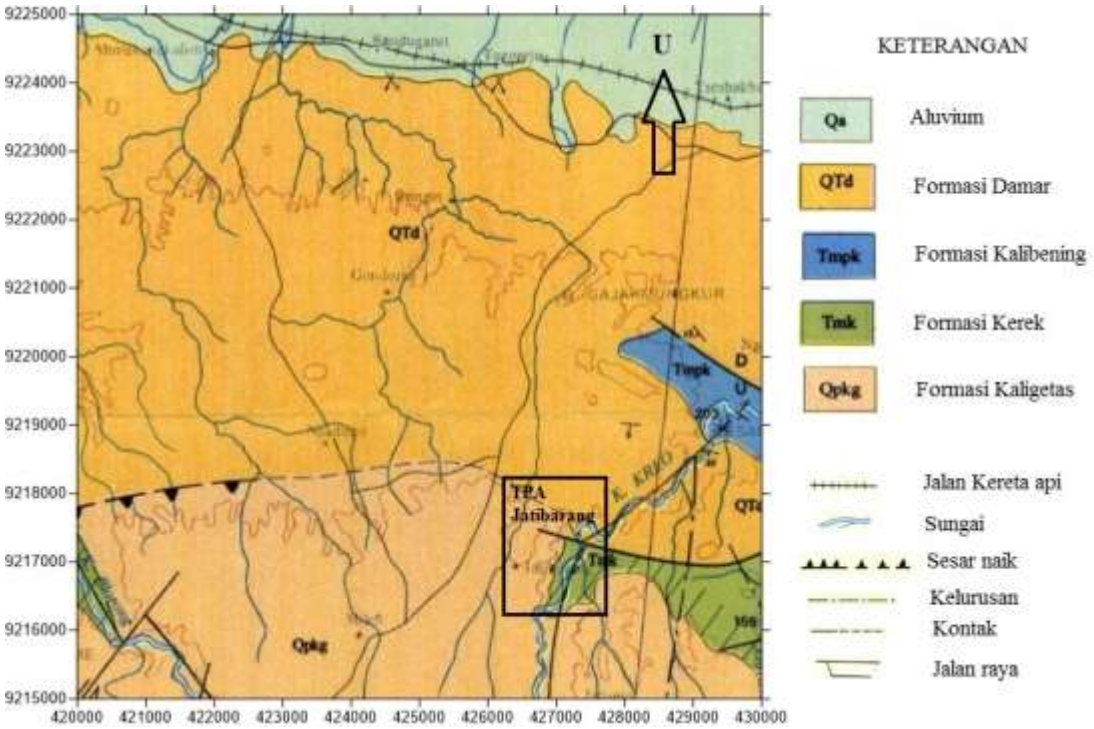
2.12 Resistivitas 2D (*Res2dinv*)

Software Res2dinv adalah suatu software yang digunakan untuk mendapatkan model *resistivity* dua dimensi di bawah permukaan dari data hasil survei *resistivity* di lapangan (Griffiths dan Barker, 1993). Model dua dimensi didapatkan dengan menggunakan proses inversi yang terdiri dari sejumlah kotak persegi.

2.13 Kondisi Geologi Daerah Penelitian

Lokasi penelitian dilaksanakan di Kelurahan Kedungpane Kecamatan Mijen dan Kelurahan Bambankerep Kecamatan Ngaliyan. Kedua lokasi tersebut

mempunyai formasi batuan yang terdiri dari Formasi kaligetas, Formasi Kerek, dan Formasi Damar. Sesuai gambar peta geologi pada Gambar 2.8 berikut :



Gambar 2.8 Peta Geologi Lokasi Penelitian Dimodifikasi Dari Peta Geologi Lembar Magelang, Semarang (Thaden *et al*., 1996)

2.13.1 Formasi Kaligetas (Qpkg)

Formasi Kaligetas batuannya terdiri dari breksi dan lahar dengan sisipan lava dan tuf halus sampai kasar, setempat dibagian bawahnya ditemukan batu lempung mengandung moluska dan batu pasir tufaan. Breksi dan lahar bewarna coklat kehitaman, dengan komponen berupa andesit, basalt, batu apung dengan masa dasar tufa, komponen umumnya menyudut-menyudut tanggung, porositas sedang hingga tinggi, breksi bersifat keras dan kompak, sedangkan lahar agak rapuh. Lava bewarna

hitam kelabu, keras dan kompak. Tufa bewarna kuning keputihan, halus kasar, porositas tinggi, getas. Batu lempung, bewarna hijau, porositas rendah, agak keras dalam keadaan kering dan mudah hancur dalam keadaan basah. Batu pasir tufaan, coklat kekuningan, halus sedang, porositas sedang, agak keras.

Merupakan endapan alluvium pantai, sungai dan danau. Endapan pantai litologinya terdiri dari lempung, lanau, pasir dan campuran dengan ketebalan mencapai 50 m atau lebih. Endapan sungai dan danau terdiri dari kerikil, kerakal, pasir dan lanau dengan ketebalan 1-3 m. Bongkah tersusun dari andesit, batu lempung dan sedikit batu pasir.

2.13.2 Formasi Damar (Qtd)

Formasi Damar batuannya terdiri dari batu pasir tufaan, konglomerat, dan breksi vulkanik. Batu pasir tufaan bewarna kuning kecoklatan bewarna berbutir halus kasar, komposisi terdiri dari mineral mafik, feldspar, dan kuarsa dengan masa dasar tufaan, porositas sedang keras. Konglomerat bewarna kuning kecoklatan hingga kehitaman, komponen terdiri dari andesit, basalt, batu apung, berukuran 0,5 – 5 cm, membundar tanggung hingga membundar baik, agak rapuh. Breksi vulkanik mungkin di endapkan sebagai lahar, bewarna abu-abu kehitaman, komponen terdiri dari andesit dan basalt, berukuran 1-20 cm, menyudut – membundar tanggung agak keras.

2.13.3 Formasi Kerek (Tmk)

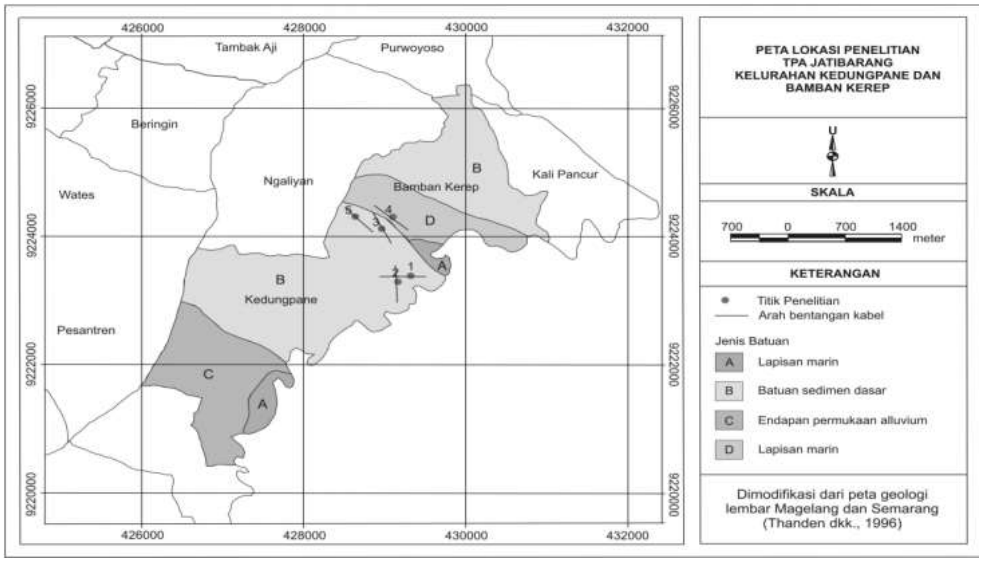
Formasi Kerek batuannya terdiri dari perselingan batu lempung, napal, batu pasir tufaan, konglomerat, breksi vulkanik dan batu gamping. Batu lempung kelabu muda – tua, gampingan, sebagian bersisipan dengan batu lanau atau batu pasir, mengandung fosil foram, moluska, dan koloni koral. Lapisan tipis konglomerat terdapat dalam batu lempung di Kali Kripik dan dalam batu pasir. Batu gamping umumnya berlapis, kristalin dan pasiran, mempunyai ketebalan total lebih dari 400 m.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dengan geolistrik metode *Schlumberger* untuk mengetahui identifikasi pertambahan persebaran limbah TPA Jatibarang dilaksanakan di Kelurahan Kedungpane Kecamatan Mijen dan Kelurahan Bambankerep Kecamatan Ngaliyan Kota Semarang mempunyai tiga titik penelitian yang pertama di dalam TPA Jatibarang yang dekat dengan tumpukan sampah, titik kedua berada di dekat pengolahan *leacheat* (air lindi) dan ketiga di perumahan terdekat dari TPA Jatibarang di Kelurahan Bambankerep Kecamatan Ngaliyan. Lebih jelasnya berikut adalah perbandingan letak penelitian terdahulu oleh Nilasari (2011) dengan penelitian lanjutan sesuai Gambar 3.1 dan Gambar 3.2 berikut :



Gambar 3.1 Peta lokasi penelitian pada Nilasari (2011) di TPA Jatibarang

Gambar 3.2 Peta Lokasi Penelitian TPA Jatibarang (Modifikasi dari Googgle Earth)

3.2 Variabel Penelitian

Variabel penelitian terdiri atas besaran-besaran fisik berikut :

1. Nilai Beda Potensial (V)

   Nilai beda potensial didapat dari arus yang diinjeksikan ke dalam tanah melalui elektroda arus C1 yang di tangkap oleh elektroda potensial V_1 V_2.

2. Nilai kuat arus (I = 24 A)

   Kuat arus di dapat dari aki kering yang berfungsi sebagai sumber arus yang akan diinjeksikan melalui elektroda arus C_1 ke dalam tanah.

3. Jarak/spasi antar elektroda (a)

   Jarak/spasi antar elektroda yang digunakan dalam pengukuran dilapangan

4. Resistansi (R)

   Nilai resistansi di dapat dari adanya perbedaan beda potensial dibawah permukaan melalui elektroda potensial V_1 V_2

5. Faktor Geometri (K)

   Faktor geometri merupakan fungsi dari konfigurasi elektroda yang berkaitan dengan kedalaman penetrasi arus.

6. Resistivitas (ρ)

   Nilai resistivitas didapat dari beda potensial (V) dibagi dengan arus (I) dan hasilnya dikalikan dengan faktor geometrinya.

3.3 Alat Penelitian

Alat yang diperlukan dalam pengambilan data penelitian adalah :

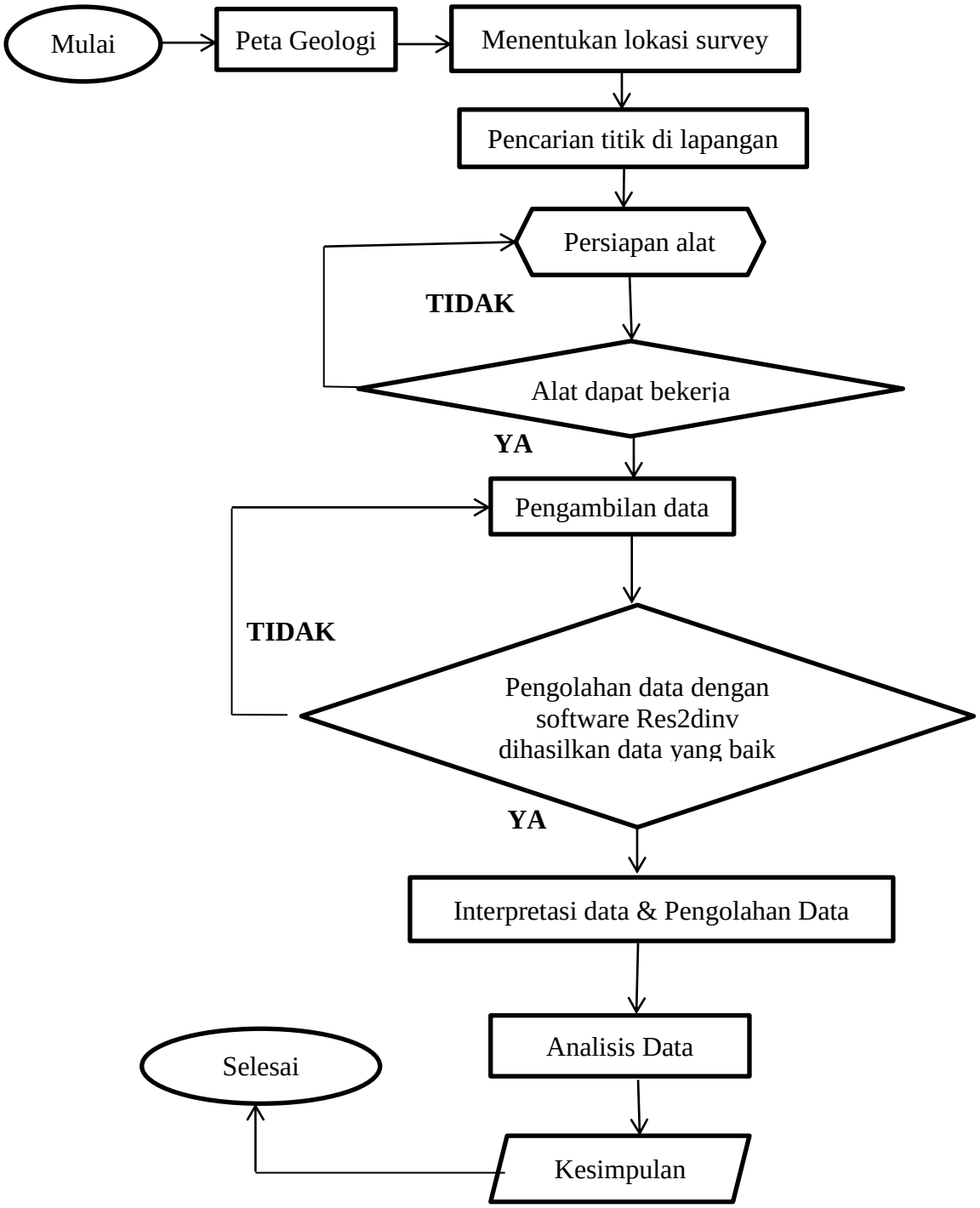
1. Elektroda sebanyak 16 untuk menginjeksikan arus ke bawah permukaan.
2. Kabel sebagai penghubung elektroda ke *Resistivity S-Field* dan aki.
3. *Resistivity S-Field*
4. Laptop untuk melihat hasil output dari penelitian lapangan.
5. *Software Res2Dinv* (Untuk menampilkan hasil penampang daerah penelitian dalam bentuk 2 Dimensi) dan *Surfer '11*(Untuk menampilkan hasil penampang daerah penelitian dalam bentuk 3 Dimensi).
6. Meteran untuk mengukur panjang lintasan penelitian.
7. Palu
8. Alat tulis
9. *GPS* sebagai pemetaan titik lokasi objek dan titik-titik peletakan elektrode.

3.4 Bahan Penelitian

Objek penelitian ini adalah polutan sampah atau lindi yang berasal dari pembusukan sampah di sekitar TPA Jatibarang Kelurahan Kedungpane Kecamatan Ngaliyan Kota Semarang. Polutan sampah atau lindi ini berada di bawah permukaan tanah dan dapat terdeteksi dari nilai resistivitasnya.

3.5 Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian

Prosedur penelitian dapat dilihat melalui diagram alir seperti Gambar 3.3 berikut:



3.6 Prosedur Pelaksanaan

Adapun prosedur penelitian yang akan dilakukan sebagai berikut :

3.6.1 Persiapan

Dalam tahap persiapan yang perlu dilakukan adalah sebagai berikut :

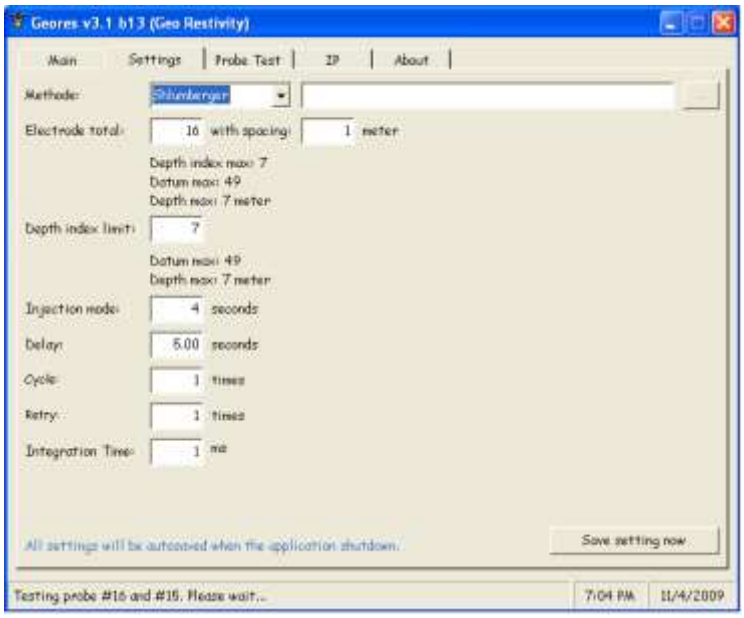
1. Studi Literatur, yaitu mempelajari teori-teori yang berhubungan dengan lokasi tempat pembuangan akhir (TPA) dan dampak yang ditimbulkan terhadap lingkungan sekitarnya.
2. Mengurus surat izin penelitian dan melakukan survei pendahuluan untuk mengetahui gambaran umum lokasi penelitian untuk menentukan lintasan.
3. Mengurus surat peminjaman alat.
4. Melakukan pengecekan kelengkapan dan kelayakan alat beserta komponen-komponennya.

3.6.2 Pengukuran lapangan (Akuisisi)

Konfigurasi yang digunakan adalah konfigurasi *schlumberger* yang dapat memetakan bawah permukaan secara vertikal. Panjang lintasan yang digunakan untuk AB/2 adalah 75 meter. Berikut ini tahap-tahap akuisisi data geolistrik:

1. Memasang elektroda pada lintasan pengukuran sebanyak 16 elektoda agar lebih mudah di pengaturan bentangan elektroda dengan panjang lintasan 75m.
2. Mengatur bentangan elektroda masing-masing berjarak 5 m.
3. Kabel penghubung elektroda pertama hingga elektroda ke delapan dimasukkan pada lubang alat *resistivity multi channel* yang bertuliskan angka 1-8.

4. Kabel penghubung elektroda ke sembilan hingga elektroda ke enam belas dimasukkan pada lubang alat *resistivity multi channel* yang bertuliskan angka 9-16.
5. Sisa lubang dipergunakan untuk kabel penghubung sumber arus atau aki dan kabel penghubung alat *resistivity* multi channel dengan USB agar terkoneksi dengan laptop.
6. Membuka program *Geores-Multi Channel* pada laptop. Dengan software tersebut monitoring dibawah permukaan tanah dapat otomatis terbaca dengan menggunakan bantuan software *Restivity 2D.*



Gambar 3.4 Pengaturan pada program Geores

7. Memilih resistivity setelah itu memilih direktori untuk menyimpan data yang dihasilkan dari pengukuran lalu klik *start*. Dengan software tersebut monitoring di bawah permukaan tanah dapat otomatis terbaca.

8. Data hasil pengukuran disimpan pada direktori yang sudah dipilih sebelum memulai pengukuran.
9. Mengulangi prosedur pada poin 1-7 untuk lintasan berikutnya.
10. Data yang diperoleh berupa arus, beda potensial, resistivitas.
11. Langkah selanjutnya adalah melakukan inversi dengan menggunakan *software Res2Dinv* yang nantinya akan menggambarkan penampang bawah permukaan di setiap lintasan, dari penampang tersebut dapat diinterpretasikan adanya polutan-polutan limbah TPA Jatibarang.

3.6.3 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan komputer menggunakan *software res2Dinv*. *Software res2dinv* merupakan program yang dibuat untuk menghitung serta menggambarkan harga resisitivitas dari hasil perhitungan di lapangan. Pengolahan di mulai dari membuka *software res2dinv* kemudian pilih menu *file* selanjutnya pilih *read data file* untuk memilih dan menginput data yang diperoleh dari perhitungan lapangan menggunakan *Geores Multi-Channel* setelah dipilih data dengan format *.*dat* selanjutnya pilih menu *oke*. Pilih menu *inversion* untuk memilih data yang akan ditampilkan hasil inversinya kemudian pilih menu *least squares inversion* lalu akan muncul tiga penampang melintang hasil inversi data lapangan. Karena pada penelitian ini memerlukan penempang melintang berupa topografi maka pengolahan dilanjutkan dengan memilih menu *Display* lalu pilih menu *Show inversion result* kemudian akan muncul tampilan baru. Pilih menu *Display sections* selanjutnya klik

menu *include topoghraphy in model display* yang akan menghasilkan tampilan penampang melintang topografi data hasil lapangan.

3.6.4 Interpretasi Data

Interpretasi data dilakukan dengan membaca data hasil inversi dengan *software Res2dinv* untuk model inversi 2-D kemudian mengevaluasi penampang resistivitasnya berdasarkan nilai ρ (resistivitas batuan), geologi daerah sekitar, hasil penelitian terdahulu mengenai pencemaran limbah oleh polutan dari TPA Jatibarang, serta semua informasi yang diperoleh ketika survey di daerah penelitian. Menggunakan semua data yang diperoleh tersebut dapat disimpulkan bagaimana persebaran air lindi TPA Jatibarang tahun 2011 – 2015 sekarang.

BAB V

PENUTUP

5.1 Simpulan

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

5.2 Saran

1. Berdasarkan kondisi topografi daerah penelitian yang berupa perbukitan dan memiliki lereng-lereng yang curam dalam melalukan penelitian selanjutnya bisa menggunakan metode lain yang lebih efisien seperti metode gaya berat atau magnetik.

2. Kedalaman yang dihasilkan dalam penelitian ± 15 meter, sehingga belum bisa didapatkan gambaran interpretasi yang lebih dari 15 m. dengan metode yang sama untuk mendapatkan kedalaman yang lebih disarankan menambah panjang dari lintasan penelitian, untuk memperoleh kedalaman yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

Arbain., N.K.Mardana., Sudana I B. 2008. Pengaruh Air Lindi Tempat Pembuangan Akhir Sampah Suwung Terhadap Kualitas Air Tanah Dangkal Di Sekitarnya di Kelurahan Pedungan Kota Denpasar. *Echotropic. Vol3, no. 2. 55 – 60.*

Ali, M. 2011. *Rembesan Air Lindi (Leacheat) Dampak Pada Tanaman Pangan Dan Kesehatan*. Staf Pengajar Program Studi teknik lingkungan UPN Veteran Jawa Timur. Surabaya.

Bahri, 2005. *Hand Out Mata Kuliah Geofisika Lingkungan dengan Topik Metode Geolistrik Resistivitas*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam ITS. Surabaya.

Fachrudin, A.A. 1989. *Pengaruh Sampah di TPA Dago, Kotamadia Bandung Terhadap Kualitas Air Tanah Bebas di Sekitarnya.* Thesis Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

Griffiths, D.H., and R.D. Barker. 1993. Two Dimensional Resistivity Imaging and Modelling in Areas of Complex Geology. *Journal of Applied Geophysics, V.29., p.211-226.*

Handayani, D.S., S.H.Budisulistiorini., & M.R.Nuraini., 2009. Kajian Nilai Ekonomi Penerapan Konsep Daur Ulang padda TPA Jatibarang Kota Semarang, *Jurnal Presipitasi Vol.7 No.2, September 2009, ISSN 1907-187X.*

Haryanto, A. 2011. *Aplikasi Metode Resistivitas Menggunakan Geolistrik Untuk Monitoring Intrusi Air Laut Skala Model.* Skripsi. UNNES. Semarang.

Huliselan, E.K., Satria. B., Wahyu. S., Edwan,K. 2010. Scanning Electron Microscopy and Magnetic Characterization of Iron Oxides in Solid Waste Landfill Leacheat. *Journal of Hazardous Materials 179 (2010) 701 – 708.*

Kirana, K., Nurul. A., Estevanus. H., Satria. B. 2011. Magnetic and Electrical Properties of Leacheat, *ITB J.Sci., Vol.43 A,No.3,2011,165 – 178.*

Loke, M.H. 1999. *Electrical Imaging Surveys For Environmental And Enginering Studies. A Practical Guide to 2-D and 3-D Surveys*. Malaysia. Penang.

Ngadimin dan Gunawan. H., 2000. Aplikasi Metode Geolistrik Untuk Alat Monitoring Rembesan Limbah (Penelitian Model Fisik Di Laboratorium). *JMS Vol. 6. N0.1.April 2010 (43-53).*

Oktawian, W. dan Ika. B.P. 2008. Pola Penyebaran Limpasan Logam Lindi TPA Jatibarang Pada Air Sungai Kreo. *Jurnal Presipitasi Vol.4 No.1 Maret 2008, ISSN 1907 – 187X*.

Paulus. 2012. *Pemodelan 3D Cavity Daerah "X" Dengan Menggunakan Metode Resistivity Konfigurasi Dipole-Dipole.* Skripsi. Depok : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UI.

Putra, I.K. 2012. *Identifikasi Arah Rembesan Dan Letak Akumulasi lindi dengan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner – Schlumberger di TPA Temensi Kabupaten Gianyar*. Tesis. Denpasar : Universitas Udayana. Denpasar.

Putranto, T.T., Hendrayana H., Putra. DPE. 2008. Pemodelan Pergerakan Kontaminan Dalam Air Tanah di TPA Jatibarang Kota Semarang. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan IAIG ke-3.* Bandung : Hotel Horison.

Reynolds, J. m. 1997. *An Introduction to Aplied and Environmental Geophysicsi.* John Wiley and Sons Ltd. Baffins, Chichester, West Susex PO19 IUD. England.

Santoso, D. 2002. *Pengantar Teknik Geofisika*. Bandung: Departemen Teknik Geofisika ITB.

Seyhan, E. 1977. Fundamentals of Hydrology. *Terjemahan*. S. Subagyo. 1993. Dasar-dasae Hidrologi. Cetakan kedua. Gajah Mada Univ. Press. Yogyakarta. 380 pp.

Slamet, J.S. 1994. *Kesehatan Lingkuungan*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.

Suhendra. 2005. Pencitraan Konduktivitas Bawah permukaan Dan Aplikasinya Untuk Identifikasi Penyebaran Limbah Cair Dengan Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis 2D. *Jurnal Gradien vol. 2. No. 1. Januari 2006 (105-108)*

Supriyadi., Khumaedi, & Panca., R.N. 2013. Pola Sebaran Limbah TPA Studi Kasus di Jatibarang Semarang. *Jurnal Manusia dan Lingkungan Vol.20, No.1, Maret 2013:49-56*

Telford, W.M., Sheriff, R.E., Geldart, L.P., & Keys, D.A. 1990. *Applied Geophysics*, 2nd ed. New York : Cambrige University Press.

Thaden, R.E., H. Sumadirdja., P. W. Richards., K. Sutisna, & T.C. Amin. 1996. *Peta Geologi Lembar Magelang Dan Semarang Jawa, Pusat penelitian dan Pengembangan Geologi*. Bandung.

Wijatmoko, B. dan Hariadi. 2008. Studi Pola Sebaran Dan Kedalaman Polusi Air Tanah Berdasarkan Nilai Resisitivitas Di Sekitar Saluran Pembuangan. *Vol. 10, No.1. Maret 2008*

Widyatmoko, H & Sintorini. 2002. *Menghindari, Mengolah dan Menyingkirkan Sampah. PT. Dinastindo Adiperkasa Internasional*. Jakarta.

Wuryantoro, 2007. *Aplikasi Metode Geolistrik Tahanan Jenis untuk Menentukan Letak Dan Kedalaman Aquifer Air Tanah*. Skripsi. Semarang : Universitas Negeri Semarang.

Wulandari, R.A. 2010. *Pemodelan Fisika Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger Untuk Monitoring rembesan Limbah Dalam Tanah*. Skripsi. Semarang : Universitas Negeri Semarang.

LAMPIRAN

1. Hasil Akuisisi Data Geolistrik Metode *Schlumberger*
Lintasan Acuan

Datum	Depth	Axis	A	M	N	B	SP	I(A):AB	V(v):MN	Time
1	1	1	1	2	3	4	0.1707	0.1305	0.1249	9:10:45 AM
2	1	2	2	3	4	5	0.625	0.1302	0.658	9:01:08 AM
3	1	3	3	4	5	6	0.1679	0.1303	0.2146	9:01:19 AM
4	1	4	4	5	6	7	0.0465	0.131	0.0475	9:11:48 AM
5	1	5	5	6	7	8	0.1968	0.1305	0.2366	9:01:41 AM
6	1	6	6	7	8	9	0.42	0.1313	0.359	9:12:39 AM
7	1	7	7	8	9	10	0.0207	0.1306	0.0805	9:02:03 AM
8	1	8	8	9	10	11	0.1634	0.131	0.1411	9:13:54 AM
9	1	9	9	10	11	12	0.094	0.1304	0.1073	9:02:24 AM
10	1	10	10	11	12	13	0.0132	0.1298	0.0261	9:02:35 AM
11	1	11	11	12	13	14	0.3771	0.1295	0.403	9:02:46 AM
12	1	12	12	13	14	15	0.016	0.1308	0.0039	9:14:37 AM
13	1	13	13	14	15	16	0.3276	0.131	0.3533	9:03:08 AM
14	2	1	1	3	4	6	0.1713	0.131	0.1855	9:03:19 AM
15	2	2	2	4	5	7	0.1595	0.131	0.1477	9:15:41 AM
16	2	3	3	5	6	8	0.2918	0.1305	0.2975	9:03:41 AM
17	2	4	4	6	7	9	0.1148	0.1308	0.1155	9:03:52 AM
18	2	5	5	7	8	10	0.0011	0.1302	0.0028	9:04:03 AM
19	2	6	6	8	9	11	0.1942	0.1318	0.2218	9:16:03 AM
20	2	7	7	9	10	12	0.087	0.1309	0.0795	9:16:59 AM
21	2	8	8	10	11	13	0.103	0.1305	0.1034	9:04:35 AM
22	2	9	9	11	12	14	0.0756	0.1282	0.0772	9:04:46 AM
23	2	10	10	12	13	15	0.247	0.1307	0.2561	9:04:57 AM
24	2	11	11	13	14	16	0.04	0.1313	0.0409	9:05:09 AM
25	3	1	1	4	5	8	0.1748	0.1302	0.1694	9:18:00 AM
26	3	2	2	5	6	9	0.1314	0.1309	0.1274	9:18:22 AM
27	3	3	3	6	7	10	0.1337	0.1306	0.1357	9:05:41 AM
28	3	4	4	7	8	11	0.2648	0.1317	0.2645	9:18:45 AM
29	3	5	5	8	9	12	0.0033	0.1306	0.0092	9:06:03 AM
30	3	6	6	9	10	13	0.0041	0.1305	0.0044	9:06:15 AM
31	3	7	7	10	11	14	0.1133	0.1294	0.1141	9:06:25 AM
32	3	8	8	11	12	15	0.0301	0.1315	0.0355	9:06:36 AM

33	3	9	9	12	13	16	0.2344	0.1312	0.2384	9:06:47 AM
34	4	1	1	5	6	10	0.1015	0.1297	0.0977	9:19:31 AM
35	4	2	2	6	7	11	0.2399	0.1307	0.2409	9:07:09 AM
36	4	3	3	7	8	12	0.1198	0.1304	0.1136	9:07:19 AM
37	4	4	4	8	9	13	0.026	0.131	0.021	9:19:53 AM
38	4	5	5	9	10	14	0.676	0.1297	0.66	9:07:41 AM
39	4	6	6	10	11	15	0.0986	0.1309	0.0985	9:07:52 AM
40	4	7	7	11	12	16	0.0601	0.1309	0.0626	9:08:03 AM
41	5	1	1	6	7	12	0.3095	0.1308	0.3138	9:08:13 AM
42	5	2	2	7	8	13	0.1157	0.131	0.119	9:20:16 AM
43	5	3	3	8	9	14	0.2877	0.129	0.2845	9:08:35 AM
44	5	4	4	9	10	15	0.476	0.1312	0.473	9:08:46 AM
45	5	5	5	10	11	16	0.0736	0.1312	0.0746	9:08:57 AM
46	6	1	1	7	8	14	0.0341	0.1284	0.0336	9:09:08 AM
47	6	2	2	8	9	15	0.2618	0.1308	0.2675	9:09:19 AM
48	6	3	3	9	10	16	0.41	0.131	0.406	9:09:30 AM
49	7	1	1	8	9	16	0.0223	0.1304	0.1701	9:21:24 AM

Lintasan Pertama Pada Titik Sounding Pertama

Datum	Depth	Axis	A	M	N	B	SP	I(A):AB	V(v):MN	Time
1	1	1	1	2	3	4	0.0015	0.1309	0.0313	10:13:54 AM
2	1	2	2	3	4	5	0.515	0.131	0.516	10:14:06 AM
3	1	3	3	4	5	6	0.0859	0.1311	0.0684	11:17:00 AM
4	1	4	4	5	6	7	0.1203	0.1306	0.1569	10:14:27 AM
5	1	5	5	6	7	8	0.1721	0.1313	0.1875	10:14:38 AM
6	1	6	6	7	8	9	0.0462	0.1312	0.057	10:14:49 AM
7	1	7	7	8	9	10	0.0812	0.1315	0.1739	10:15:00 AM
8	1	8	8	9	10	11	0.1081	0.1314	0.1141	10:15:11 AM
9	1	9	9	10	11	12	0.2924	0.131	0.3328	10:15:22 AM
10	1	10	10	11	12	13	0.0022	0.1309	0.0404	11:17:20 AM
11	1	11	11	12	13	14	0.1795	0.1313	0.2191	10:15:44 AM
12	1	12	12	13	14	15	0.3938	0.1318	0.3711	11:18:38 AM
13	1	13	13	14	15	16	0.3312	0.1314	0.3922	11:19:02 AM
14	2	1	1	3	4	6	0.594	0.1311	0.596	10:16:14 AM
15	2	2	2	4	5	7	0.0884	0.1313	0.0792	11:19:53 AM
16	2	3	3	5	6	8	0.1795	0.1316	0.2085	10:16:36 AM
17	2	4	4	6	7	9	0.4003	0.1312	0.403	11:20:22 AM

18	2	5	5	7	8	10	0.723	0.1315	0.718	11:20:48 AM
19	2	6	6	8	9	11	0.0583	0.1307	0.1077	10:17:08 AM
20	2	7	7	9	10	12	0.1163	0.1314	0.119	10:17:19 AM
21	2	8	8	10	11	13	0.0529	0.1308	0.0453	11:22:24 AM
22	2	9	9	11	12	14	0.1171	0.1302	0.1264	10:17:41 AM
23	2	10	10	12	13	15	0.3388	0.1304	0.3496	10:17:52 AM
24	2	11	11	13	14	16	0.503	0.1312	0.486	11:23:20 AM
25	3	1	1	4	5	8	0.086	0.132	0.0821	11:23:40 AM
26	3	2	2	5	6	9	0.459	0.1319	0.444	10:18:22 AM
27	3	3	3	6	7	10	0.056	0.1306	0.0564	10:18:33 AM
28	3	4	4	7	8	11	0.59	0.1315	0.578	10:18:44 AM
29	3	5	5	8	9	12	0.0697	0.1316	0.0854	10:18:55 AM
30	3	6	6	9	10	13	0.0726	0.1314	0.0741	10:19:06 AM
31	3	7	7	10	11	14	0.089	0.1315	0.0911	10:19:17 AM
32	3	8	8	11	12	15	0.563	0.132	0.552	11:24:25 AM
33	3	9	9	12	13	16	1.02	0.1315	1.025	11:24:49 AM
34	4	1	1	5	6	10	0.671	0.131	0.661	10:19:47 AM
35	4	2	2	6	7	11	0.0383	0.1314	0.0394	10:19:58 AM
36	4	3	3	7	8	12	0.0011	0.1315	0.003	10:20:09 AM
37	4	4	4	8	9	13	0.703	0.1313	0.701	10:20:21 AM
38	4	5	5	9	10	14	0.3352	0.132	0.3348	11:26:04 AM
39	4	6	6	10	11	15	0.0439	0.1313	0.0435	10:20:42 AM
40	4	7	7	11	12	16	0.2746	0.1315	0.2735	11:26:41 AM
41	5	1	1	6	7	12	0.708	0.1316	0.699	11:27:17 AM
42	5	2	2	7	8	13	0.0121	0.1316	0.0147	10:21:13 AM
43	5	3	3	8	9	14	0.581	0.1308	0.576	10:21:24 AM
44	5	4	4	9	10	15	0.1584	0.1318	0.1586	10:21:35 AM
45	5	5	5	10	11	16	0.1424	0.1315	0.1423	11:27:45 AM
46	6	1	1	7	8	14	0.1835	0.1316	0.1867	11:28:10 AM
47	6	2	2	8	9	15	0.44	0.1314	0.422	11:28:32 AM
48	6	3	3	9	10	16	0.1864	0.1316	0.1869	11:29:26 AM
49	7	1	1	8	9	16	0.3996	0.131	0.3808	11:31:57 AM

Lintasan Kedua Pada titik Sounding Pertama

Datum	Depth	Axis	A	M	N	B	SP	I(A):AB	V(v):MN	Time
1	1	1	1	2	3	4	0.248	0.1326	0.2109	12:14:25 PM
2	1	2	2	3	4	5	0.56	0.132	0.583	12:04:07 PM
3	1	3	3	4	5	6	0.029	0.1323	0.0553	12:04:18 PM
4	1	4	4	5	6	7	0.156	0.1321	0.1907	12:04:29 PM
5	1	5	5	6	7	8	0.055	0.1331	0.0992	12:04:40 PM
6	1	6	6	7	8	9	0.143	0.1322	0.1469	12:04:51 PM
7	1	7	7	8	9	10	0.01	0.1321	0.0598	12:05:02 PM
8	1	8	8	9	10	11	0.124	0.1328	0.1368	12:05:13 PM
9	1	9	9	10	11	12	0.08	0.1324	0.1055	12:05:24 PM
10	1	10	10	11	12	13	0.205	0.1326	0.2399	12:05:34 PM
11	1	11	11	12	13	14	0.162	0.133	0.1363	12:15:51 PM
12	1	12	12	13	14	15	0.014	0.1324	0.0432	12:05:56 PM
13	1	13	13	14	15	16	0.063	0.1328	0.0788	12:06:07 PM
14	2	1	1	3	4	6	0.123	0.1325	0.1387	12:06:18 PM
15	2	2	2	4	5	7	0.042	0.1325	0.0284	12:06:29 PM
16	2	3	3	5	6	8	0.357	0.132	0.3636	12:06:40 PM
17	2	4	4	6	7	9	0.311	0.1328	0.3053	12:17:10 PM
18	2	5	5	7	8	10	0.108	0.1324	0.1123	12:07:02 PM
19	2	6	6	8	9	11	0.051	0.1329	0.077	12:07:12 PM
20	2	7	7	9	10	12	0.041	0.1323	0.0442	12:07:23 PM
21	2	8	8	10	11	13	0.051	0.1324	0.0545	12:07:34 PM
22	2	9	9	11	12	14	0.103	0.1324	0.1117	12:07:45 PM
23	2	10	10	12	13	15	0.164	0.1332	0.1538	12:18:03 PM
24	2	11	11	13	14	16	0.204	0.1334	0.2197	12:08:07 PM
25	3	1	1	4	5	8	0.137	0.1332	0.1391	12:18:25 PM
26	3	2	2	5	6	9	0.071	0.1312	0.0735	12:08:29 PM
27	3	3	3	6	7	10	0.39	0.1317	0.382	12:08:40 PM
28	3	4	4	7	8	11	0.446	0.1321	0.449	12:19:33 PM
29	3	5	5	8	9	12	0.026	0.1327	0.041	12:09:01 PM
30	3	6	6	9	10	13	0.003	0.1334	0.0046	12:09:12 PM
31	3	7	7	10	11	14	0.013	0.1319	0.0143	12:09:23 PM
32	3	8	8	11	12	15	0.233	0.1322	0.2347	12:09:34 PM
33	3	9	9	12	13	16	0.162	0.134	0.1585	12:21:45 PM
34	4	1	1	5	6	10	0.076	0.1325	0.0757	12:09:55 PM
35	4	2	2	6	7	11	0.468	0.1328	0.464	12:10:06 PM

36	4	3	3	7	8	12	0.052	0.1337	0.0546	12:10:17 PM
37	4	4	4	8	9	13	0.814	0.1339	0.807	12:22:39 PM
38	4	5	5	9	10	14	0.755	0.1326	0.745	12:10:39 PM
39	4	6	6	10	11	15	0.048	0.1329	0.049	12:10:50 PM
40	4	7	7	11	12	16	0.175	0.1333	0.1793	12:11:00 PM
41	5	1	1	6	7	12	0.311	0.1341	0.3105	12:23:02 PM
42	5	2	2	7	8	13	0.344	0.1341	0.3474	12:23:44 PM
43	5	3	3	8	9	14	0.037	0.1321	0.0389	12:11:33 PM
44	5	4	4	9	10	15	0.58	0.1326	0.577	12:11:44 PM
45	5	5	5	10	11	16	0.014	0.1324	0.0147	12:11:55 PM
46	6	1	1	7	8	14	0.255	0.1321	0.2574	12:12:05 PM
47	6	2	2	8	9	15	0.685	0.1339	0.7	12:24:07 PM
48	6	3	3	9	10	16	0.522	0.134	0.517	12:12:27 PM
49	7	1	1	8	9	16	0.039	0.1329	0.0694	12:12:37 PM

Lintasan Ketiga Pada titik *Sounding* Kedua

Datum	Depth	Axis	A	M	N	B	SP	I(A):AB	V(v):MN	Time
1	1	1	1	2	3	4	1.442	0.1337	11.92	1:41:51 PM
2	1	2	2	3	4	5	0.647	0.1326	0.662	1:23:04 PM
3	1	3	3	4	5	6	0.6	0.1329	0.559	1:42:27 PM
4	1	4	4	5	6	7	0.1361	0.1325	0.1621	1:23:26 PM
5	1	5	5	6	7	8	0.2442	0.1327	0.2686	1:23:37 PM
6	1	6	6	7	8	9	0.0973	0.1333	0.0815	1:43:35 PM
7	1	7	7	8	9	10	0.2869	0.1323	0.3548	1:23:59 PM
8	1	8	8	9	10	11	0.1737	0.1324	0.1798	1:24:10 PM
9	1	9	9	10	11	12	0.049	0.1327	0.0862	1:25:25 PM
10	1	10	10	11	12	13	0.226	0.1324	0.2311	1:25:35 PM
11	1	11	11	12	13	14	0.1703	0.1328	0.1862	1:25:46 PM
12	1	12	12	13	14	15	0.1688	0.1328	0.2046	1:43:57 PM
13	1	13	13	14	15	16	0.2994	0.1329	0.328	1:26:08 PM
14	2	1	1	3	4	6	0.547	0.1327	0.569	1:44:17 PM
15	2	2	2	4	5	7	0.0431	0.1325	0.0526	1:26:30 PM
16	2	3	3	5	6	8	0.401	0.1324	0.407	1:26:40 PM
17	2	4	4	6	7	9	0.1548	0.1325	0.1574	1:26:51 PM
18	2	5	5	7	8	10	0.0977	0.1325	0.0922	1:44:51 PM
19	2	6	6	8	9	11	0.1536	0.1324	0.1758	1:27:13 PM
20	2	7	7	9	10	12	0.0412	0.1339	0.051	1:45:12 PM

21	2	8	8	10	11	13	0.1663	0.1332	0.1617	1:46:26 PM
22	2	9	9	11	12	14	0.1183	0.1332	0.1227	1:27:45 PM
23	2	10	10	12	13	15	0.0178	0.1326	0.0252	1:27:56 PM
24	2	11	11	13	14	16	0.159	0.1328	0.1694	1:28:07 PM
25	3	1	1	4	5	8	0.0999	0.132	0.1093	1:28:17 PM
26	3	2	2	5	6	9	0.498	0.133	0.493	1:46:45 PM
27	3	3	3	6	7	10	0.3032	0.1334	0.3082	1:28:39 PM
28	3	4	4	7	8	11	0.0059	0.1336	0.0019	1:48:15 PM
29	3	5	5	8	9	12	0.0704	0.1332	0.0839	1:29:01 PM
30	3	6	6	9	10	13	0.3438	0.1337	0.3429	1:48:49 PM
31	3	7	7	10	11	14	0.0374	0.1336	0.0365	1:29:22 PM
32	3	8	8	11	12	15	0.2267	0.1332	0.2276	1:29:33 PM
33	3	9	9	12	13	16	0.418	0.133	0.41	1:49:11 PM
34	4	1	1	5	6	10	0.0058	0.1331	0.0064	1:29:55 PM
35	4	2	2	6	7	11	0.3075	0.1331	0.3135	1:30:05 PM
36	4	3	3	7	8	12	0.0916	0.133	0.0948	1:30:17 PM
37	4	4	4	8	9	13	0.0222	0.1326	0.037	1:49:47 PM
38	4	5	5	9	10	14	0.0834	0.1331	0.0822	1:50:23 PM
39	4	6	6	10	11	15	0.0318	0.134	0.0313	1:30:49 PM
40	4	7	7	11	12	16	0.2281	0.1333	0.2308	1:31:00 PM
41	5	1	1	6	7	12	0.104	0.1332	0.1347	1:31:10 PM
42	5	2	2	7	8	13	0.0303	0.1325	0.0274	1:51:56 PM
43	5	3	3	8	9	14	0.1449	0.1325	0.1476	1:52:16 PM
44	5	4	4	9	10	15	0.2457	0.133	0.245	1:31:43 PM
45	5	5	5	10	11	16	0.0129	0.133	0.0136	1:31:54 PM
46	6	1	1	7	8	14	0.1832	0.1332	0.1838	1:32:05 PM
47	6	2	2	8	9	15	0.0101	0.1336	0.0211	1:32:16 PM
48	6	3	3	9	10	16	0.1982	0.1334	0.1987	1:32:26 PM
49	7	1	1	8	9	16	0.0059	0.1333	0.0408	1:32:37 PM

Lintasan Pertama Pada Titik *Sounding* Ketiga

Datum	Depth	Axis	A	M	N	B	SP	I(A):AB	V(v):MN	Time
1	1	1	1	2	3	4	0.0404	0.1301	0.0902	8:25:30 AM
2	1	2	2	3	4	5	0.447	0.1297	0.475	8:25:41 AM
3	1	3	3	4	5	6	0.2032	0.129	0.2605	8:25:52 AM
4	1	4	4	5	6	7	0.1777	0.1322	0.2528	8:35:10 AM
5	1	5	5	6	7	8	0.2147	0.1289	0.2772	8:26:14 AM
6	1	6	6	7	8	9	0.1464	0.1247	0.1751	8:26:25 AM
7	1	7	7	8	9	10	0.0814	0.1303	0.1639	8:26:36 AM
8	1	8	8	9	10	11	0.548	0.1315	0.504	8:36:11 AM
9	1	9	9	10	11	12	0.2241	0.1308	0.2607	8:36:34 AM
10	1	10	10	11	12	13	0.0802	0.1309	0.109	8:27:09 AM
11	1	11	11	12	13	14	0.1274	0.131	0.1614	8:27:19 AM
12	1	12	12	13	14	15	0.1723	0.1298	0.2709	8:27:30 AM
13	1	13	13	14	15	16	0.1586	0.1305	0.1693	8:27:41 AM
14	2	1	1	3	4	6	0.1456	0.1297	0.1607	8:27:52 AM
15	2	2	2	4	5	7	0.1749	0.1307	0.1914	8:28:03 AM
16	2	3	3	5	6	8	0.1312	0.1315	0.1498	8:36:56 AM
17	2	4	4	6	7	9	0.0982	0.1297	0.1048	8:28:24 AM
18	2	5	5	7	8	10	0.0491	0.1316	0.0582	8:28:35 AM
19	2	6	6	8	9	11	0.1162	0.1278	0.1898	8:28:46 AM
20	2	7	7	9	10	12	0.0049	0.1311	0.0062	8:28:56 AM
21	2	8	8	10	11	13	0.0919	0.1312	0.1039	8:37:15 AM
22	2	9	9	11	12	14	0.0583	0.1284	0.1008	8:29:18 AM
23	2	10	10	12	13	15	0.0155	0.1299	0.0226	8:29:29 AM
24	2	11	11	13	14	16	0.2724	0.00013	0.3003	8:29:40 AM
24	2	11	11	13	14	16	0.2623	0.1314	0.2897	8:29:51 AM
25	3	1	1	4	5	8	0.1752	0.1316	0.1821	8:30:02 AM
26	3	2	2	5	6	9	0.0922	0.1307	0.0932	8:30:13 AM
27	3	3	3	6	7	10	0.428	0.1319	0.431	8:37:35 AM
28	3	4	4	7	8	11	0.55	0.1308	0.542	8:38:29 AM
29	3	5	5	8	9	12	0.0638	0.1303	0.091	8:30:45 AM
30	3	6	6	9	10	13	0.0169	0.1161	0.0181	8:30:56 AM
31	3	7	7	10	11	14	0.06	0.1306	0.0608	8:39:10 AM
32	3	8	8	11	12	15	0.1284	0.1297	0.1287	8:31:18 AM
33	3	9	9	12	13	16	0.0141	0.00013	0.0259	8:31:28 AM
33	3	9	9	12	13	16	0.0064	0.1304	0.0193	8:31:39 AM

34	4	1	1	5	6	10	0.0627	0.1315	0.0633	8:31:50 AM
35	4	2	2	6	7	11	0.2471	0.1304	0.2468	8:40:42 AM
36	4	3	3	7	8	12	0.0512	0.1314	0.0547	8:32:11 AM
37	4	4	4	8	9	13	0.083	0.1317	0.0687	8:42:33 AM
38	4	5	5	9	10	14	0.562	0.1309	0.561	8:42:57 AM
39	4	6	6	10	11	15	0.0876	0.1097	0.0874	8:32:43 AM
40	4	7	7	11	12	16	0.068	0.1322	0.0684	8:32:54 AM
41	5	1	1	6	7	12	0.1557	0.1303	0.1565	8:43:20 AM
42	5	2	2	7	8	13	0.1236	0.1303	0.1253	8:43:40 AM
43	5	3	3	8	9	14	0.2344	0.131	0.2354	8:33:27 AM
44	5	4	4	9	10	15	0.537	0.1283	0.545	8:44:00 AM
45	5	5	5	10	11	16	0.0474	0.1296	0.0484	8:44:25 AM
46	6	1	1	7	8	14	0.2929	0.1312	0.2962	8:33:59 AM
47	6	2	2	8	9	15	0.2212	0.1312	0.2315	8:34:10 AM
48	6	3	3	9	10	16	0.514	0.1319	0.51	8:45:23 AM
49	7	1	1	8	9	16	0.079	0.1316	0.1108	8:45:44 AM

Lintasan Kedua Pada Titik *sounding* Kedua

Datum	Depth	Axis	A	M	N	B	SP	I(A):AB	V(v):MN	Time
1	1	1	1	2	3	4	0.528	0.1317	0.508	9:44:25 AM
2	1	2	2	3	4	5	0.689	0.1298	0.703	9:34:05 AM
3	1	3	3	4	5	6	0.2244	0.1278	0.2546	9:34:17 AM
4	1	4	4	5	6	7	0.903	0.1307	0.837	9:46:06 AM
5	1	5	5	6	7	8	1.189	0.1314	1.233	9:46:29 AM
6	1	6	6	7	8	9	0.3446	0.1284	0.3662	9:34:49 AM
7	1	7	7	8	9	10	0.0237	0.1298	0.0717	9:35:00 AM
8	1	8	8	9	10	11	0.1838	0.1288	0.2116	9:46:52 AM
9	1	9	9	10	11	12	0.1419	0.1315	0.1733	9:35:21 AM
10	1	10	10	11	12	13	0.0547	0.1289	0.1093	9:35:32 AM
11	1	11	11	12	13	14	0.0074	0.1283	0.062	9:47:09 AM
12	1	12	12	13	14	15	0.0123	0.1314	0.0323	9:35:54 AM
13	1	13	13	14	15	16	0.2497	0.1301	0.294	9:36:05 AM
14	2	1	1	3	4	6	0.498	0.1298	0.496	9:36:16 AM
15	2	2	2	4	5	7	0.3726	0.1267	0.3638	9:48:22 AM
16	2	3	3	5	6	8	0.694	0.1315	0.677	9:49:05 AM
17	2	4	4	6	7	9	0.1325	0.1314	0.168	9:36:49 AM
18	2	5	5	7	8	10	0.2091	0.1315	0.2145	9:37:00 AM

19	2	6	6	8	9	11	0.0116	0.1282	0.0502	9:37:11 AM
20	2	7	7	9	10	12	0.0207	0.13	0.0239	9:37:22 AM
21	2	8	8	10	11	13	0.0878	0.1312	0.0904	9:37:33 AM
22	2	9	9	11	12	14	0.0019	0.1311	0.0198	9:37:44 AM
23	2	10	10	12	13	15	0.0805	0.1305	0.0933	9:37:55 AM
24	2	11	11	13	14	16	0.1108	0.1297	0.1268	9:38:06 AM
25	3	1	1	4	5	8	0.2754	0.1318	0.2714	9:50:25 AM
26	3	2	2	5	6	9	0.753	0.126	0.747	9:51:04 AM
27	3	3	3	6	7	10	0.875	0.1317	0.874	9:51:25 AM
28	3	4	4	7	8	11	0.335	0.131	0.3374	9:51:47 AM
29	3	5	5	8	9	12	0.0091	0.1316	0.0207	9:39:00 AM
30	3	6	6	9	10	13	0.0566	0.1257	0.0587	9:52:11 AM
31	3	7	7	10	11	14	0.0664	0.1316	0.0674	9:39:22 AM
32	3	8	8	11	12	15	0.0618	0.1317	0.065	9:39:33 AM
33	3	9	9	12	13	16	0.0691	0.1319	0.0766	9:39:44 AM
34	4	1	1	5	6	10	1.139	0.1306	1.123	9:39:55 AM
35	4	2	2	6	7	11	2.08	0.1225	1.969	9:52:30 AM
36	4	3	3	7	8	12	0.2509	0.1329	0.2569	9:40:17 AM
37	4	4	4	8	9	13	0.0533	0.13	0.053	9:55:09 AM
38	4	5	5	9	10	14	0.0081	0.13	0.0049	9:56:05 AM
39	4	6	6	10	11	15	0.0716	0.129	0.0739	9:40:49 AM
40	4	7	7	11	12	16	0.0088	0.132	0.009	9:41:00 AM
41	5	1	1	6	7	12	0.837	0.1303	0.845	9:56:26 AM
42	5	2	2	7	8	13	0.2722	0.1272	0.2771	9:56:56 AM
43	5	3	3	8	9	14	0.1736	0.1322	0.1792	9:41:33 AM
44	5	4	4	9	10	15	0.0127	0.1322	0.0096	9:57:29 AM
45	5	5	5	10	11	16	0.0555	0.1319	0.058	9:41:54 AM
46	6	1	1	7	8	14	0.46	0.1322	0.461	9:42:05 AM
47	6	2	2	8	9	15	0.1489	0.1314	0.1679	9:42:16 AM
48	6	3	3	9	10	16	0.0124	0.1323	0.0106	9:58:39 AM
49	7	1	1	8	9	16	0.1377	0.1321	0.2032	9:42:37 AM

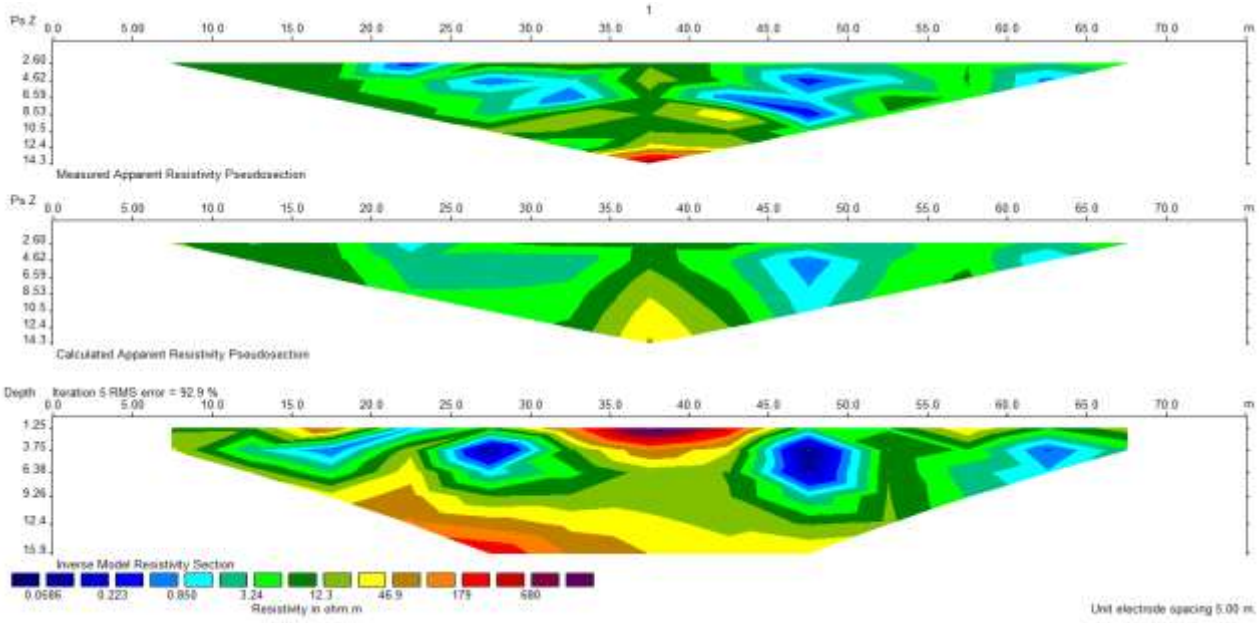
Lintasan ketiga Pada Titik *Sounding* Ketiga

Datum	Depth	Axis	A	M	N	B	SP	I(A):AB	V(v):MN	Time
1	1	1	1	2	3	4	0.2833	0.1293	0.2601	11:43:06 AM
2	1	2	2	3	4	5	0.0614	0.1325	0.0836	11:54:26 AM
3	1	3	3	4	5	6	0.0776	0.1317	0.0957	11:21:21 AM
4	1	4	4	5	6	7	0.1608	0.1284	0.1608	11:21:32 AM
5	1	5	5	6	7	8	0.1312	0.1281	0.1431	11:21:43 AM
6	1	6	6	7	8	9	0.0684	0.1317	0.0643	11:21:55 AM
7	1	7	7	8	9	10	0.1341	0.1278	0.1457	11:22:05 AM
8	1	8	8	9	10	11	0.0984	0.1245	0.1103	11:44:52 AM
9	1	9	9	10	11	12	0.2284	0.131	0.2308	11:22:27 AM
10	1	10	10	11	12	13	0.3377	0.1245	0.3585	11:22:38 AM
11	1	11	11	12	13	14	0.0614	0.1321	0.0718	11:22:49 AM
12	1	12	12	13	14	15	0.2062	0.1291	0.1883	11:46:11 AM
13	1	13	13	14	15	16	0.437	0.1316	0.445	11:46:42 AM
14	2	1	1	3	4	6	0.2293	0.1322	0.2381	11:23:21 AM
15	2	2	2	4	5	7	0.674	0.1328	0.663	11:47:15 AM
16	2	3	3	5	6	8	0.511	0.1282	0.52	11:47:38 AM
17	2	4	4	6	7	9	0.0792	0.1272	0.0837	11:23:54 AM
18	2	5	5	7	8	10	0.0039	0.1267	0.0023	11:24:05 AM
19	2	6	6	8	9	11	0.031	0.1318	0.0447	11:24:16 AM
20	2	7	7	9	10	12	0.0888	0.1331	0.0915	11:48:00 AM
21	2	8	8	10	11	13	0.1544	0.1229	0.156	11:48:22 AM
22	2	9	9	11	12	14	0.1866	0.1302	0.1932	11:24:49 AM
23	2	10	10	12	13	15	0.0122	0.1158	0.0127	11:25:00 AM
24	2	11	11	13	14	16	0.0531	0.1313	0.0478	11:49:36 AM
25	3	1	1	4	5	8	0.036	0.1265	0.0366	11:25:22 AM
26	3	2	2	5	6	9	0.2576	0.1318	0.2605	11:25:33 AM
27	3	3	3	6	7	10	0.0895	0.1216	0.0883	11:25:43 AM
28	3	4	4	7	8	11	0.0607	0.127	0.0631	11:49:58 AM
29	3	5	5	8	9	12	0.0268	0.1328	0.0331	11:26:05 AM
30	3	6	6	9	10	13	0.0828	0.1323	0.0837	11:50:33 AM
31	3	7	7	10	11	14	0.1039	0.1325	0.1031	11:26:27 AM
32	3	8	8	11	12	15	0.3011	0.1128	0.3018	11:26:38 AM
33	3	9	9	12	13	16	0.0127	0.1299	0.0157	11:26:48 AM
34	4	1	1	5	6	10	0.1847	0.1267	0.1888	11:26:59 AM
35	4	2	2	6	7	11	0.1043	0.1322	0.1022	11:51:37 AM

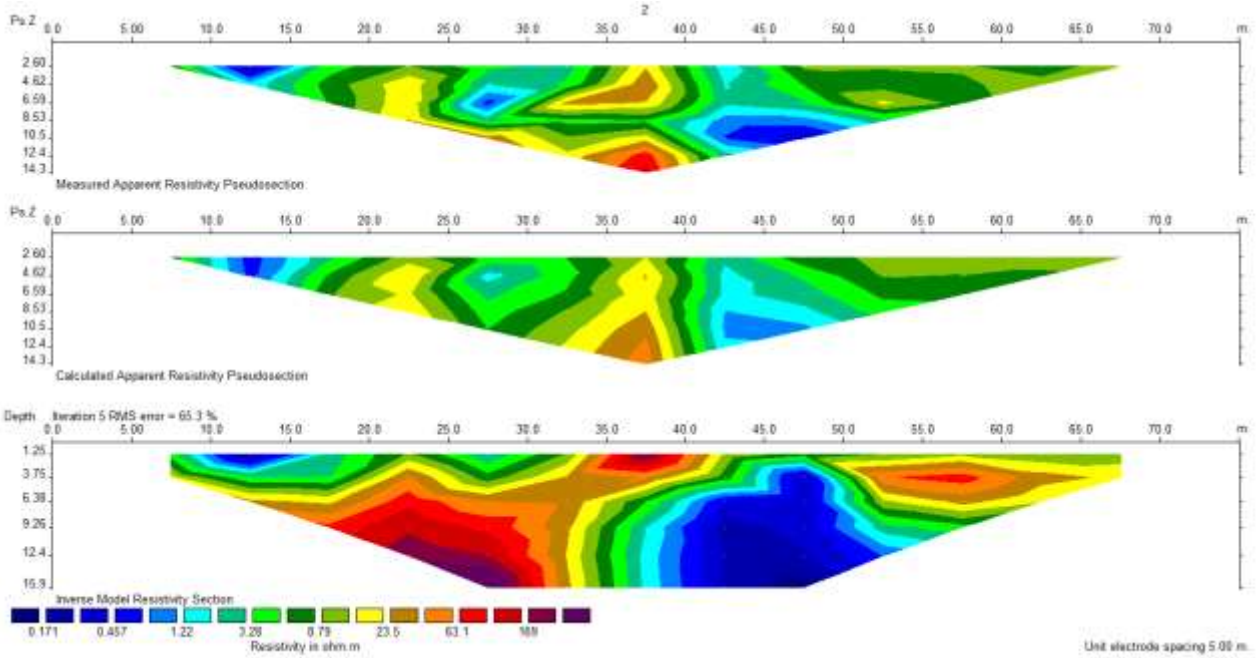
36	4	3	3	7	8	12	0.0995	0.1316	0.1022	11:27:21 AM
37	4	4	4	8	9	13	0.557	0.1277	0.555	11:52:06 AM
38	4	5	5	9	10	14	0.699	0.132	0.688	11:27:40 AM
39	4	6	6	10	11	15	0.1029	0.1275	0.0993	11:27:51 AM
40	4	7	7	11	12	16	0.2595	0.1317	0.2615	11:37:48 AM
41	5	1	1	6	7	12	0.0323	0.1318	0.0319	11:52:50 AM
42	5	2	2	7	8	13	1.13	0.1322	1.107	11:38:10 AM
43	5	3	3	8	9	14	0.0744	0.1317	0.0772	11:38:20 AM
44	5	4	4	9	10	15	0.1136	0.1166	0.1137	11:40:55 AM
45	5	5	5	10	11	16	0.2469	0.1304	0.2455	11:53:13 AM
46	6	1	1	7	8	14	0.69	0.132	0.688	11:41:17 AM
47	6	2	2	8	9	15	0.0408	0.128	0.048	11:41:28 AM
48	6	3	3	9	10	16	0.1096	0.1302	0.1108	11:41:38 AM
49	7	1	1	8	9	16	0.467	0.1308	0.451	11:55:25 AM

3. Penampang Melintang Hasil olah *Software Res2dinv*

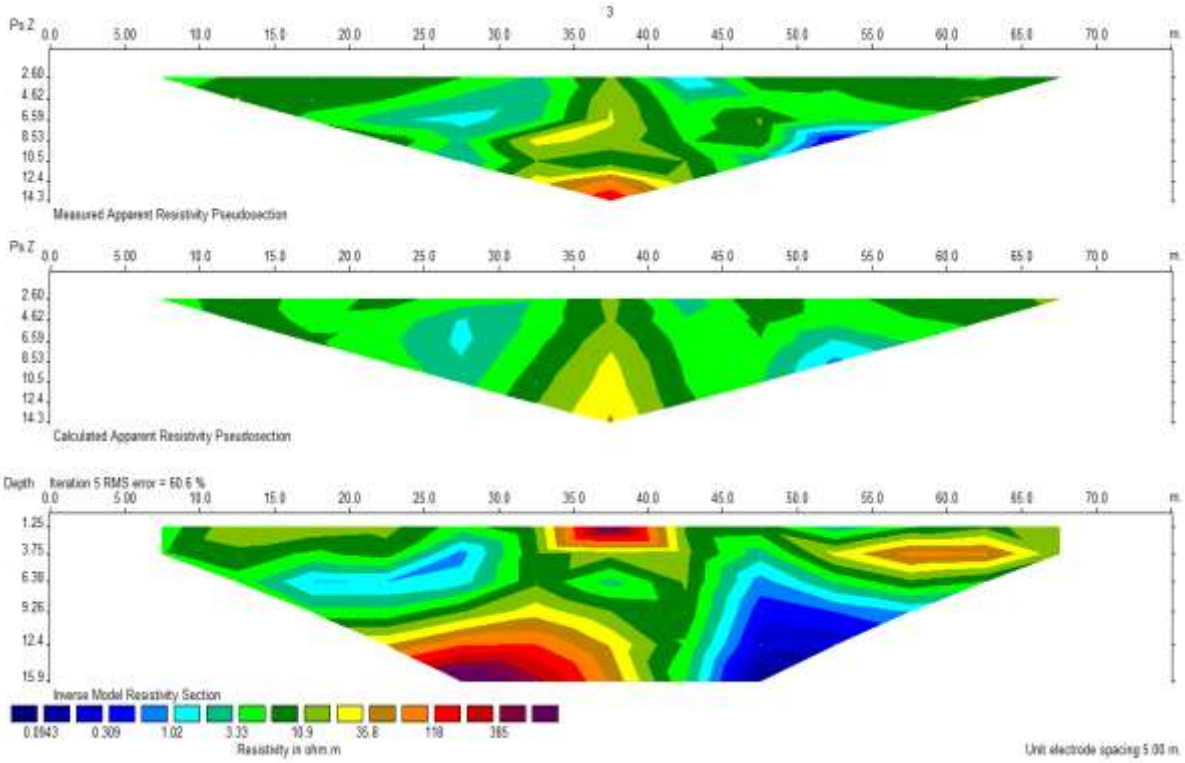
✓ Penampang Melintang Lintasan Acuan



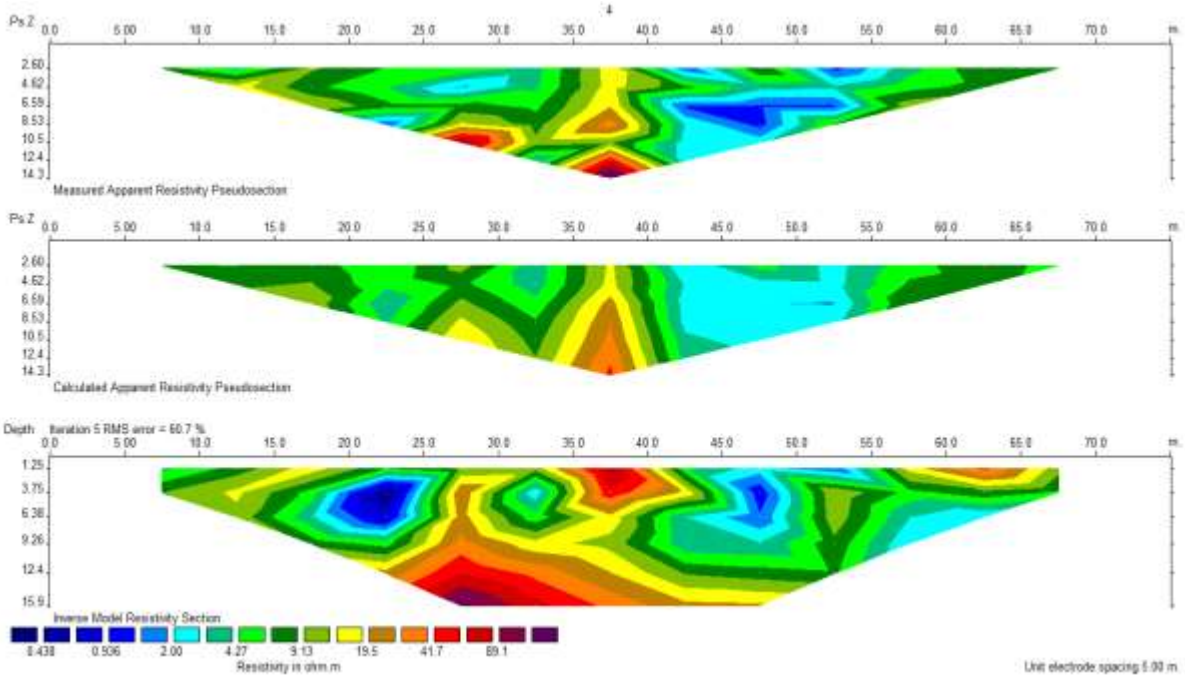
✓ Penampang Melintang Lintasan Pertama titik Sounding ke Dua



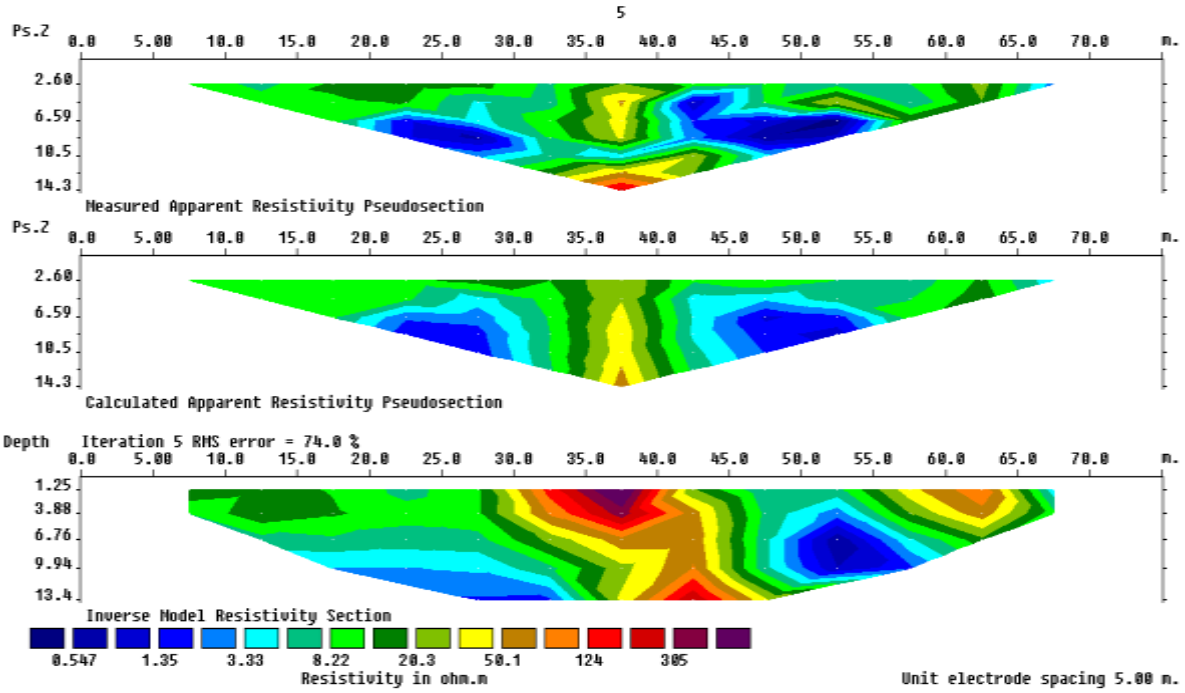
✓ Penampang Melintang Lintasan Kedua Titik Sounding Kedua



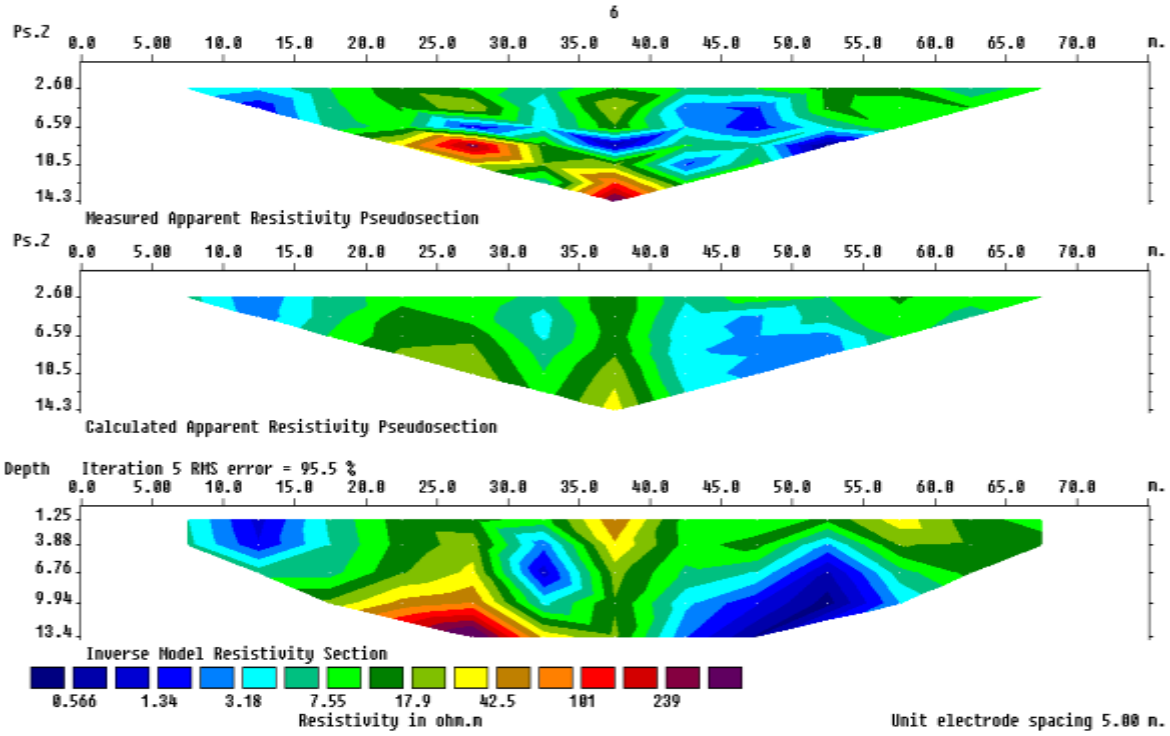
✓ Penampang Melintang Lintasan Ketiga Titik Sounding Kedua



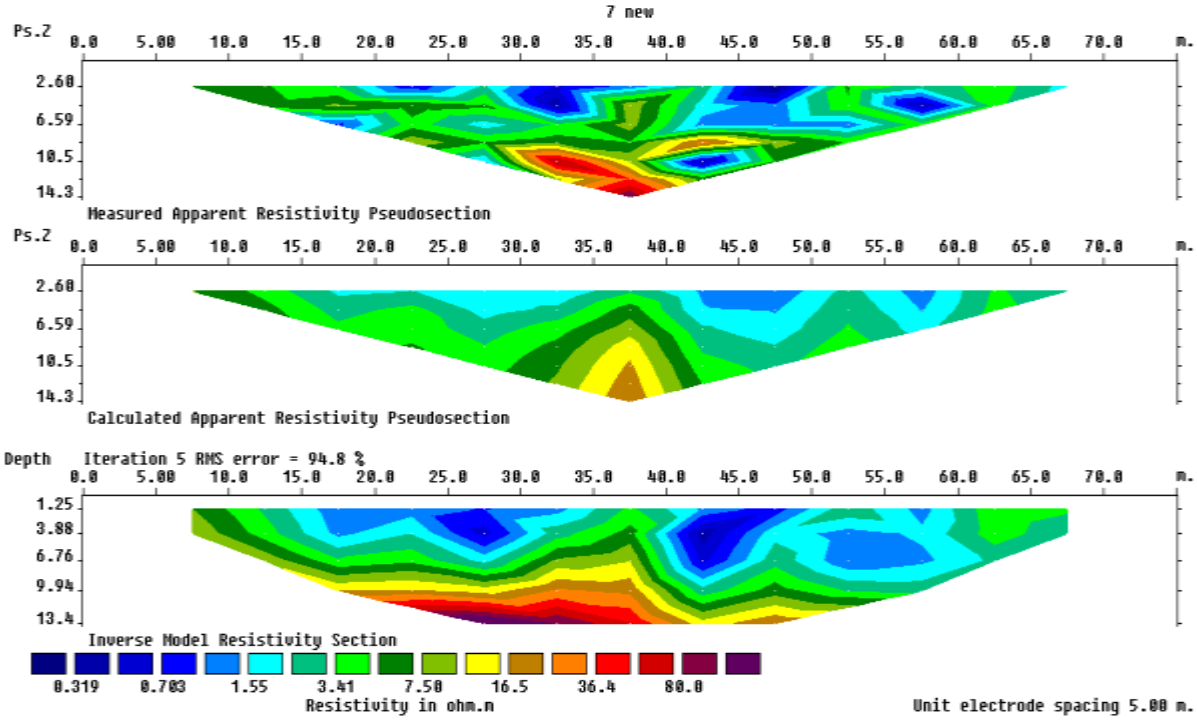
✓ Penampang Melintang Lintasan Pertama Titik Sounding Ketiga



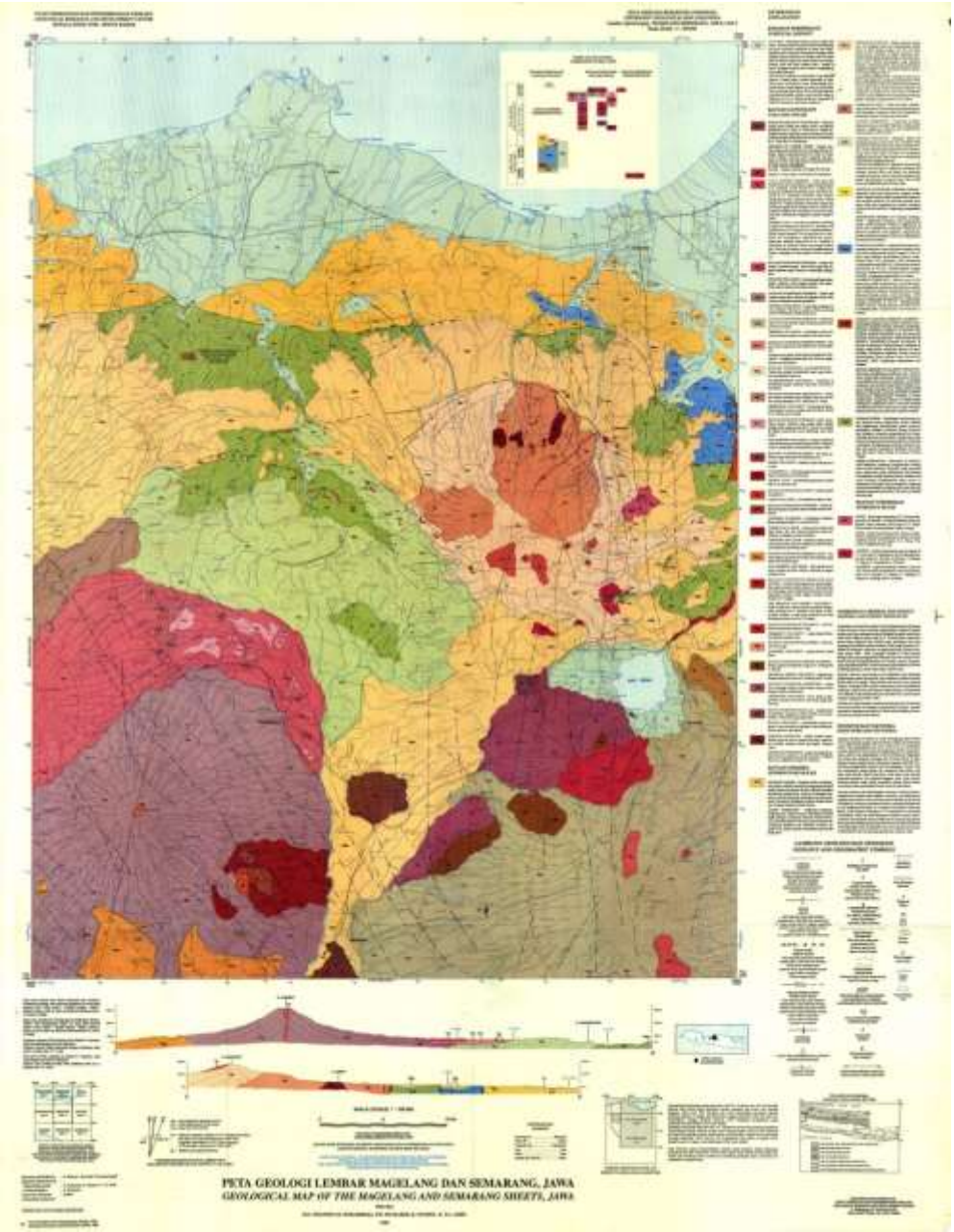
✓ Penampang Melintang Lintasan Kedua Titik Sounding Ketiga



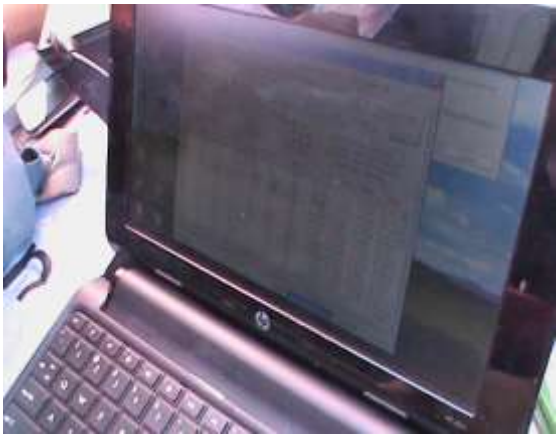
✓ Penampang Melintang Lintasan Ketiga Titik Sounding Ketiga



3. Hasil Penampang Melintang



4. Foto Akuisisi Data Geolistrik



5. SK Pembimbing

KEPUTUSAN
DEKAN FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
Nomor: 863/P/2014.
Tentang
PENETAPAN DOSEN PEMBIMBING SKRIPSI/TUGAS AKHIR SEMESTER GASAL/GENAP
TAHUN AKADEMIK 2014/2015

Menimbang : Bahwa untuk memperlancar mahasiswa Jurusan/Prodi Fisika/Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam membuat Skripsi/Tugas Akhir, maka perlu menetapkan Dosen-dosen Jurusan/Prodi Fisika/Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UNNES untuk menjadi pembimbing.

Mengingat :
1. Undang-undang No.20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional (Tambahan Lembaran Negara RI No.4301, penjelasan atas Lembaran Negara RI Tahun 2003, Nomor 78)
2. Peraturan Rektor No. 21 Tahun 2011 tentang Sistem Informasi Skripsi UNNES
3. SK. Rektor UNNES No. 164/O/2004 tentang Pedoman penyusunan Skripsi/Tugas Akhir Mahasiswa Strata Satu (S1) UNNES;
4. SK Rektor UNNES No.162/O/2004 tentang penyelenggaraan Pendidikan UNNES;

Menimbang : Usulan Ketua Jurusan/Prodi Fisika/Fisika Tanggal 21 November 2014

MEMUTUSKAN

Menetapkan :

PERTAMA : Menunjuk dan menugaskan kepada:

1. Nama : Dr. Khumaedi, M.Si.
   NIP : 196306101989011002
   Pangkat/Golongan : IV/A
   Jabatan Akademik : Lektor Kepala
   Sebagai Pembimbing I
2. Nama : Dra. DWI YULIANTI, M.Si
   NIP : 196007221984032001
   Pangkat/Golongan : IV/C
   Jabatan Akademik : Lektor Kepala
   Sebagai Pembimbing II

Untuk membimbing mahasiswa penyusun skripsi/Tugas Akhir :

Nama : RATNA SRI WULANDARI
NIM : 4211411030
Jurusan/Prodi : Fisika/Fisika
Topik : Pemetaan Persebaran Aliran Limbah TPA Jatibarang Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis

KEDUA : Keputusan ini mulai berlaku sejak tanggal ditetapkan.

DITETAPKAN DI : SEMARANG
PADA TANGGAL : 24 November 2014
DEKAN

Prof. Dr. Wiyanto, M.Si.
NIP 196310121988031001

Tembusan
1. Pembantu Dekan Bidang Akademik
2. Ketua Jurusan
3. Petinggal

4211411030
FM-03-AKD-24/Rev. 00

6. Surat Ijin Penelitian

PEMERINTAH KOTA SEMARANG
BADAN KESATUAN BANGSA DAN POLITIK
Jl. Pemuda No. 175 Semarang Telp. 3584045 Hunting: 3584077 Pws. 2601,2602,2603,2604,2605,2606 Fax. 3584045

REKOMENDASI PENELITIAN
NOMOR : 070/702/V/2015

I. Dasar :
1. Peraturan Menteri Dalam Negeri Republik Indonesia Nomor 64 Tahun 2011 tanggal 20 Desember 2011 tentang Pedoman Penerbitan Rekomendasi Penelitian.
2. Peraturan Daerah Kota Semarang Nomor 13 tahun 2008, Tanggal 7 Nopember 2008 tentang Pembentukan Organisasi dan Tata Kerja Lembaga Teknis Daerah Kota Semarang.
3. Peraturan Walikota Semarang Nomor 44 Tahun 2008 Tanggal 24 Desember 2008 tentang Penjabaran Tugas dan Fungsi Badan Kesatuan Bangsa, Politik dan Perlindungan Masyarakat Kota Semarang.

II. Memperhatikan : Surat Dari Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UNNES
Nomor : 4801/UN37.1.4/LT/2015
Tanggal : 30 April 2015

III. Pada Prinsipnya kami **TIDAK KEBERATAN / DAPAT MENERIMA** atas Pelaksanaan Penelitian / Survey di Kota Semarang.

IV. Yang dilaksanakan oleh :
1. Nama : Ratna Sri Wulandari
2. Kebangsaan : Indonesia
3. Alamat : Gang Jeruk, Sekaran, Gunungpati, Semarang
4. Pekerjaan : Mahasiswa
5. Penanggung jawab : Dr. Wiyanto, M.Si
6. Judul Penelitian : "Pemetaan Persebaran Aliran Limbah TPA (Tempat Pembuangan Akhir) Jatibarang Menggunakan Metode Geolistrik"
7. Lokasi : Kota Semarang

V. Ketentuan yang harus ditaati adalah :

1. Sebelum melakukan kegiatan terlebih dahulu melaporkan kepada Pejabat Setempat/Lembaga Swasta yang akan dijadikan obyek lokasi untuk mendapatkan petunjuk seperlunya dengan menunjukkan Surat Pemberitahuan ini.
2. Pelaksanaan survey / riset tidak disalahgunakan untuk tujuan tertentu yang dapat mengganggu kestabilan pemerintahan. Untuk penelitian yang mendapat dukungan dana sponsor baik dari dalam negeri maupun luar negeri, agar dijelaskan pada saat mengajukan perijinan. Tidak membahas masalah Politik dan atau Agama yang dapat menimbulkan terganggunya stabilitas keamanan dan ketertiban.
3. Surat rekomendasi dapat dicabut dan dinyatakan tidak berlaku apabila pemegang Surat Rekomendasi ini tidak mentaati / mengindahkan peraturan yang berlaku atau obyek penelitian menolak untuk menerima Peneliti.
4. Setelah survey / riset selesai supaya menyerahkan hasilnya kepada Badan Kesatuan Bangsa dan Politik Kota Semarang

VI. Surat Rekomendasi Penelitian ini berlaku dari :

Tanggal 07 Mei 2015 s/d 07 Oktober 2015

VII. Demikian rekomendasi ini dibuat untuk dipergunakan seperlunya.

Semarang, 07 Mei 2015
A.n. Kepala Badan Kesatuan Bangsa dan Politik
Kota Semarang
Sekretaris

PEMERINTAH KOTA SEMARANG
BADAN KESBANGPOL

Drs. R. DJATI PRIJONO, MSi
Pembina Tk. I
NIP 19610214 198603 1 009