



TUGAS AKHIR - RF-141501

**IDENTIFIKASI PERSEBARAN AIR LINDI DI TPA NGIPIK  
KABUPATEN GRESIK MENGGUNAKAN METODE *VERY LOW  
FREQUENCY ELECTROMAGNETIC (VLF-EM)***

KHAIRUL YADI  
NRP. 3713 100 044

Dosen Pembimbing 1 :  
Dr. Dwa Desa Warnana  
NIP. 19760123 200003 1 001

Dosen Pembimbing 2 :  
Juan Pandu G.N.R, S.Si, M.T  
NIP. 19890612 201504 1 003

DEPARTEMEN TEKNIK GEOFISIKA  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017





**TUGAS AKHIR - RF-141501**

**IDENTIFIKASI PERSEBARAN AIR LINDI DI TPA NGIPIK  
KABUPATEN GRESIK MENGGUNAKAN METODE *VERY LOW  
FREQUENCY ELECTROMAGNETIC (VLF-EM)***

**KHAIRUL YADI  
NRP. 3713 100 044**

**Dosen Pembimbing 1 :  
Dr. Dwa Desa Warnana  
NIP. 19760123 200003 1 001**

**Dosen Pembimbing 2 :  
Juan Pandu G.N.R, S.Si, M.T  
NIP. 19890612 201504 1 003**

**DEPARTEMEN TEKNIK GEOFISIKA  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017**

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***



**UNDERGRADUATE THESIS - RF-141501**

**IDENTIFICATION OF LEACHATE MIGRATION AT NGIPIK  
LANDFILL GRESIK USING VERY LOW FREQUENCY  
ELECTROMAGNETIC (VLF-EM) METHOD**

**KHAIRUL YADI  
NRP. 3713 100 044**

**1<sup>st</sup> Supervisor :  
Dr. Dwa Desa Warnana  
NIP. 19760123 200003 1 001**

**2<sup>nd</sup> Supervisor :  
Juan Pandu G.N.R, S.Si, M.T  
NIP. 19890612 201504 1 003**

**GEOPHYSICAL ENGINEERING DEPARTMENT  
Faculty of Civil Engineering and Planning  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017**

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

**IDENTIFIKASI PERSEBARAN AIR LINDI DI TPA NGIPIK  
KABUPATEN GRESIK MENGGUNAKAN METODE *VERY LOW  
FREQUENCY ELECTROMAGNETIC (VLF-EM)***

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
Untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik  
Pada  
Departemen Teknik Geofisika  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya, 6 Juli 2017

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. Dwa Desa Warrana  
NIP. 19760123 200003 1 001

Juan Pandu G.N.R, S.Si, M.T  
NIP. 19890612 201504 1 003



Mengetahui,  
Kepala Laboratorium  
Geofisika Teknik dan Lingkungan

Dr. Ir. Amien Widodo, M.Si  
NIP. 19591010 198803 1 002

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

## **PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR**

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul “IDENTIFIKASI PERSEBARAN AIR LINDI DI TPA NGIPIK MENGGUNAKAN METODE *VERY LOW FREQUENCY ELECTROMAGNETIC (VLF-EM)*” adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 6 Juli 2017

Khairul Yadi  
NRP. 3713 100 044

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

**IDENTIFIKASI PERSEBARAN AIR LINDI DI TPA NGIPIK  
KABUPATEN GRESIK MENGGUNAKAN METODE *VERY LOW  
FREQUENCY ELECTROMAGNETIC (VLF-EM)***

Nama : Khairul Yadi  
NRP : 3713 100 044  
Departemen : Teknik Geofisika  
Pembimbing I : Dr. Dwa Desa Warnana  
Pembimbing II : Juan Pandu G.N.R, S.Si, M.T

**ABSTRAK**

Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Ngipik menggunakan sistem *Open Dumping*, sehingga dengan sistem ini akan menyebabkan pencemaran lingkungan salah satunya melalui air lindi yang dihasilkan dari sampah. Telah dilakukan penelitian untuk menentukan sebaran air lindi menggunakan metode VLF-EM yang dilakukan pada dua musim berbeda untuk mengetahui perbedaan persebarannya dan juga dilakukan uji resistivitas skala laboratorium, uji kualitas air serta pemetaan muka air tanah agar bisa menginterpretasi persebaran secara keseluruhan. Dari hasil pengolahan data VLF menggunakan inversi dan pengukuran skala laboratorium diperoleh nilai resistivitas daerah yang mengandung air lindi yaitu sekitar 0.3-2.5  $\Omega$ m. Hasil perbandingan persebaran air lindi pada musim kemarau dengan musim penghujan tidak terlalu signifikan, hanya terdapat persebaran anomali resistivitas yang rendah yang lebih banyak pada musim kemarau. Aliran lindi permukaan sudah tersebar ke segala arah mengikuti kontur TPA Ngipik, ketika air lindi sudah masuk ke bawah permukaan pada kedalaman 2-3 meter, arah aliran lindi berubah menjadi Selatan ke Utara searah dengan aliran bawah permukaan daerah ini.

Kata Kunci : Air Lindi, VLF-EM, Resistivitas, TPA Ngipik

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

**IDENTIFICATION OF LEACHATE MIGRATION AT NGIPIK  
LANDFILL GRESIK USING VERY LOW FREQUENCY  
ELECTROMAGNETIC (VLF-EM) METHOD**

Name : Khairul Yadi  
NRP : 3713 100 044  
Department : Geophysical Engineering  
1<sup>st</sup> Supervisor : Dr. Dwa Desa Warnana  
2<sup>nd</sup> Supervisor : Juan Pandu G.N.R, S.Si, M.T

**ABSTRACT**

Ngipik landfill uses an Open Dumping system where the system will cause environmental pollution, one of them is through toxic leachate generated from waste. Research has been conducted to determine the toxic leachate distribution pattern using VLF-EM method which measured at two different seasons to know the differentiation of the distribution pattern and also a laboratory based resistivity test, quality of water, mapping ground water has been conducted after that, to interpret the overall distribution. From the results of the field research and laboratory based resistivity test, it is obtained that resistivity of the area that contains toxic leachate in landfill is about 0.3-2.5  $\Omega$ m. Results the difference of toxic leachate distribution pattern in the dry season is not too significant compared to the rainy season, there is only a low resistivity anomaly that spread out more in the dry season. Toxic leachate has spread out in the landfill area, however when the fluid flows deeper to the subsurface area in Ngipik landfill for about 2-3 m deep, fluid flow changes from south to north in the subsurface area.

**Keywords:** Leachate, VLF-EM, Resistivity, Ngipik Landfill

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT karena berkat rahmat, hidayah serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan Judul :

### **“IDENTIFIKASI PERSEBARAN AIR LINDI DI TPA NGIPIK KABUPATEN GRESIK DENGAN MENGGUNAKAN METODE VERY LOW FREQUENCY ELECTROMAGNETIC (VLF-EM) ”**

Penelitian Tugas Akhir ini meliputi pengukuran metode VLF-EM di lapangan, pengukuran kualitas air, pengujian resistivitas skala laboratorium dan penggunaan data sekunder berupa data hasil pemboran dan data curah hujan. Data-data tersebut kemudian dikorelasikan untuk mengidentifikasi persebaran air lindi di TPA Ngipik.

Dengan selesainya penulisan Laporan Tugas Akhir ini, maka penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Ibu, Ayah dan semua keluarga berkat dukungan moril maupun materi selama penulis menjalani tugas akhir ini.
2. Bapak Dr. Dwa Desa Warnana dan Bapak Juan Pandu G.N.R, S.Si, M.T, selaku pembimbing di perguruan tinggi yang telah meluangkan banyak waktu untuk memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis.
3. Seluruh dosen dan staf Departemen Teknik Geofisika ITS yang telah banyak memberikan ilmu dan membantu secara administrasi selama penulis melakukan studi di Departemen Teknik Geofisika ITS.
4. TIM Ngipik yang telah membantu dalam pengambilan data VLF-EM di lapangan.
5. Saudari Nila Sutra yang telah mendukung pendanaan penelitian Tugas Akhir ini melalui dana penelitian Pendidikan Magister menuju Doktor untuk Sarjana Unggul (PMDSU).
6. Semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat dituliskan satu per satu.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun dari pembaca sangat penulis harapkan sebagai modal pengembangan di masa yang akan datang. Penulis berharap dengan terselesaikannya Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi siapa saja yang membacanya.

Surabaya, 6 Juli 2017

Penulis

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

# DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	v
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	vii
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT .....	xi
KATA PENGANTAR .....	xiii
DAFTAR ISI .....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL .....	xix
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	2
1.5 Manfaat Penelitian .....	2
1.6 Sistematika Penulisan Laporan .....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Geologi Regional Daerah Penelitian.....	5
2.2 Kondisi Umum Daerah Penelitian .....	6
2.3 Air Lindi .....	8
2.4 Sifat Kelistrikan Batuan dan Material.....	9
2.5 Metode VLF-EM .....	9
2.5.1 Teori VLF-EM.....	10
2.5.2 Pengolahan Data VLF-EM .....	13
2.5.2.1 Filter NA-MEMD.....	13
2.5.2.2 Filter Fraser .....	14
2.5.2.3 Filter Karous-Hjelt .....	15
2.5.2.4 Konsep Inversi VLF-EM.....	15
2.6 Hasil Studi Literatur Metode VLF-EM untuk TPA .....	16
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>19</b>
3.1 Diagram Alir Penelitian .....	19
3.2 Lokasi Penelitian .....	20
3.3 Peralatan dan Data .....	21
3.3.1 Peralatan .....	21
3.3.2 Data .....	21
3.4 Desain Akuisisi .....	22
3.5 Tahapan Pengolahan Data .....	23
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>29</b>
4.1 Analisis Data Sekunder.....	29
4.1.1 Data Curah Hujan.....	29
4.1.2 Data Hasil Pemboran.....	30
4.2 Elevasi Muka Air Tanah .....	32

4.3	Hasil Uji Sampel Air .....	33
4.4	Hasil Uji Laboratorium (Uji Resistivitas) .....	37
4.5	Analisis secara Kualitatif Data Pengukuran VLF .....	39
4.5.1	Analisis Hasil Filter Fraser .....	39
4.5.2	Analisis Hasil Filter Karous-Hjelt .....	40
4.6	Analisis Secara Kuantitatif Data Pengukuran VLF .....	41
4.6.1	Analisis Penampang VLF Lintasan 1 .....	41
4.6.2	Analisis Penampang VLF Lintasan 2 .....	42
4.6.3	Analisis Penampang VLF Lintasan 3 .....	43
4.6.4	Analisis Penampang VLF Lintasan 4 .....	43
4.6.5	Analisis Penampang VLF Lintasan 5 .....	44
4.6.6	Analisis Penampang VLF Lintasan 6 .....	45
4.6.7	Analisis Penampang VLF Lintasan 7 .....	46
4.6.8	Analisis Penampang VLF Lintasan 8 .....	47
4.6.9	Analisis Penampang VLF Lintasan 9 .....	48
4.6.10	Analisis Penampang VLF Lintasan 10 .....	49
4.7	Analisa Perbedaan Resistivitas Penampang VLF Antar Musim .....	50
4.8	Interpretasi Hasil .....	53
<b>BAB V PENUTUP .....</b>		<b>57</b>
5.1	Kesimpulan .....	57
5.2	Saran .....	57
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>59</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>		<b>63</b>
<b>BIOGRAFI PENULIS .....</b>		<b>89</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Peta Geologi Regional Gresik (Sukardi, 1992).....	5
Gambar 2.2 Perbesaran Penampang <i>cross-section</i> (Sukardi, 1992) .....	5
Gambar 2.3 Kawasan TPA Ngipik (Sumber : Kantor TPA Ngipik) .....	7
Gambar 2.4 Aliran air lindi yang tidak terkontrol (Sumber; Penulis) .....	7
Gambar 2.5 Ilustrasi pada metode VLF-EM (Bosch and Muller, 2001) .....	10
Gambar 2.6 Fase gelombang primer dan sekunder (Indriyani, 2014) .....	12
Gambar 2.7 Contoh Ilustrasi Interpretasi pada Filter Fraser .....	14
Gambar 2.8 Hasil 3-Dimensi VLF di TPA Ruseifa ( Al-Tarazi, 2008).....	17
Gambar 2.9 Nilai Resistivitas TPA Gampong Jawa (Syamsuddin et.al, 2012).17	
Gambar 2.10 Tahanan Jenis Semu di TPA Pasir Impun (Sumargana, 2011) ...	18
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian Tugas Akhir .....	19
Gambar 3.2 Lokasi Penelitian (Sumber : Google Earth Pro) .....	20
Gambar 3.3 Peralatan Penelitian yang digunakan .....	21
Gambar 3.4 Desain Akuisisi Lapangan .....	22
Gambar 3.5 Tahap Pengolahan Data .....	23
Gambar 3.6 Hasil IMFs pada lintasan 4 musim kemarau .....	25
Gambar 3.7 Input masukan pemilihan IMFs pada matlab .....	26
Gambar 3.8 Hasil Grafik Pemilihan IMFs.....	27
Gambar 3.9 Kurva <i>Inphase</i> dan <i>Quadrature</i> hasil filter NA-MEMD .....	28
Gambar 4.1 Grafik Data Curah Hujan (Sumber:BMKG Karangploso) .....	30
Gambar 4.2 Hasil Bor Sawah .....	31
Gambar 4.3 Elevasi Muka Air Tanah di TPA .....	33
Gambar 4.4 Hasil Uji pH di TPA Ngipik .....	35
Gambar 4.5 Hasil Uji Konduktivitas di TPA Ngipik .....	35
Gambar 4.6 Hasil Uji TDS di TPA Ngipik .....	36
Gambar 4.7 Hasil Uji Salinitas di TPA Ngipik .....	36
Gambar 4.8 Skema Pengukuran Resistivity Laboratorium .....	37
Gambar 4.9 Pengukuran Skala Laboratorium .....	38
Gambar 4.10 Hasil Filter Fraser Lintasan 10 Musim Penghujan .....	40
Gambar 4.11 Hasil Filter Karous-Hjelt Lintasan 10 Musim Penghujan.....	40
Gambar 4.12 Penampang Hasil Inversi Lintasan 1 Kemarau .....	41
Gambar 4.13 Penampang Hasil Inversi Lintasan 1 Hujan .....	41
Gambar 4.14 Penampang Hasil Inversi Lintasan 2 Kemarau .....	42
Gambar 4.15 Penampang Hasil Inversi Lintasan 2 Hujan .....	42
Gambar 4.16 Penampang Hasil Inversi Lintasan 3 Kemarau .....	43
Gambar 4.17 Penampang Hasil Inversi Lintasan 3 Hujan .....	43
Gambar 4.18 Penampang Hasil Inversi Lintasan 4 Kemarau .....	44
Gambar 4.19 Penampang Hasil Inversi Lintasan 4 Hujan .....	44
Gambar 4.20 Penampang Hasil Inversi Lintasan 5 Kemarau .....	44
Gambar 4.21 Penampang Hasil Inversi Lintasan 5 Hujan .....	45
Gambar 4.22 Penampang Hasil Inversi Lintasan 6 Kemarau .....	45
Gambar 4.23 Penampang Hasil Inversi Lintasan 6 Hujan .....	46

Gambar 4.24 Penampang Hasil Inversi Lintasan 7 Kemarau.....	46
Gambar 4.25 Penampang Hasil Inversi Lintasan 7 Hujan .....	46
Gambar 4.26 Penampang Hasil Inversi Lintasan 8 Kemarau.....	47
Gambar 4.27 Penampang Hasil Inversi Lintasan 8 Hujan .....	47
Gambar 4.28 Penampang Hasil Inversi Lintasan 9 Kemarau.....	48
Gambar 4.29 Penampang Hasil Inversi Lintasan 9 Hujan .....	48
Gambar 4.30 Penampang Hasil Inversi Lintasan 10 Kemarau.....	49
Gambar 4.31 Penampang Hasil Inversi Lintasan 10 Hujan .....	49
Gambar 4.32 Penampang Beda Resistivitas pada Lintasan 1.....	50
Gambar 4.33 Penampang Beda Resistivitas pada Lintasan 2.....	50
Gambar 4.34 Penampang Beda Resistivitas pada Lintasan 3.....	51
Gambar 4.35 Penampang Beda Resistivitas pada Lintasan 4.....	51
Gambar 4.36 Penampang Beda Resistivitas pada Lintasan 5.....	51
Gambar 4.37 Penampang Beda Resistivitas pada Lintasan 6.....	52
Gambar 4.38 Penampang Beda Resistivitas pada Lintasan 7.....	52
Gambar 4.39 Penampang Beda Resistivitas pada Lintasan 8.....	52
Gambar 4.40 Penampang Beda Resistivitas pada Lintasan 9.....	53
Gambar 4.41 Penampang Beda Resistivitas pada Lintasan 10.....	53
Gambar 4.42 Penyebaran Air Lindi Musim Kemarau .....	54
Gambar 4.43 Penyebaran Air Lindi Pada Musim Penghujan.....	55
Gambar 4.44 Perbandingan Persebaran Air Lindi TPA Ngipik Antar Musim..	56

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai Resistivitas Limbah (Wulandari, 2015) .....	8
Tabel 2.2 Tabel Resistivitas Batuan (Loke, 2015).....	9
Tabel 3.1 Data Lintasan Pengukuran .....	22
Tabel 3.2 Data Koordinat Sumur .....	23
Tabel 4.1 Data Elevasi Muka Air Tanah .....	32
Tabel 4.2 Data Hasil Uji Sampel Air.....	34
Tabel 4.3 Hasil Laboratorium Uji Resistivitas.....	38

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Ngipik terletak di Kelurahan Ngipik, Kecamatan Gresik, Kabupaten Gresik tepatnya berada di area PT Semen Indonesia Tbk yang lokasinya berdekatan langsung dengan dua telaga Ngipik yang menjadi tempat wisata masyarakat sekitarnya serta TPA ini berdekatan dengan area persawahan warga.

TPA Ngipik sendiri merupakan salah satu TPA yang dalam perencanaannya menerapkan sistem *sanitary landfill*, namun dalam praktek lapangannya menggunakan sistem *Open Dumping* (RPJMD Kab.Gresik, 2016). Sistem *Open Dumping* merupakan suatu sistem dimana sampah dibuang begitu saja hingga menumpuk dan menggunung tanpa adanya lapisan penahan air lindi dibawah tempat pembuangannya. Sehingga dengan menerapkan sistem ini akan menyebabkan pencemaran lingkungan salah satunya melalui air lindi yang dihasilkan dari sampah. Air lindi memiliki sifat toksik sehingga berpotensi dapat menimbulkan pencemaran lingkungan terutama pencemaran air tanah (Mahardika, et.al, 2010). Apabila air lindi sudah mencemari air tanah, maka ini sangat merugikan masyarakat, karena air bersih merupakan kebutuhan pokok yang sangat berarti. Untuk mengatasi masalah pencemaran lingkungan tersebut, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui sebaran lindi.

Salah satu metoda geofisika yang dapat dimanfaatkan dalam pendeteksian pola persebaran air lindi adalah dengan metode VLF-EM. Metode ini telah banyak digunakan dalam eksplorasi geofisika dalam berbagai kebutuhan seperti survei tanah, investigasi sesar dangkal, pemetaan geologi dan studi bentuk lahan, serta persebaran air tanah dan air lindi (Parulian, 2007).

Metode ini telah sukses medeteksi air lindi di beberapa TPA diantaranya adalah TPA Gampong Jawa Banda Aceh, yang hasilnya menunjukkan keadaan bawah permukaan dengan nilai resistivitas yang rendah ( $3 \Omega\text{m} - 25 \Omega\text{m}$ ) pada kedalaman 0-15 m, (Syamsuddin, F., et.al, 2012). Kemudian TPA Kota Ruseifa, Jordania dimana persebaran air lindi di TPA ini ditunjukkan oleh nilai resistivitas kurang dari  $20 \Omega\text{m}$  dan dapat dikenali dipermukaan hingga kedalaman lebih dari 30 m ( Al-Tarazi, et.al, 2008). Penelitian selanjutnya adalah TPA Pasir Impun, Kota Bandung, dimana pada penelitian ini teridentifikasi adanya pencemaran dilokasi TPA yang ditandai dengan tingginya nilai Daya Hantar Listrik (DHL) dan Padatan Terlarut Total (TDS), serta rendahnya nilai resistivitas semu (Sumargana, 2011).

Metode VLF-EM merupakan metode geofisika yang memanfaatkan prinsip elektromagnetik menggunakan sumber gelombang radio frekuensi yang rendah 10-30 kHz (Santos, et.al, 2006). Metode ini mampu membedakan struktur bawah permukaan melalui nilai resistivitas yang diukur. Adanya

perbedaan nilai resistivitas, maka dapat diketahui lapisan yang mengandung air sebagai indentifikasi keberadaan air lindi dibawah permukaan sehingga diketahui persebarannya, serta dilakukan pada dua musim yang berbeda untuk mengetahui perbedaan persebarannya.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Masalah yang muncul pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana persebaran air lindi yang terjadi di area TPA Ngipik Kabupaten Gresik?
2. Bagaimana perbandingan hasil pengukuran VLF pada musim kemarau (Oktober 2016) dengan musim penghujan (Januari 2017) dan persebaran air lindinya?

## **1.3 Batasan Masalah**

Berdasarkan rumusan masalah yang ada, maka batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Pengukuran VLF-EM hanya dilakukan di area TPA Ngipik Kabupaten Gresik.
2. Penelitian ditargetkan hanya untuk mengetahui persebaran air lindi.
3. Penelitian dilakukan dua musim berbeda yakni satu kali pada musim kemarau (Oktober 2016) dan satu kali pada musim penghujan (Januari 2017).

## **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingi dicapai dari penelitian ini adalah :

1. Mengidentifikasi persebaran air lindi yang terjadi di area TPA Ngipik Kabupaten Gresik.
2. Mendapatkan perbandingan persebaran air lindi hasil pengukuran VLF pada musim kemarau dengan musim penghujan.

## **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang akan didapatkan dari pelaksanaan penelitian ini adalah :

1. Sebagai bahan pertimbangan perencanaan pengelolaan air lindi dan perencanaan TPA secara umum.
2. Sebagai sarana informasi persebaran rembesan air lindi di TPA Ngipik.

## **1.6 Sistematika Penulisan Laporan**

Sistematika penulisan bertujuan untuk mempermudah dan memahami struktur dan isi laporan. Penulisan laporan ini dibagi menjadi tiga bagian utama

yaitu bagian awal, bagian isi dan bagian akhir laporan. Berikut penjelasan pada masing-masing bagian :

- Bagian awal

Bagian awal terdiri dari halaman judul, lembar pengesahan, pernyataan keaslian tugas akhir, abstrak, kata pengantar, daftar isi, daftar gambar dan daftar tabel.

- Bagian isi

Bagian isi laporan akhir terdiri dari :

- BAB I Pendahuluan Pendahuluan yang meliputi latar belakang penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat penelitian dan sistematika penulisan laporan.
- BAB II Tinjauan Pustaka yang terdiri atas teori yang digunakan dalam melakukan penelitian tugas akhir.
- BAB III Metode Penelitian meliputi diagram alir dan pengolahan data dalam melakukan penelitian tugas akhir.
- BAB IV Hasil dan Pembahasan terdiri dari hasil penelitian beserta analisis dan pembahasannya.
- BAB V Penutup terdiri dari kesimpulan dan saran.

- Bagian akhir

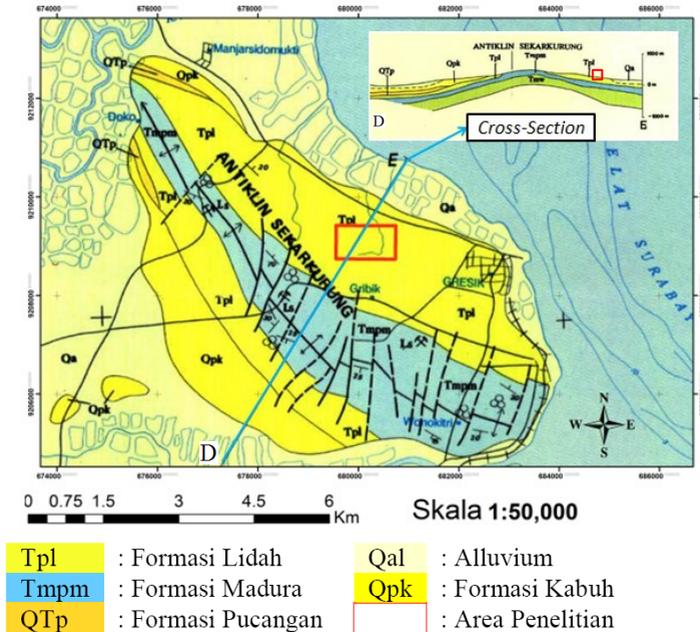
Terdiri dari daftar pustaka sebagai literature dan referensi penulisan serta lampiran yang berisikan dokumentasi penelitian, hasil data penelitian serta hal-hal lain yang tidak dicantumkan dalam bagian sebelumnya.

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

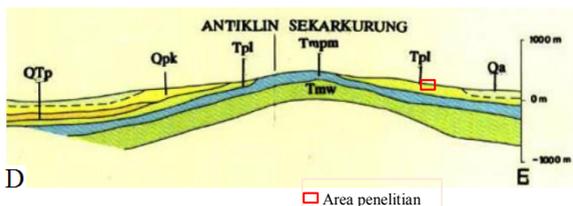
## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Geologi Regional Daerah Penelitian

TPA Ngipik berada di Kabupaten Gresik, dimana berdasarkan peta geologi, wilayah Gresik masuk ke dalam peta geologi lembar Surabaya-Sapulu yang bisa dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Peta Geologi Regional Gresik (Sukardi, 1992)



Gambar 2.2 Perbesaran Penampang *cross-section* (Sukardi, 1992)

Dari peta geologi, Regional Gresik terdiri dari beberapa formasi diantaranya ;

1. Formasi Aluvium (Qal), terdiri dari kerakal, kerikil, pasir, lempung dan pecahan cangkal fosil.
2. Formasi Pucangan (QTp), Bagian atas terdiri dari batupasir tufan berlapis baik, umumnya berstruktur perairan dan silang siur. Bagian bawah terdiri dari batupasir tufan berlapis baik, bersisipan konglomerat dan batulempung, kaya akan fosil moluska dan plangton.
3. Formasi Kabuh (Qpk), terdiri dari batupasir, kerikilan, berwarna kelabu muda, berbutir kasar, berstruktur perairan dan silang siur, konglomerat terpilah buruk, kemas terbuka dan struktur lapisan bersusun.
4. Formasi Lidah (Tpl), terdiri dari batulempung biru, batulempung kecoklatan, kenyal, pejal dan keras bila kering, miskin fosil, terdapat batulempung pasiran yang tipis.
5. Formasi Madura (Tmpm) yang Bagian atas terdiri dari batu gamping terumbu, putih, pejal, berongga halus, mengandung foram besar dan pecahan ganggang, tanahnya kecokelatan atau kehitaman. Bagian bawah terdiri dari batu gamping kapuran, sangat ringan, agak keras, putih kekuningan, pejal, mengandung moluska, dan pecahan ganggang
6. Formasi Wonocolo (Tmw), terdiri dari batulempung gampingan dengan selingan tipis batugamping, batupasir galukonit dilapisan bawah, dan napal pasiran bersisipan kalkerenit.

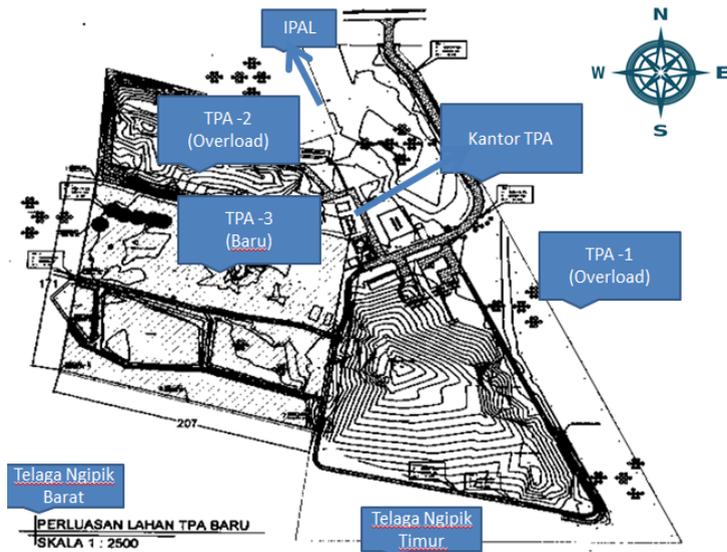
Berdasarkan peta geologi Regional Gresik untuk dibagian Timur Laut Antiklin Sekarkurung, stratigrafi dari tua ke muda adalah Formasi Wonocolo (Tmw) berumur Miosen Tengah, Formasi Madura (Tmpm) berumur Tersier, Formasi Lidah (Tpl) berumur Tersier, Aluvium (Qal) berumur Quarter. Sedangkan untuk bagian Barat Daya Antiklin Sekarkurung, urutan formasi dari tua kemuda adalah Formasi Wonocolo (Tmw) berumur Miosen Tengah, Formasi Madura (Tmpm) berumur Tersier, Formasi Lidah (Tpl) berumur Tersier, Formasi Pucangan (QTp) dengan umur Quarter, Formasi Kabuh (Qpk) berumur Quarter serta Alluvium (Qal) berumur Quarter. Dari hasil *cross-section* DE Gambar 2.2 menunjukkan bahwa pengendapan pada zaman Quarter terjadi setelah terbentuknya Antiklin Sekarkurung dimana area Barat Daya antiklin ini mendapatkan suplai endapan dari Formasi Pucangan (QTp) dan Formasi Kabuh (Qpk) yang tidak terdapat dibagian Timur Laut Antiklin.

Berdasarkan Gambar 2.2 menunjukkan bahwa daerah penelitian TPA Ngipik berada di dalam Formasi Wonocolo (Tmw), Formasi Madura (Tmpm) berumur Tersier dan di atasnya adalah Formasi Lidah (Tpl) berumur Tersier.

## **2.2 Kondisi Umum Daerah Penelitian**

TPA Ngipik berlokasi di Kabupaten Gresik, Kecamatan Ngipik, yang berada dikawasan lahan PT Semen Indonesia yang dipinjam pakai oleh

pemerintah daerah sebagai Tempat Pembuangan Akhir. Lahan ini memiliki luas 6 Ha, dimana 4 Ha sebagai lahan pembuangan sampah dan 2 Ha sebagai sarana prasarana pendukung kegiatan di TPA (RPJMD Kab. Gresik, 2016).



Gambar 2.3 Kawasan TPA Ngipik (Sumber : Kantor TPA Ngipik)



Gambar 2.4 Aliran air lindi yang tidak terkontrol (Sumber; Penulis)

Dari Gambar 2.3 terlihat bahwa TPA Ngipik memiliki 2 area pembuangan yang sudah *overload* dan 1 lokasi pembuangan sampah baru, serta TPA ini sudah memiliki Instalasi Pengelolaan Air Limbah (IPAL), dimana instalasi ini belum berjalan dengan optimal sehingga air lindi tidak bisa terkontrol dengan baik seperti yang terlihat pada Gambar 2.4, serta ketika air

lindi sudah tertampung dalam area penampungan IPAL, air lindi ini kemudian langsung dibuang begitu saja.

### 2.3 Air Lindi

Air Lindi adalah suatu cairan yang berasal dari proses dekomposisi sampah yang melarutkan senyawa berbahaya (Prihastini, 2011). Air lindi memiliki sifat toksik sehingga berpotensi dapat menimbulkan pencemaran lingkungan terutama pencemaran air tanah (Mahardika et al. 2010).

Sampah yang tertimbun dilokasi TPA 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. Salah satu sifat fisika air yang biasa digunakan untuk polutan air yang konduktivitas listrik, sehingga dari sifat konduktivitas listrik pada polutan maka kita dapat mengetahui jenis dari polutan tersebut dari harga resistivitas limbah. Berikut ini nilai resistivitas beberapa jenis limbah dari beberapa penelitian :

Tabel 2.1 Nilai Resistivitas Limbah (Wulandari, 2015)

Jenis Limbah	Resistivitas ( $\Omega\text{m}$ )	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, et.al 2009
Polutan cair (oli) pada pasir	2.09 – 4.63	Suhendra 2005
Pasir besi pada lempung	172 – 359	Suhendra 2005
Lindi TPA Jatibarang (1-3 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 Sifat Kelistrikan Batuan dan Material

Setiap Batuan memiliki sifat kelistrikan ketika dialiri oleh arus listrik. Batuan akan menjadi medium penghantar arus listrik yang memiliki nilai tahanan jenis tertentu. Tahanan jenis merupakan parameter dari setiap material yang nilainya konstan. Tahanan jenis menunjukkan kemampuan material tersebut untuk dapat menghambat aliran arus listrik. Pada umumnya tahanan jenis batuan tergolong kedalam 3 kategori antara lain :

- a) Konduktif : nilai resistivitas  $10^{-8} - 1 \Omega\text{m}$
- b) Semikonduktif : nilai resistivitas  $1 - 10^7 \Omega\text{m}$
- c) Resistif : nilai resistivitas  $> 10^7 \Omega\text{m}$

Berikut ini merupakan beberapa acuan nilai resistivitas batuan dan material yang terdapat di alam.

Tabel 2.2 Tabel Resistivitas Batuan (Loke, 2015)

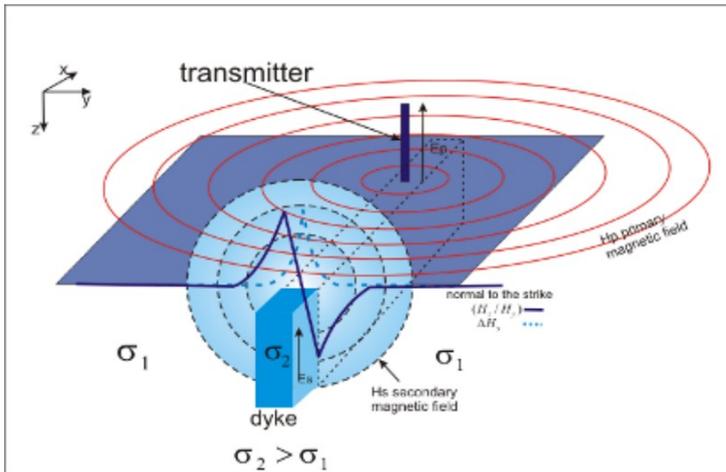
Material	Resistivity ( $\Omega\text{m}$ )	Conductivity (Siemens.m)
<b>Igneous and Metamorf Rock</b>		
Granit	$5 \times 10^3 - 10^6$	$10^{-6} - 2 \times 10^{-4}$
Basalt	$10^3 - 10^6$	$10^{-6} - 10^{-3}$
Slate	$6 \times 10^2 - 4 \times 10^7$	$2.5 \times 10^{-8} - 1.7 \times 10^{-3}$
Marble	$10^2 - 2.5 \times 10^8$	$4 \times 10^{-9} - 10^{-2}$
Quartzite	$10^2 - 2 \times 10^8$	$5 \times 10^{-9} - 10^{-2}$
<b>Sedimentary Rock</b>		
Sandstone	$8 - 4 \times 10^3$	$2.5 \times 10^{-4} - 0.125$
Shale	$20 - 2 \times 10^3$	$5 \times 10^{-4} - 0.05$
Limestone	$50 - 4 \times 10^2$	$2.5 \times 10^{-3} - 0.02$
<b>Soils and Water</b>		
Clay	1 - 100	0.01 - 1
Alluvium	10 - 800	$1.25 \times 10^{-3} - 0.1$
Groundwater (fresh)	10 - 100	0.01 - 0.1
Sea Water	0.2	5

## 2.5 Metode VLF-EM

Metode VLF-EM merupakan metode geofisika yang memanfaatkan prinsip elektromagnetik menggunakan sumber gelombang radio frekuensi yang rendah 10-30 kHz (Santos, 2006). Metode ini digunakan untuk memetakan sifat konduktivitas batuan dibawah permukaan dangkal (Singh and Sharma, 2016).

### 2.5.1 Teori VLF-EM

Sinyal VLF-EM berupa gelombang permukaan yang berjalan dan menyebar sejauh ribuan mil. Kondisi geologi mengakibatkan adanya perubahan arus listrik gelombang EM. Medan magnet yang disebabkan oleh gelombang EM ini dikenal dengan medan magnet primer (Jeng et al., 2007). Medan magnet primer akan meningkat ketika gelombang mengenai benda konduktif. Benda konduktif tersebut akan menjadi sumber medan magnet sekunder setelah dikenai oleh medan magnet primer. Dengan mengukur medan magnet sekunder dan membandingkan dengan medan magnet primer, karakteristik kelistrikan dibawah permukaan dapat ditentukan (Telford et al., 1990).



Gambar 2.5 Ilustrasi pada metode VLF-EM (Bosch and Muller, 2001)

Gambar 2.5 memperlihatkan batuan/benda konduktif yang dikenai oleh medan EM. Medan EM yang bersumber dari gelombang radio yang dikenal dengan medan primer memiliki komponen vertikal dan horizontal. Komponen vertikal (medan listrik) dilambangkan dengan  $E_{pz}$  dan komponen horizontal (medan magnet) dilambangkan dengan  $H_{py}$ . Gelombang EM yang terdiri dari medan magnet ini dapat menembus kebawah permukaan tanah (dangkal), ketika terdapat batuan/benda konduktif yang terinduksi oleh medan EM primer ini, maka benda tersebut akan menghasilkan arus listrik, arus ini dikenal dengan arus Eddy (*Eddy Current*). Sesuai dengan teori medan magnet dalam bahan, ketika suatu benda menghasilkan atau di aliri arus listrik maka benda tersebut akan menghasilkan medan magnetik. Medan magnetik yang dihasilkan oleh benda hasil induksi disebut dengan medan magnet sekunder (H<sub>s</sub>). Medan magnet sekunder ini juga memiliki komponen vertikal (H<sub>sz</sub>) dan horizontal

( $H_{sy}$ ). Besarnya medan sekunder sebanding dengan daya hantar listrik pada bahan (Indriyani, 2014).

Secara fisis teori VLF-EM memanfaatkan persamaan Maxwell. Medan elektromagnetik yang merambat pada konduktivitas batuan ( $\sigma$ ), permitivitas ( $\epsilon$ ) dan permeabilitas ( $\mu$ ) berlaku persamaan Maxwell yaitu.

$$\nabla \times \mathbf{H} = (\sigma + i\omega\epsilon)\mathbf{E} \quad (\text{Hukum Ampere}) \quad (2.1)$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = -(i\omega\mu_0)\mathbf{H} \quad (\text{Hukum Faraday}) \quad (2.2)$$

$$\nabla \cdot (\epsilon\mathbf{E}) = \rho \quad (\text{Hukum Gauss}) \quad (2.3)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{H} = 0 \quad (2.4)$$

dengan

$E$  = Medan listrik (V/m)

$H$  = Medan magnetic (A/m)

$\sigma$  = Konduktivitas listrik (Ohm/m)

$\mu$  = Permeabilitas (H/m)

$\epsilon$  = Permittivitas dielektrik (F/m)

Persamaan (2.1) dan (2.2) dapat dijabarkan menjadi bentuk Persamaan (2.5) dan (2.6).

$$\left(\frac{\partial H_z}{\partial y} - \frac{\partial H_y}{\partial z}\right)\hat{i} - \left(\frac{\partial H_x}{\partial z} - \frac{\partial H_z}{\partial x}\right)\hat{j} - \left(\frac{\partial H_y}{\partial x} - \frac{\partial H_x}{\partial y}\right)k = (\sigma + i\omega\epsilon)(E_x\hat{i} + E_y\hat{j} + E_zk) \quad (2.5)$$

$$\left(\frac{\partial E_z}{\partial y} - \frac{\partial E_y}{\partial z}\right)\hat{i} - \left(\frac{\partial E_x}{\partial z} - \frac{\partial E_z}{\partial x}\right)\hat{j} - \left(\frac{\partial E_y}{\partial x} - \frac{\partial E_x}{\partial y}\right)k = -i\omega\mu(H_x\hat{i} + H_y\hat{j} + H_zk) \quad (2.6)$$

Diasumsikan bahwa gelombang datar adalah gelombang yang miring terhadap permukaan bumi (bidang  $yz$ ). Sehingga komponen medan EM dan admitivitas ( $\sigma + i\omega\epsilon$ ) hanya bervariasi terhadap arah  $y$  dan  $z$ . Persamaan (2.5) dan (2.6) pada kasus 2D, dimana turunan pertama terhadap komponen  $x$  bernilai nol, maka dapat diturunkan dalam bentuk TE ( Transverse Elektric) dan TM (Transverse Magnetic) mode sebagai berikut :

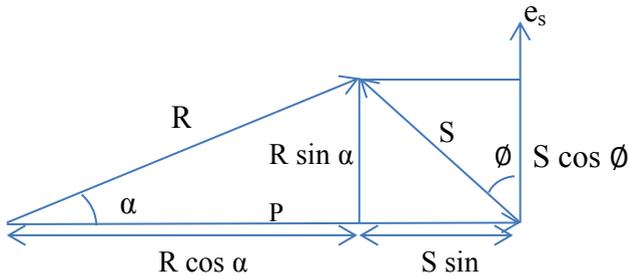
$$\begin{aligned} \frac{\partial H_z}{\partial y} - \frac{\partial H_y}{\partial z} &= (\sigma + i\omega\epsilon)E_x \\ \frac{\partial E_x}{\partial z} &= -i\omega\mu H_y \quad (\text{TE Mode}) \\ \frac{\partial E_x}{\partial y} &= -i\omega\mu H_z \end{aligned} \quad (2.7)$$

$$\frac{\partial E_z}{\partial y} - \frac{\partial E_y}{\partial z} = (\sigma + i\omega\varepsilon)\mathbf{H}_x$$

$$\frac{\partial H_x}{\partial z} = (\sigma + i\omega\varepsilon)\mathbf{E}_y \quad (\text{TM Mode}) \quad (2.8)$$

$$\frac{\partial H_x}{\partial y} = (\sigma + i\omega\varepsilon)\mathbf{E}_z$$

Penjalaran gelombang pada alat VLF-EM termasuk dalam mode TE. Output pada alat VLF-EM berupa data triper ( $H_z/H_y$ ) terdiri atas bilangan kompleks akibat polarisasi antara medan vertikal ( $\mathbf{H}_z$ ) dan medan horizontal ( $\mathbf{H}_y$ ) yang berbentuk ellips atau lingkaran (Sungkono et al., 2014). Pada jarak yang jauh dari pusat pemancar, komponen medan primer  $\mathbf{H}_y$  dianggap berjalan secara horizontal. Dalam pengolahan data tugas akhir ini data yang digunakan yaitu data *inphase* dan *quadrature*. Kombinasi medan magnet primer dan sekunder yang sefase dikenal dengan data real (*inphase*) dan kombinasi antara medan magnet primer dan sekunder yang beda fase dikenal dengan data imajiner (*Quadrature*).



Gambar 2.6 Fase gelombang primer dan sekunder (Indriyani, 2014)

Pada Gambar 2.6 terlihat bahwa ketika gelombang primer elektromagnetik menginduksi benda bawah permukaan dan menghasilkan gaya gerak listrik induksi (GGL). GGL induksi  $e_s$  akan muncul dengan frekuensi yang sama tetapi mengalami ketinggalan fase  $90^0$ . *Inphase* merupakan kombinasi antara medan magnet primer P dengan medan magnet sekunder S ( $R \cos \alpha$ ) dan komponen medan yang tegak lurus P ( $R \sin \alpha$ ) disebut dengan *Quadrature*.

Harga rapat arus terhadap kedalaman dapat ditentukan dengan menggunakan filter dari Karous dan Hjelt( 1983). Untuk dapat memperkirakan harga resistivitas dan fasanya, maka harus diketahui hubungan dari medan listrik (E) dan medan magnetik (H) dan resistivitas semu ( $\rho_a$ ). Hubungan ini biasa dituliskan dalam bentuk dibawah ini :

$$\rho_a = \frac{1}{2\pi f \mu} \left| \frac{E}{H} \right|^2 \quad (2.9)$$

Dimana :

$\rho_a$  = Resistivitas semu ( $\Omega m$ )

$\mu = \mu_0$  = Permeabilitas magnetic diruang hampa ( $4\pi \times 10^{-7} \Omega s m^{-1}$ )

f = Frekuensi (Hz)

## 2.5.2 Pengolahan Data VLF-EM

Data yang telah didapatkan dari pengukuran kemudian diolah agar bisa diinterpretasikan dengan baik. Data pengukuran tersebut merupakan hasil antara sinyal yang berasal dari anomali dan gangguan (*noise*) dari struktur local yang tidak diharapkan. Sumber *noise* yang lain berupa gangguan dari sinyal-sinyal elektromagnetik dari pengkat-perangkat sehari-hari manusia seperti tower, antenna tv dan perangkat-perangkat yang memancarkan gelombang EM.. Terdapat beberapa jenis koreksi dalam pengolahan data VLF-EM, koreksi-koreksi tersebut akan dijelaskan pada padahal selanjutnya.

### 2.5.2.1 Filter NA-MEMD

Pada pengukuran VLF-EM didapatkan data berupa posisi, *Inphase*, *Quadrature*, *Tilt*, dan *Tfield*. Pada pengolahan inversi untuk menampilkan karakteristik anomali konduktif/resistif bawah permukaan digunakan data *inphase* dan *quadrature*. Data yang digunakan untuk proses inversi ini merupakan data yang kompleks yaitu terdiri dari data ril (*inphase*) dan imajiner (*quadrature*), dengan kata lain data ini merupakan data bivariate (Jeng et al., 2007; Sungkono et al., 2014). Untuk melakukan filter data bivariative (*inphase* dan *quadrature*) digunakan metode NA-MEMD (*Noise Assisted-Multivariate Empirical Mode Decomposition*) (Sungkono et al., 2014). Metode ini mampu menyelesaikan permasalahan dekomposisi data bivariatif yang modelnya bercampur dan tidak sejajar. Metode ini mendekomposisikan data VLF-EM dalam bentuk model osilasi yang dikenal dengan *Intrinsic Mode Functions* (IMFs) (Jeng et al., 2007; Sungkono et al., 2014).

Metode NA-MEMD dilakukan dengan dua langkah, yaitu pertama mendapatkan IMF setiap variabel dan selanjutnya menjumlahkan IMF yang telah didapatkan. Algoritma NA-MEMD dapat diringkas sebagai berikut :

1. Membuat satu set noise white Gaussian time series tak korelasi (m-channel) dengan panjang yang sama dengan data input.
2. Menambahkan sinyal noise channels (n-channel), memperoleh (n+m) sinyal.
3. Proses hasil (n+m) menggunakan MEMD, untuk memperoleh IMFs.
4. Dari hasil (n+m) channel IMFs, buang m-channel yang berkoresponden dengan noise asli, sehingga didapatkan 1 set n-channel IMF yang sesuai dengan sinyal.

### 2.5.2.2 Filter Fraser

Dengan menggunakan filter ini, titik potong dari anomali menjadi optimal (mencapai puncaknya), maka hasil filter ini akan membuat proses analisis lebih mudah. Interpretasi menggunakan data sebelum filter Fraser akan sulit, karena kesulitan untuk menentukan titik perubahan yang tidak terfokus pada satu titik, selain itu, jika daerah tersebut memiliki banyak bahan konduktif, titik perubahan akan lebih sulit ditentukan. Setelah dilakukan filter Fraser anomali menjadi lebih jelas.

Prinsip dasar dari Filter Fraser adalah menggunakan 4 buah data pada titik pengukuran yang berurutan, dengan cara mengurangi jumlah dari data ke-3 dan ke-4 terhadap jumlah dari nilai data ke-1 dan data ke-2. Kemudian diplot pada titik tengah antara data ke-2 dan data ke-3. Secara matematis filter Fraser persamaannya adalah :

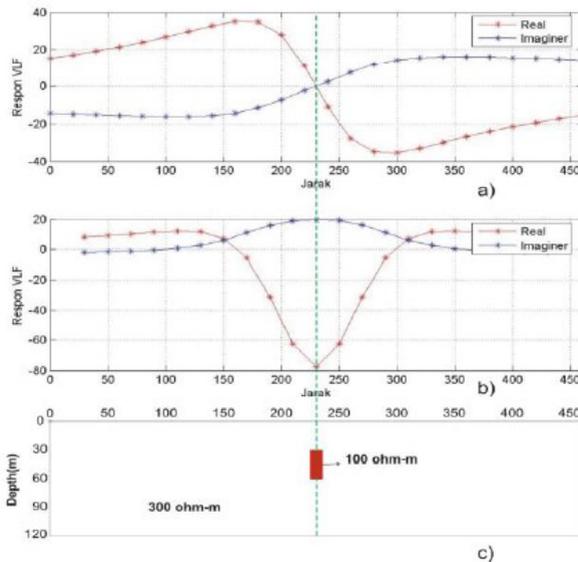
$$F_n = (H_{n+2} + H_{n+3}) - (H_n + H_{n+1}) \tag{2.10}$$

Dimana :

$F_n$  = Nilai Fraser terhitung

$H_n$  = data pada titik ke n

(Fraser, 1969)



Gambar 2.7 Contoh Ilustrasi Interpretasi pada Filter Fraser

Dari Gambar 2.7 terlihat bahwa a) Data Observasi lapangan, b) Hasil Filter Fraser, c) Ilustrasi Anomali yang ada, sehingga dari ilustrasi kita bisa menginterpretasi daerah mana yang mengandung anomaly dari perubahan grafik *inphase* dan *quadrature* nya.

### 2.5.2.3 Filter Karous-Hjelt

Interpretasi kualitatif VLF-EM dapat dilakukan dengan menggunakan filter Karous-Hjelt. Penerapan hasil filter ini berupa distribusi kerapatan arus yang dapat memberi informasi mengenai daerah konduktif. Hasil yang diperoleh dari filter ini berupa peta kontur 2 dimensi dengan kedalam yang masil bersifat semu. Pengolahan data menggunakan filter Karous-Hjelt sesuai dengan persamaan berikut :

$$KH_n = 0.102H_{n-3} - 0.059H_{n-2} + 0.561H_{n-1} - 0.561 H_{n+1} + 0.059H_{n+2} - 0.102H_{n+3} \quad (2.11)$$

Dimana :

$KH_n$  = Nilai Karous-Hjelt terhitung

$H_n$  = data pada titik ke n

(Karous and Hjelt, 1983)

### 2.5.2.4 Konsep Inversi VLF-EM

Metode Inversi bertujuan untuk memodelkan parameter bawah permukaan berdasarkan data pengamatan. Proses inversi VLF-EM dilakukan dengan menggunakan software INV2DVLF (Santos, 2006). Pada data VLF-EM, presentasi anomali merupakan perbandingan antara medan magnet primer vertikal dengan medan magnet total horizontal. Dapat didekati dengan pendekatan komputasi seperti pada persamaan (2.12) dibawah ini:

$$\% \text{ real anomaly} = 100 \times \frac{H_z}{H_x} \quad (2.12)$$

$H_z$  merupakan medan magnet vertikal, sedangkan  $H_x$  merupakan total medan magnet horizontal yang terdiri atas medan magnet horizontal sekunder dan medan magnet horizontal primer ( $H_x = H_x^p + H_x^s$ ).

Permasalahan pada inversi EM adalah hubungan tidak linear antara data hasil pengukuran dengan parameter fisiknya, oleh karena itu diperlukan proses iterasi untuk menyelesaikan persoalan tersebut. Bentuk umum dari inversi VLF-EM dapat ditulis dalam persamaan 2.13.

$$\Delta d = G \Delta m \quad (2.13)$$

Dimana d merupakan vector perbandingan antara data observasi dengan parameter model, m adalah vector koreksi terhadap iterasi dan G merupakan matrik M x N yang terdiri atas beberapa data observasi dan block.

Penyelesaian persamaan (2.13) dengan metode least square, bersifat tidak stabil ketika diselesaikan dengan numerik. Fungsi objektif diberikan pada inversi ini sebagai berikut :

$$U = \|W_d (A \Delta m - \Delta d)\|^2 + \lambda \|Cm^{(k+1)}\|^2 + \alpha \|W_d (m^{(k+1)} - m_b)\|^2 \quad (2.14)$$

Persamaan (2.14) terdiri atas 2 suku, suku pertama menunjukkan misfit dan suku kedua menunjukkan kesulitan dalam memakai informasi apriori yang terkait model. Pada persamaan 2.14 terdapat matrik pembobot  $W_d$  yang berbentuk diagonal.  $C$ , operator turunan kedua yang digunakan untuk mendefinisikan kekurangan model. Matrik diagonal pembobot  $W_m$  dipakai untuk mengendalikan kedekatan pada latar atau model awal  $m_b$  dan tereduksi menjadi matrik identitas jika bobot yang sama diberikan pada semua parameter model. Parameter  $\lambda$  merupakan bentuk lagrange dan  $\alpha$  sebagai control antara model yang didapat dengan model awal. Minimalisasi fungsi objektif menjadi bentuk normal menghasilkan persamaan 2.15.

$$A^T W_d^T W_d A + \lambda C^T C + (\lambda \alpha W_m^T W_m) \Delta m = A^T W_d^T W_d \Delta d + \lambda C^T C m^{(k)} + \lambda \alpha W_m^T W_m (m_b - m^{(k)}) \quad (2.15)$$

Persamaan (2.15) merupakan bentuk lain dari persamaan awal persamaan (2.13)

$$A = \begin{bmatrix} W_d A \\ \sqrt{\lambda} C \\ \sqrt{\lambda \alpha} W_d \end{bmatrix} \text{ dan } \Delta d = \begin{bmatrix} W_d \Delta d \\ -\sqrt{\lambda} C m^{(k)} \\ \sqrt{\lambda \alpha} W_m (m_b - m^{(k)}) \end{bmatrix} \quad (2.16)$$

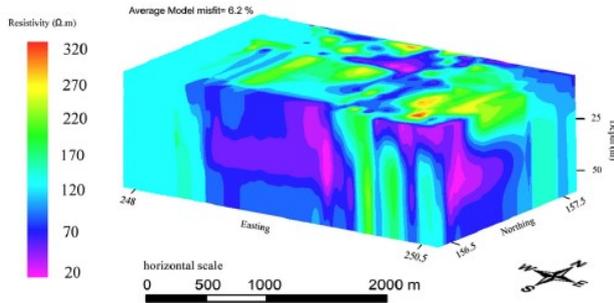
Persamaan (2.16) merupakan bentuk numerik dari persamaan normal, persamaan ini memerlukan iterasi. Iterasi akan berhenti bila nilai misfit telah sesuai. Untuk mengetahui nilai *Error root mean square* dari proses iterasi dapat dihitung dengan persamaan.

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta d_i^2} \quad (2.17)$$

Iterasi akan dihentikan jika memenuhi kriteria-kriteria berikut. 1) Iterasi mencapai jumlah yang kita tetapkan, 2) ketika *error* RMS tidak mengalami perubahan (Tofan, 2008).

## 2.6 Hasil Studi Literatur Metode VLF-EM untuk TPA

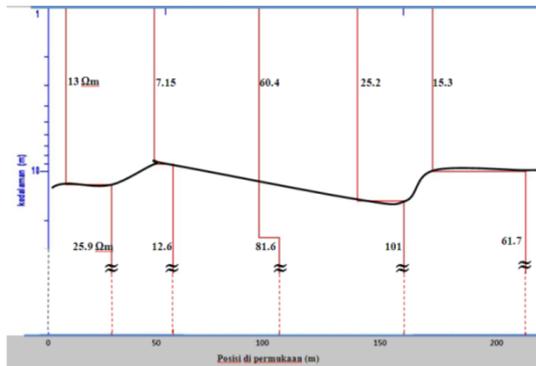
Beberapa kasus yang memanfaatkan metode VLF-EM dalam penelitian persebaran air lindi di kawasan Tempat Pembuangan Sampah diantaranya adalah Detecting Lechate plumes and Groundwater Pollution at Ruseifa Municipal Landfill Utilizing VLF-EM Methode.



Gambar 2.8 Hasil 3-Dimensi VLF di TPA Ruseifa ( Al-Tarazi, 2008)

Pada penelitiannya memberi kesimpulan hasil bahwa metoda VLF-EM dapat menunjukkan persebaran air lindi di TPA ini, dimana air lindi memiliki nilai resistivity kurang dari  $20 \Omega m$  dan dapat dikenali dipermukaan dan hingga kedalaman lebih dari 30 m dimana nilai-nilai resistivitas tinggi ini mencerminkan penutup sampah dipermukaan ( Al-Tarazi, 2008).

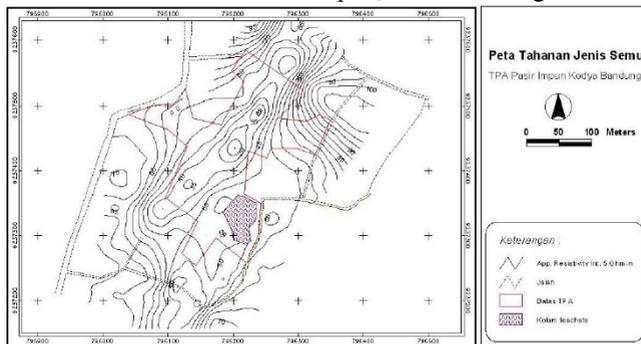
Kemudian penelitian terdahulu yang menggunakan metode VLF-EM adalah pada penelitian di TPA Gempong Jawa, Banda Aceh.



Gambar 2.9 Nilai Resistivitas TPA Gempong Jawa (Syamsuddin et.al, 2012).

Pada penelitiannya diperoleh keadaan bawah permukaan dengan nilai resistivitas yang rendah ( $3 \Omega m - 25 \Omega m$ ) dibagian atas pada kedalaman 0-15 m dan lapisan dibawahnya dengan nilai resistivitas yang lebih tinggi (antara  $25 \Omega m - 100 \Omega m$ ). Perbedaan nilai resistivitas ini menunjukkan bahwa TPA Gempong Jawa memiliki konstruksi yang bisa menahan keluar masuk air, dalam hal ini air lindi dari TPA itu sendiri maupun air sungai yang terdapat sekitar TPA tersebut (Syamsuddin, et.al, 2012).

Penelitian selanjutnya menggunakan VLF-EM adalah untuk pemetaan penyebaran kontaminan di TPA Pasir Impun, Kota Bandung.



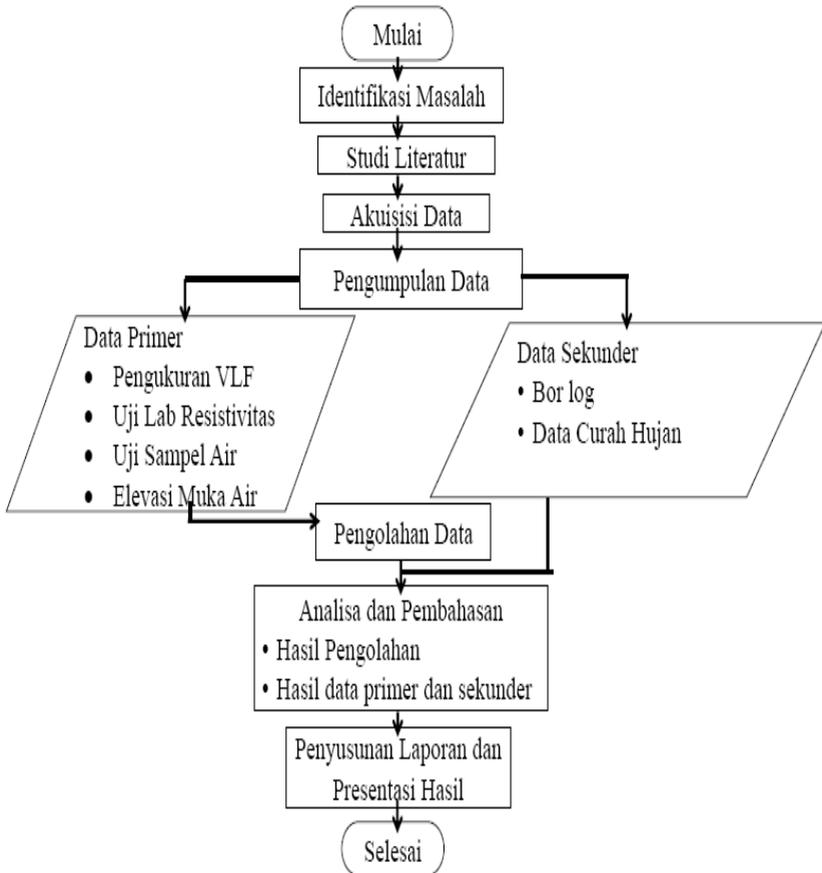
Gambar 2.10 Tahanan Jenis Semu di TPA Pasir Impun (Sumargana, 2011)

Pada penelitian ini diperoleh hasil bahwa identifikasi adanya pencemaran dilokasi TPA ditandai dengan tingginya nilai Daya Hantar Listrik (DHL) dan Padatan Terlarut Total (TDS), serta rendahnya harga resistivitas semunya (Sumargana, 2011).

# BAB III METODE PENELITIAN

## 3.1 Diagram Alir Penelitian

Secara garis besar, kegiatan dalam penelitian tugas akhir digambarkan oleh diagram di bawah ini :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian Tugas Akhir

Berikut ini adalah penjelasan diagram alir tahapan penelitian :

### 1. Identifikasi Masalah

Mengidentifikasi masalah yang ada pada penelitian ini di sekitar daerah TPA Ngipik, Kecamatan Ngipik.

## 2. Studi Literatur

Studi literatur berupa referensi jurnal, buku dan website mengenai masalah dan penyelesaiannya yang berkaitan dengan air lindi dan VLF-EM.

## 3. Akuisisi Data

Dari akuisisi ini diperoleh data primer dari hasil pengukuran VLF-EM dilapangan, uji resistivitas dilaboratorium, uji sampel air, data elevasi muka air tanah di TPA Ngipik dan data sekunder berupa data curah hujan diperoleh dari Pos Suci berjarak 5 km dari area penelitian yang dikelola oleh BMKG Karangploso, dan data hasil pemboran (log bor).

## 4. Pengolahan Data

Tahapan ini dilakukan untuk memperoleh hasil model resistivitas bawah permukaan. Tahapan ini dilakukan setelah memperoleh data.

## 5. Tahap Analisis dan Pembahasan

Pada tahapan ini dilakukan analisis terhadap hasil pengolahan data yang telah dilakukan. Analisis dilakukan terhadap data-data yang telah diperoleh dan kondisi daerah sekitar.

## 6. Tahap Akhir

Pada tahap akhir ini dilakukan penyusunan laporan dan mempersentasikan hasil. Tahapan ini dilakukan hingga bulan Mei 2017.

## 3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian tugas akhir ini berada di TPA Ngipik Kecamatan Ngipik, Kabupaten Gresik, Jawa Timur. Data yang diolah adalah data hasil pengukuran sepanjang lintasan. Untuk gambaran dan rencana lintasan pengukuran bisa dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Lokasi Penelitian (Sumber : Google Earth Pro)

### 3.3 Peralatan dan Data

#### 3.3.1 Peralatan

Peralatan yang digunakan untuk penelitian lapangan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- a) Perangkat Keras (*Hardware*)
  - 1 set VLF-EM
  - 1 buah Laptop
  - 1 set Meteran
  - 1 set *Water Quality Tester*
  - 1 buah Kompas
  - 1 buah GPS
  - 1 buah Payung



Gambar 3.3 Peralatan Penelitian yang digunakan

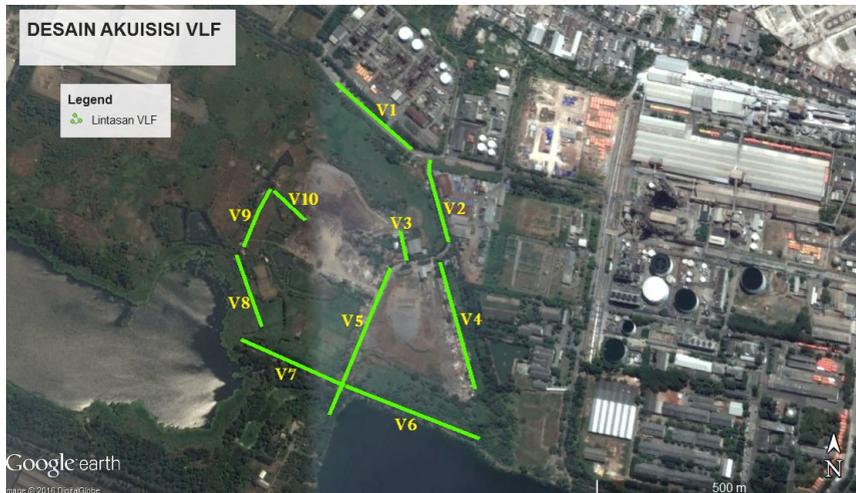
- b) Perangkat Lunak (*Software*)
  - Microsoft Office 2010
  - MATLAB2012A
  - Inv2DVLF

#### 3.3.2 Data

Data yang digunakan penelitian tugas akhir ini adalah :

- a) Data Primer
  - Data hasil akuisisi metode VLF-EM
  - Data Hasil Uji Sampel Air
  - Data Elevasi Muka Air Tanah
  - Data lab Uji Resistivitas
- b) Data Sekunder
  - Data Hasil Pemboran
  - Data Curah Hujan

### 3.4 Desain Akuisisi



Gambar 3.4 Desain Akuisisi Lapangan

Gambar 3.4 merupakan desain akuisisi lapangan yang terdiri dari 10 lintasan yang menyebar di area TPA Ngipik dengan spasi 5 meter, pengukurannya dilakukan sebanyak 2 kali yaitu pada awal Oktober 2016 dan akhir Januari 2017. Data berikut ini merupakan data lintasan pengukuran , koordinat lintasan dan data lokasi sumur yang diuji sampel airnya :

Tabel 3.1 Data Lintasan Pengukuran

Lintasa	Koordinat Awal (X <sub>0</sub> , Y <sub>0</sub> ) UTM	Koor Akhir (X <sub>1</sub> , Y <sub>1</sub> ) UTM	Panjang (m)
V1	0680173, 9209414	0680312, 9209292	180
V2	0680332, 9209271	0680375, 9209126	145
V3	0680294, 9209089	0680277, 9209152	55
V4	0680409, 9208838	0680339, 9209089	250
V5	0680230, 9209026	0680161, 9208839	190
V6	0680434, 9208741	0680166, 9208848	275

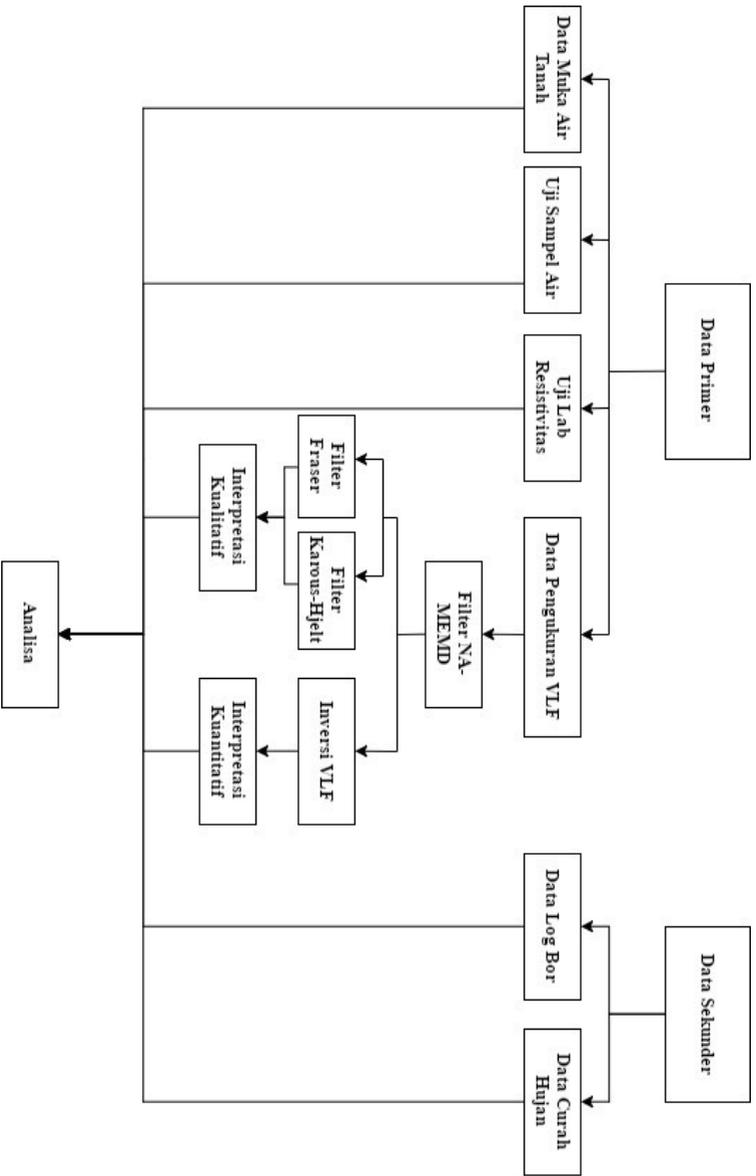
V7	0679978, 9208936	0680010, 9208736	200
V8	0680021, 9208948	0679958, 9209105	160
V9	0679978, 9209119	0680026, 9209241	130
V10	0680073, 9209181	0680073, 9209181	95

Tabel 3.2 Data Koordinat Sumur

Nama	Koordinat (X, Y) UTM
Sumur Monitoring IPAL	680275, 9209202
Sumur Bor IPAL	680271, 9209199
Sumur Monitoring Kantor	680255, 9209074
Sumur Bor Kantor	680276, 9209077
Sumur Bor Sawah	679976, 9209156

### 3.5 Tahapan Pengolahan Data

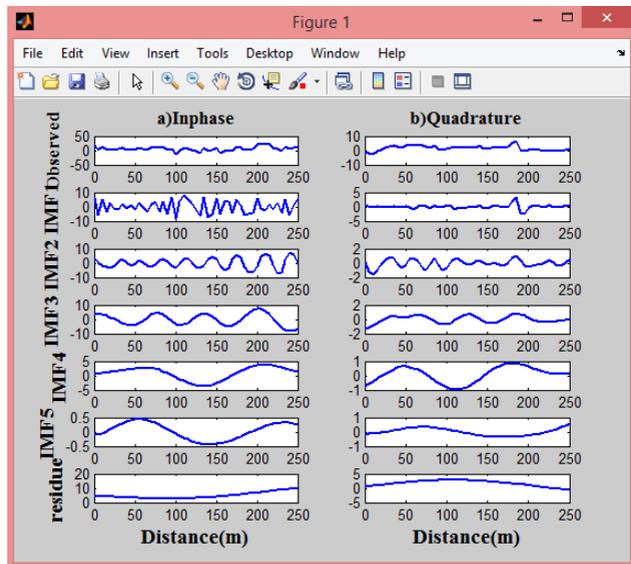
Diagram alir tahapan pengolahan data pengukuran VLF adalah sebagai berikut ini :



Gambar 3.5 Tahap Pengolahan Data

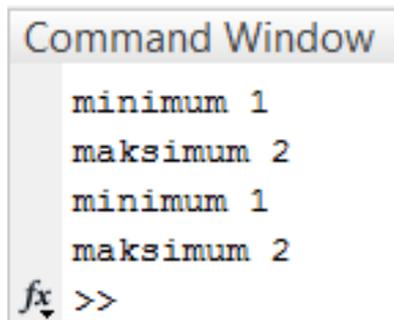
Setelah mendapatkan data akuisisi dilapangan, hal pertama yang dilakukan adalah melakukan filtering NA-MEMD terhadap hasil data akuisisi. Karena metode VLF-EM memanfaatkan sinyal frekuensi rendah dari berbagai pemancar radio militer yang tersebar diberbagai negara, dimana sebagian besar sinyal radio tersebut menjaral dengan frekuensi rendah sekitar 20KHz, sehingga dalam pengambilan data menyebabkan adanya noise geologis yang relatif tinggi. Noise atau gangguan pada data VLF-EM disebabkan oleh kondisi geologi dan medan elektromagnetik daerah penelitian, seperti aliran listrik tegangan tinggi, pemancar TV, Radio, dan perangkat-perangkat eletronik yang memancarkan medan elektromagnetik (Jeng et.al., 2007). Dalam proses inversi dibutuhkan data yang memiliki kualitas tinggi dan bebas dari noise (Sungkono et.al., 2014). Oleh karena itu diperlukan filter NA-MEMD Hal ini dilakukan untuk meningkatkan akurasi pengamatan sinyal dengan menghilangkan noise frekuensi yang tinggi dan mereduksi frekuensi yang rendah.

Filter NA-MEMD menggunakan Software Matlab, pada proses ini menggunakan script yang diadopsi script yang dibuat oleh Monteiro Santos pada tahun 2006. Data yang digunakan dalam proses pengolahan data adalah *Inphase* dan *Quadrature*. Filter NA-MEMD akan menghasilkan beberapa Intrinsic Mode Functions (IMFs), yang mana IMFs memisahkan beberapa frekuensi yang ada pada data. Berikut ini salah satu contoh pengolahan data, yaitu pengolahan data lintasan 4 pengukuran musim kemarau.



Gambar 3.6 Hasil IMFs pada lintasan 4 musim kemarau

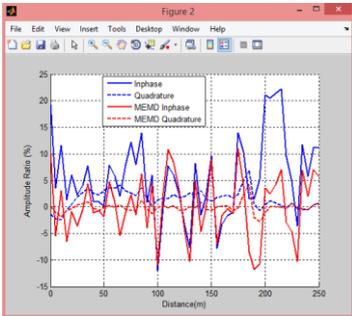
Dari gambar diatas terlihat data dipisahkan menjadi 5 IMFs dengan tambahan satu residu. Setelah menghasilkan IMFs, tugas selanjutnya adalah mendapatkan data bebas noise maka diperlukan seleksi terhadap IMFs hasil dekomposisi (Sungkono et al., 2014). Pada IMFs 1 dan 2 masih terdapat noise karena masih memiliki energy yang tinggi sehingga data ini tidak dapat digunakan. Namun disini untuk mendapatkan hasil yang maksimal, pada filter NA-MEMD, peneliti mencoba untuk memasukkan satu persatu dari semua data IMFs sehingga nantinya lebih memudahkan dalam memilih hasil grafik yang smooth dan mengikuti tren data observasi. Dibawah ini contoh pemilihan IMFs dengan memasukan nomer minimum dan maksimum IMFs secara bergantian sehingga nantinya akan menghasilkan grafik pada Gambar 3.8 :



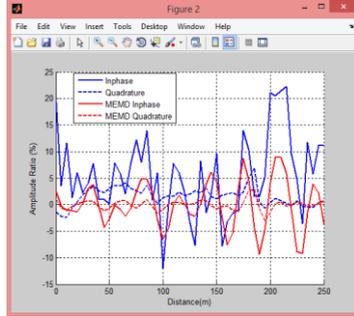
```
Command Window  
  
minimum 1  
maksimum 2  
minimum 1  
maksimum 2  
fx >>
```

Gambar 3.7 Input masukan pemilihan IMFs pada matlab

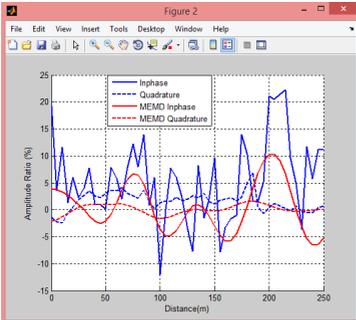
IMF 1 dan IMF 2



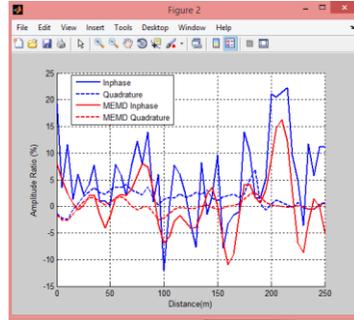
IMF 2 dan IMF 3



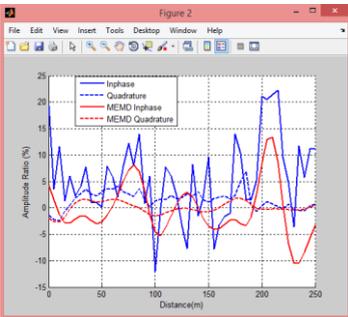
IMF 3 dan IMF 4



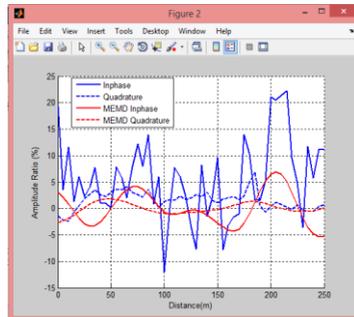
IMF 2 dan IMF 4



IMF 3 dan IMF 5

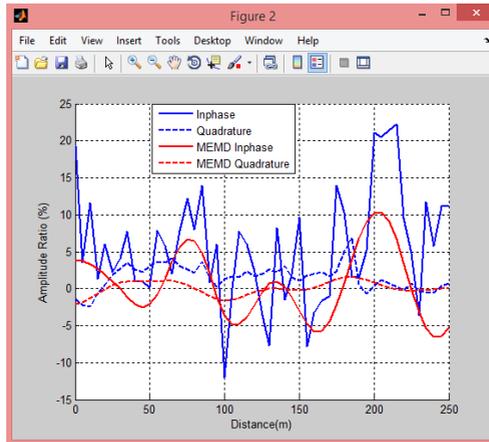


IMF 4 dan IMF 5



Gambar 3.8 Hasil Grafik Pemilihan IMFs

Berdasarkan grafik hasil pemilihan IMFs Gambar 3.8, terlihat bawah hasil yang smooth dan mengikuti tren adalah grafik hasil pemilihan minimum IMF 3 dan maksimum IMF 4. Dengan demikian berarti data *Inphase* dan *Quadrature* yang telah *smooth* dari hasil filter didapat dari penjumlahan IMFs 3 - IMFs 4.



Gambar 3.9 Kurva *Inphase* dan *Quadrature* hasil filter NA-MEMD

Selanjutnya hasil *Inphase* dan *quadrature* disimpan, inilah hasil output dari filter NA-MEMD. Semua lintasan pengukuran dilakukan filter dengan cara seperti ini, untuk hasil filter NA-MEMD semua lintasan dapat dilihat pada dilampiran 1. Setelah itu, dari hasil filter NA-MEMD kemudian baru dilakukan filter Fraser, Filter Karous-Hjelt dan Inversi, kemudian baru dilakukan interpretasi hasil.

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

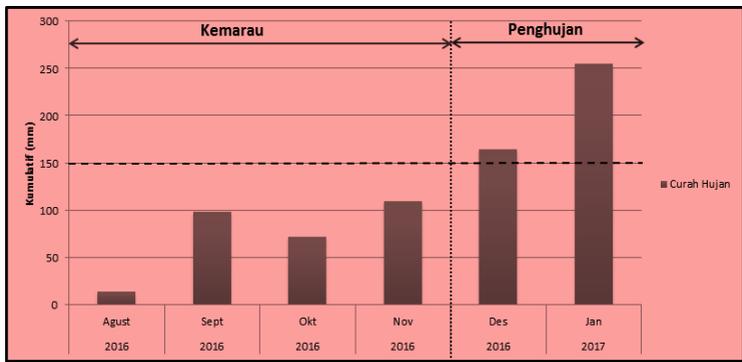
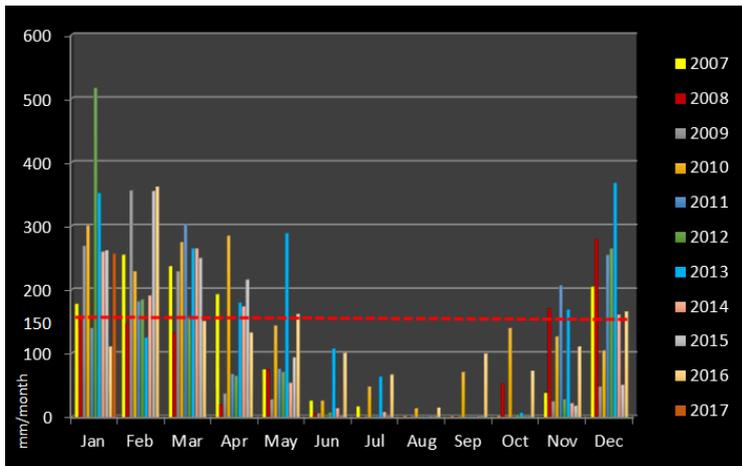
Dalam bab ini akan dibahas mengenai analisis hasil pengukuran dan pengolahan data yang telah dilakukan. Pengukuran dilakukan selama 2 kali, pertama pada 1-2 oktober 2016 untuk musim kemarau dan yang kedua pada 23-25 Januari 2017 untuk musim penghujan. Pengukuran pada waktu yang berbeda ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan persebarannya.

Analisis dilakukan pada penampang VLF tiap lintasan, baik pada musim kemarau maupun musim penghujan, analisis uji laboratorium resistivitas, analisis uji sampel air, serta data pendukung lainnya seperti data curah hujan, elevasi muka air tanah dan data bor log yang nantinya akan dibahas pada bab ini.

#### **4.1 Analisis Data Sekunder**

##### **4.1.1 Data Curah Hujan**

Definisi dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), musim hujan ditandai dengan curah hujan yang terjadi dalam satu dasarian (10 hari) sebesar 50 mm atau lebih yang diikuti oleh dasarian berikutnya, atau dalam satu bulan terjadi lebih dari 150 mm. Meninjau definisi tersebut berarti jika curah hujan yang terjadi kurang dari kriteria di atas, maka fase tersebut dianggap sebagai musim kemarau. Untuk mengetahui karakterisasi klimatologi, khususnya penentuan dan perubahan musim di lokasi penelitian maka telah dilakukan pengumpulan data curah hujan yang berasal dari pos hujan terdekat dengan lokasi penelitian. Data curah hujan untuk lokasi di TPA Ngipik diperoleh dari pos hujan terdekat yaitu Pos Suci yang berjarak sekitar 5 km dari lokasi penelitian. Pos hujan ini milik dari BMKG yang dikelola oleh BMKG stasiun klimatologi Karangploso, sehingga seluruh data curah hujan lokasi penelitian berasal dari stasiun tersebut.

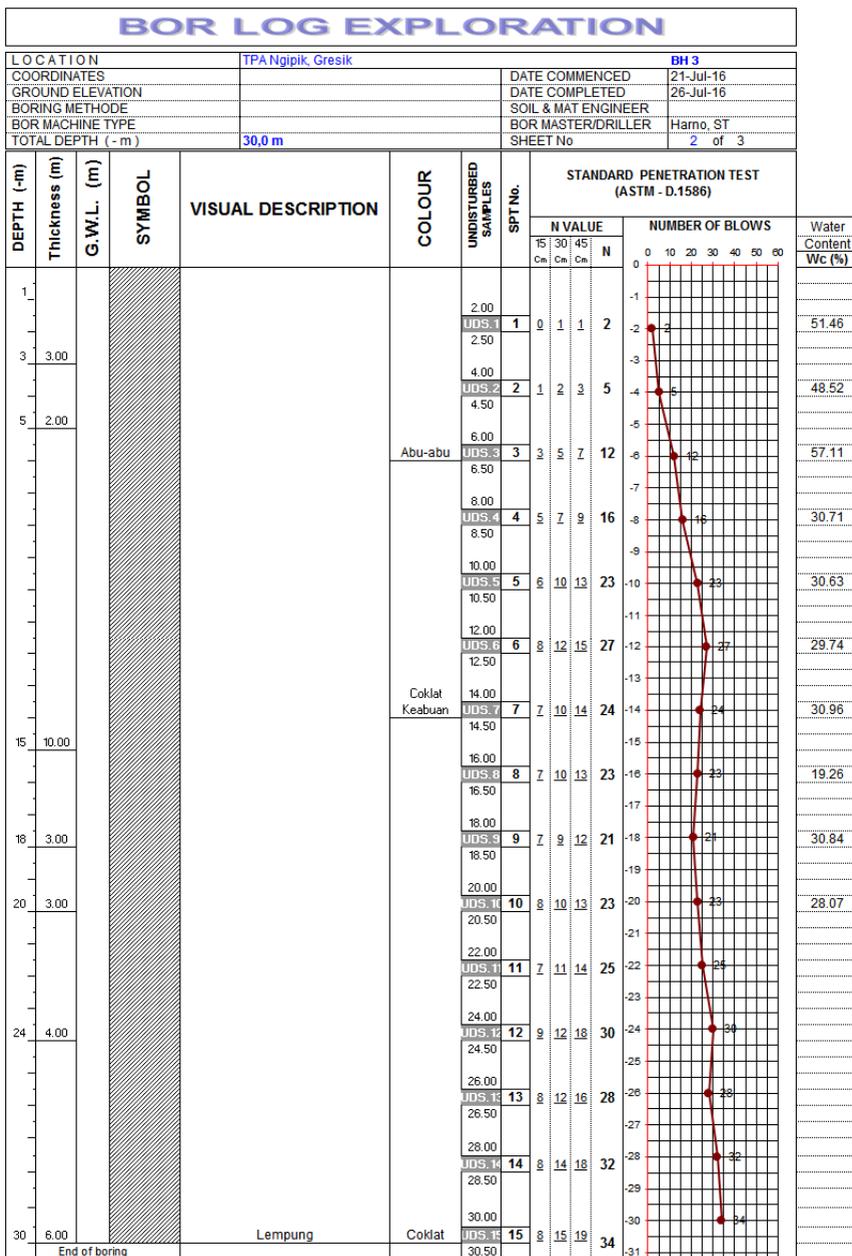


Gambar 4.1 Grafik Data Curah Hujan (Sumber:BMKG Karangploso)

Dari data curah hujan akumulatif daerah penelitian dari tahun 2007 – 2017 (Gambar 4.1) terlihat bahwa penentuan musim hujan dan kemarau relatif tidak menentu, namun dapat dilihat pada waktu penelitian Oktober 2016 masih masuk kedalam musim kemarau dan pengukuran Januari 2017 masuk kekategori musim hujan.

**4.1.2 Data Hasil Pemboran**

Data hasil pemboran (log bor) diperoleh pada 15 agustus 2016, dimana data ini digunakan sebagai acuan interpretasi lintasan terdekat dengan titik bor dan juga sebagai refrensi kondisi bawah permukaan di area TPA Ngipik. Lintasan yang paling dekat lubang Bor Sawah ini adalah lintasan 9.



Gambar 4.2 Hasil Bor Sawah

Berdasarkan Gambar 4.2 menunjukkan bahwa hingga kedalaman 30 meter, hasil yang didapatkan ialah lempung. Hal ini menunjukkan bahwa daerah penelitian ini hingga kedalaman 30 m masih masuk kedalam Formasi Lidah (Tpl).

#### 4.2 Elevasi Muka Air Tanah

Pengukuran elevasi muka air tanah dilakukan pada tanggal 28 Januari 2017. Elevasi muka air tanah ini diperoleh berdasarkan data hasil pengukuran elevasi sumur dikurangi dengan kedalaman air tiap sumur dari permukaan.

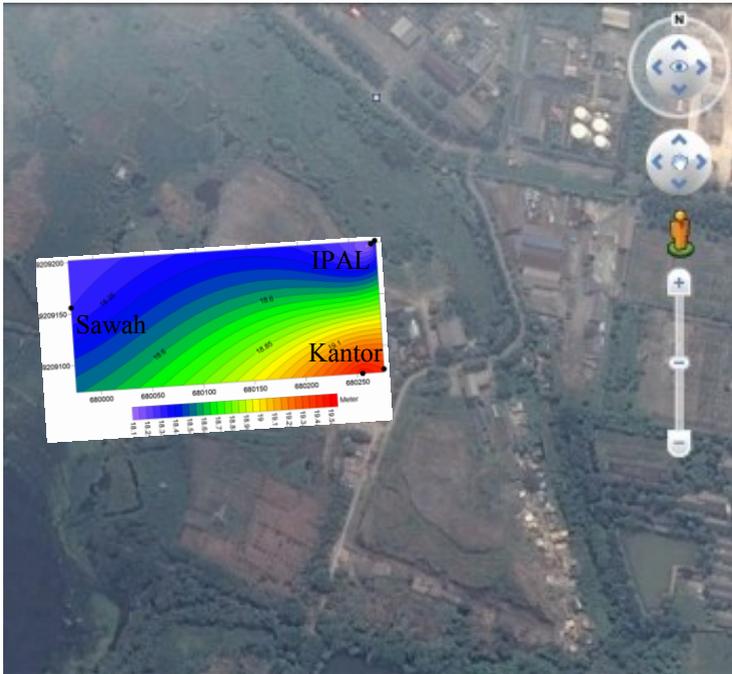
Adapun cara pengambilan data yaitu dengan menggunakan bantuan alat GPS Garmin dalam menentukan elevasi pada tiap-tiap sumur. Kemudian mengukur kedalaman air tiap-tiap sumur dari atas dengan menggunakan meteran yang diberikan beban kemudian diturunkan kedalam sumur hingga menyentuh airnya sehingga diperoleh kedalaman air tiap sumur dari atas permukaan.

Elevasi muka air tanah pada sumur dihitung dari pengurangan elevasi hasil GPS dengan kedalaman muka air. Elevasi muka air tanah ini digunakan sebagai perkiraan arah aliran air bawah permukaan diarea TPA Ngipik.

Tabel 4.1 Data Elevasi Muka Air Tanah

<b>Nama Sumur</b>	<b>Elevasi Sumur (m)</b>	<b>Kedalaman Air (m)</b>	<b>Muka Air Tanah (m)</b>
Sumur Monitoring IPAL	21	2.5	18.5
Sumur Bor IPAL	21	2.9	18.1
Sumur Monitoring Kantor	20	0.5	19.5
Sumur Bor Kantor	20	0.6	19.4
Sumur Bor Sawah	19	0.7	18.3

Kemudian berdasarkan Tabel 4.1 dibuatkan kontur untuk melihat korelasi elevasi muka air tanah antar sumur.



Gambar 4.3 Elevasi Muka Air Tanah di TPA

Berdasarkan Gambar 4.2 terlihat bahwa Sumur Bor Monitoring Kantor dan Sumur Bor Kantor yang ditunjukkan oleh warna oranye yang elevasinya lebih tinggi, kemudian diikuti oleh sumur monitoring IPAL, sumur Bor IPAL dan sumur Bor sawah yang ditunjukkan oleh warna biru keungu-unguan. Dari kontur ini bisa diprediksikan bawah secara garis besar aliran air bawah permukaan diarea TPA Ngipik berarah dari Selatan ke Utara (menuju arah pantai). Namun data ini hanya mencakup bagian utara dari area TPA ini. Sehingga untuk analisis hasil penampang lintasan yang berada dibagian selatan dari data muka air tanah ini dilakukan dengan kualitatif berdasarkan arah rembesan dan prediksi arah aliran.

### 4.3 Hasil Uji Sampel Air

Parameter yang bisa mencirikan secara jelas kondisi air yang tercemar dan terkontaminasi oleh air lindi adalah Konduktivitas, TDS (*Total Dissolved Solid*), dan Salinitas. Konduktivitas merupakan suatu parameter kemampuan air untuk meneruskan aliran listrik, dimana parameter air yang belum tercemar memiliki nilai konduktivitas kurang dari 0.15 mS/cm.

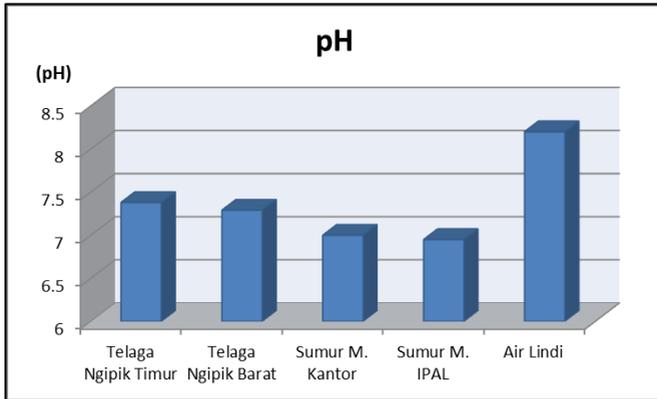
TDS (*Total Dissolved Solid*) merupakan salah satu indikator tingkat pencemaran air yang sering dianalisis, suatu indikator banyaknya jumlah padatan yang terkandung dalam suatu larutan, dimana untuk nilai TDS air biasa yang belum tercemar yakni dibawah 200 ppm. Salinitas merupakan parameter yang menunjukkan jumlah garam yang terlarut dalam air atau tanah, dimana parameter air yang belum tercemara memiliki nilai salinitas kurang dari 500 ppm.

Oleh karena itu dilakukanlah uji sampel air menggunakan *Water Quality Tester*. Berikut ini merupakan hasil uji samper air dilapangan:

Tabel 4.2 Data Hasil Uji Sampel Air

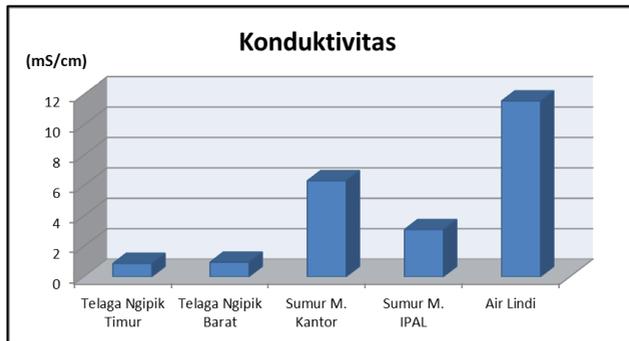
<b>Uji Air</b>				
<b>Sampel</b>	<b>pH</b>	<b>Konduktivitas (mS/cm)</b>	<b>TDS (ppm)</b>	<b>Salinitas (ppm)</b>
Telaga Ngipik Timur	7.38	0.884	590	421
Telaga Ngipik Barat	7.29	0.966	636	460
Sumur Monitoring Kantor	7	6.320	4450	3340
Sumur Monitoring IPAL	6.95	3.110	2080	1460
Air Lindi	8.20	11.57	7430	5750

Data Tabel 4.2 menunjukkan hasil pengujian sampel air yang ada diarea TPA Ngipik yang dilakukan sebagai data kontrol kualitatif terhadap sumur-sumur yang ada sehingga menghasilkan data yang bisa mempresentasikan kondisi air yang ada diarea TPA Ngipik di lokasi TPA Ngipik, kemudian dari hasi tabel diatas dibuatkan grafik untuk memudahkan pembacaan.



Gambar 4.4 Hasil Uji pH di TPA Ngipik

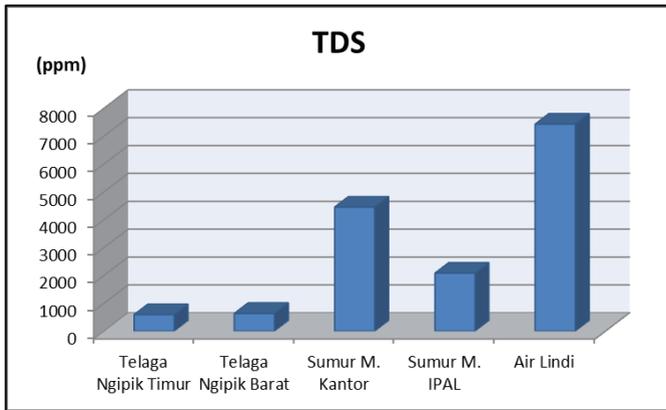
Dari hasil pengujian, pada Gambar 4.4 terlihat data bahwa keempat sampel air ditelaga dan sumur memiliki nilai pH mendekati nilai 7, sedangkan air lindi memiliki pH 8,2. Hasil ini menunjukkan bahwa diantara 5 sampel yang diuji, pH air lindi menunjukkan angka yang lebih tinggi yang mengidentifikasi bahwa kualitas air sudah menuju kebasah.



Gambar 4.5 Hasil Uji Konduktivitas di TPA Ngipik

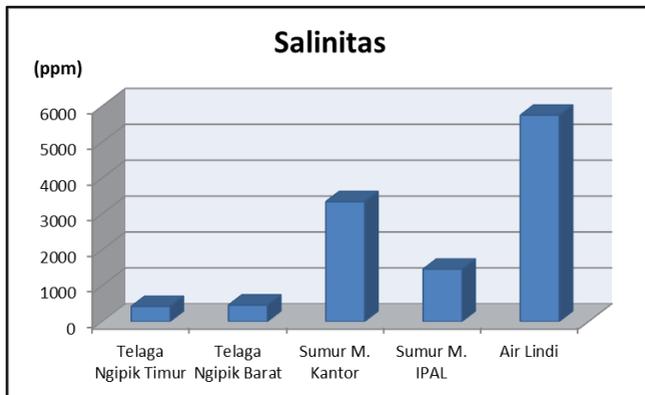
Nilai konduktivitas hasil pengujian pada Gambar 4.5 menunjukkan perbedaan yang signifikan, dimana nilai konduktivitas paling tinggi diperoleh pada air lindi kemudian diikuti sumur monitoring Kantor, Sumur Monitoring IPAL, Telaga Ngipik Barat dan Telaga Ngipik Timur. Perbedaan yang signifikan ini menunjukkan bahwa sampel air di sumur monitoring di Kantor dan IPAL lebih konduktif dibandingkan dengan sampel air ditelaga. Ini artinya sumur monitoring yang ada di dekat area TPA sudah terkontaminasi dengan air lindi yang ditandai dengan nilai konduktivitas yang lebih tinggi. Namun dari hasil pengujian konduktivitas secara keseluruhan menyimpulkan bahwa semua

daerah sampel sudah terindikasi tercemar, karena memiliki nilai konduktivitas lebih dari 0.15 mS/cm.



Gambar 4.6 Hasil Uji TDS di TPA Ngipik

Hasil pengujian TDS (*Total Dissolved Solid*) Gambar 4.6 menunjukkan perbedaan yang signifikan, dimana nilai uji TDS paling tinggi diperoleh pada sampel air Lindi kemudian diikuti Sumur Monitoring Kantor, Sumur Monitoring IPAL, Telaga Ngipik Barat dan Telaga Ngipik Timur. Nilai TDS yang tinggi ini dapat diindikasikan bahwa padatan terlarut ini diprediksi berasal dari kontaminasi pencemaran sampah yang menyebar disekitara wilayah pembuangan sampah. Nilai TDS ini juga menunjukkan nilai yang lebih besar dibanding air biasa yang belum tercemar yakni dibawah 200 ppm. Ini bisa diindikasikan hampir semua daerah penelitian sudah terpengaruh oleh adanya air lindi meskipun sedikit untuk bagian telaga.

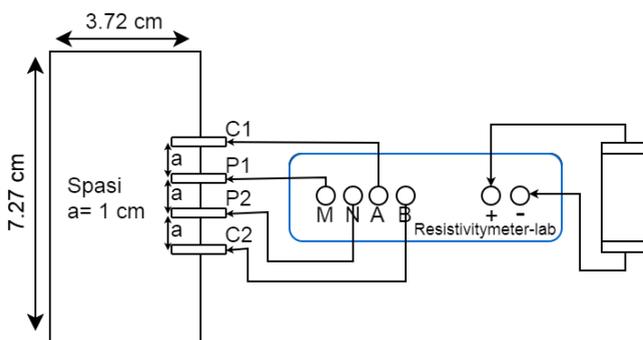


Gambar 4.7 Hasil Uji Salinitas di TPA Ngipik

Nilai salinitas pada Gambar 4.7 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan dimana nilai Salinitas yang tinggi diperoleh pada sampel Air Lindi kemudian diikuti Sumur Monitoring Kantor, Sumur Monitoring IPAL, Telaga Ngipik Barat dan Telaga Ngipik Timur. Nilai salinitas yang tinggi ini menunjukkan bahwa untuk sampel yang berada didekat area pembuangan sampah dan didekat lokasi pengolahan air lindi memiliki kandungan garam yang tinggi. Kandungan garam ini diperkirakan dari kontaminasi air lindi. Dengan begitu bisa diindikasikan hampir semua daerah penelitian sudah terpengaruh oleh adanya air lindi kecuali telaga yang masih memiliki nilai salinitas kurang dari 500ppm.

#### 4.4 Hasil Uji Laboratorium (Uji Resistivitas)

Untuk melakukan identifikasi lebih lanjut, maka diperlukan nilai resistivitas batuan yang berada di TPA Ngipik melalui uji laboratorium resistivitas sampel yang dilakukan pada tanggal 17 Mei 2017.



Gambar 4.8 Skema Pengukuran Resistivity Laboratorium

Gambar 4.8 merupakan skema pengukuran skala laboratorium yang sesuai dengan Standar ASTM G-57, yaitu dengan menggunakan 4 elektroda yang bertujuan untuk mengatasi efek dari resistansi kontak. ( Roberts and Lin, 1997; Taylor and Barker 2012).



Gambar 4.9 Pengukuran Skala Laboratorium

Pengukuran skala laboratorium Gambar 4.9 menggunakan alat Resistivitas Campus Tigre dimana arus yang digunakan untuk menginjeksikan sebesar 0.5 mA dan pengulangan injeksi sebanyak 3 kali. Pengukuran menggunakan konfigurasi wenner dengan jarak satuan ( $a$ ) = 1 cm, sehingga faktor geometri ( $k$ ) sama dengan  $2\pi a$ . Pengujian dilakukan pada 2 sampel, yang sampelnya diambil dari TPA Ngipik, dimana 1 sampel yang mengandung aquades (Sampel A) dan 1 lagi mengandung lindi (Sampel B). Pengukuran pertama kali dilakukan tanpa perlakuan, yakni pada sampel yang asli. Dan pengukuran selanjutnya untuk setiap perlakuan dilakukan sebanyak 10 kali.

Tabel 4.3 Hasil Laboratorium Uji Resistivitas

Jumlah Tetesan	Wk A (gr)	Wk B (gr)	$\Delta Wc$ (gr)	R A ( $\Omega$ )	R B ( $\Omega$ )	$\rho A$ $\Omega m$	$\rho B$ $\Omega m$
0	183.8	181.3	0	55.65	37.32	3.49	2.34
10	184.2	181.7	0.4	50.83	34.47	3.19	2.16
20	184.6	182.1	0.8	49.42	32.05	3.10	2.01
30	185.1	182.6	1.3	48.21	28.66	3.03	1.80
40	185.4	182.9	1.6	46.63	26.84	2.93	1.69
50	185.7	183.2	1.9	45.64	26.59	2.87	1.67
60	186.1	183.6	2.3	44.46	26.57	2.79	1.67
70	186.6	184.1	2.8	43.36	26.44	2.72	1.66
80	187	184.5	3.2	42.11	26.48	2.64	1.66
90	187.3	184.8	3.5	42.11	26.50	2.64	1.66
100	187.6	185.1	3.8	42.16	26.50	2.64	1.66

Dari Tabel 4.3 dijelaskan bahwa pada pengukuran di diberikan perlakuan pada sampel yaitu pemberian 10 tetes cairan pada masing-masing sampel. Pada sampel A diberikan cairan aquades dan sampel B diberikan cairan air lindi. Pengukuran pertama dilakukan tanpa perlakuan yakni sampel asli. Dan selanjut diberi perlakuan hingga sebanyak 10 kali dan setiap perlakuan juga diukur penambahan berat sebagai perhitungan perubahan kandungan air pada sampel yang diuji. Di mana  $W_k A$  merupakan berat kotor sampel A dan  $W_k B$  merupakan berat kotor sampel B.  $\Delta W_c$  merupakan berat cairan yang diberikan pada masing-masing sampel tanah.

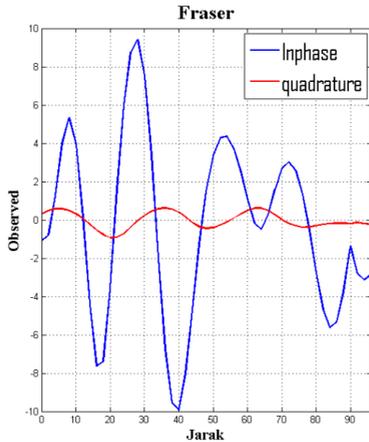
Data pengukuran diperoleh berupa hambatan (R), yaitu hambatan sampel A ( $R_A$ ) dan hambatan sampel B ( $R_B$ ) yang selanjutnya dikalikan dengan factor geometri ( $2\pi a$ ) akan mendapat *apparent resistivity*. Setelah dilakukan pengujian dan perhitungan resistivitas sehingga diperoleh nilai resistivitas pada sampel yang mengandung aquades ( $\rho_A$ )  $> 2.5 \Omega m$ , sedangkan batuan sampel yang mengandung lindi ( $\rho_B$ ) sekitar  $< 2.5 \Omega m$ .

#### **4.5 Analisis secara Kualitatif Data Pengukuran VLF**

Intepretasi kualitatif dengan metode yang dikembangkan oleh Fraser dan Karous-Hjelt. Interpretasi kualitatif dilakukan untuk melihat anomali secara lateral (horizontal). Fraser menghasilkan perpotongan grafik *Inphase* dan *Quadrature* yang mana anomali dapat dilihat jika grafik tersebut berpotongan pada saat *Inphase* negatif dan *Quadrature* positif sedangkan Karous-Hjelt menghasilkan penampang 2 dimensi dengan parameter rapat arus.

##### **4.5.1 Analisis Hasil Filter Fraser**

Dengan menggunakan filter ini, titik potong dari anomali menjadi optimal (mencapai puncaknya), maka hasil filter ini akan membuat proses analisis lebih mudah. Interpretasi menggunakan data sebelum filter Fraser akan sulit, karena kesulitan untuk menentukan titik perubahan yang tidak terfokus pada satu titik, selain itu, jika daerah tersebut memiliki banyak bahan konduktif, titik perubahan akan lebih sulit ditentukan. Anomali dapat dilihat dari tren kurva *Inphase* dan *Quadrature*, hasilnya didapat dari perpotongan kurva tersebut. Gambar 4.9 adalah salah satu contoh hasil filter Fraser pada lintasan 10 pada musim hujan setelah dilakukannya filter Fraser :

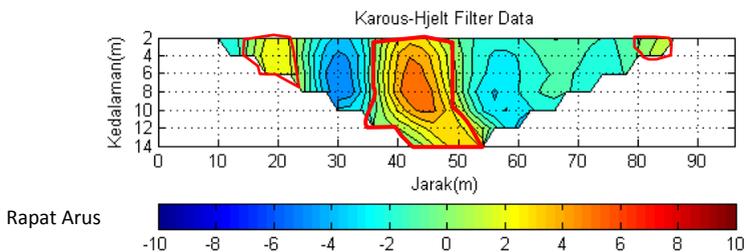


Gambar 4.10 Hasil Filter Fraser Lintasan 10 Musim Penghujan

Dari Gambar 4.10 terlihat bahwa posisi anomali konduktif dari filter Fraser diperkirakan berada pada meter 10-25 m, 30-50 m dan 80-90 m. Hasil dari penentuan anomali dengan filter Fraser akan dikomparasikan dengan filter Karous-Hjelt, hal ini akan dilakukan agar hasil analisa kualitatif lebih akurat. Hasil filter Fraser pada semua lintasan dapat dilihat pada lampiran.

#### 4.5.2 Analisis Hasil Filter Karous-Hjelt

Dengan menggunakan Filter Karous-Hjelt maka menghasilkan peta kontur 2 dimensi dengan parameter rapat arus. Gambar 4.10 berikut merupakan hasil dari filter Karous Hjelt.



Gambar 4.11 Hasil Filter Karous-Hjelt Lintasan 10 Musim Penghujan

Dari gambar 4.11 terlihat bahwa posisi anomali ditentukan berdasarkan persebaran rapat arus bawah permukaan. Anomali dapat ditentukan dengan sedikit lebih jelas karena memiliki parameter rapat arus, sedangkan kedalaman anomali masih bersifat semu (pseudo). Anomali ditentukan dengan melihat

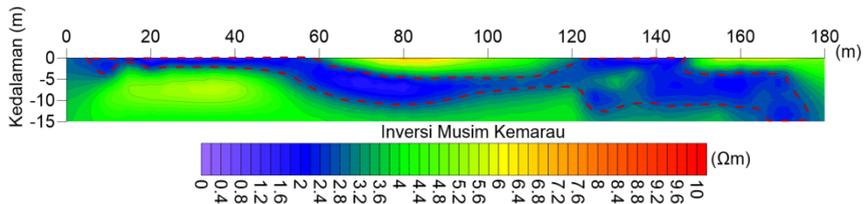
skala warna rapat arus. Nilai rapat arus yang tinggi (positif) diidentifikasi sebagai anomali yang paling konduktif. Berdasarkan hasil filter Gambar 4.3, diduga anomali konduktif berada pada posisi 15-25m, 35-50m, 80-85m. Untuk mengidentifikasi lebih lanjut maka perlu dilakukan inversi. Hasil filter Karous-Hjelt pada semua lintasan dapat dilihat pada lampiran.

## 4.6 Analisis Secara Kuantitatif Data Pengukuran VLF

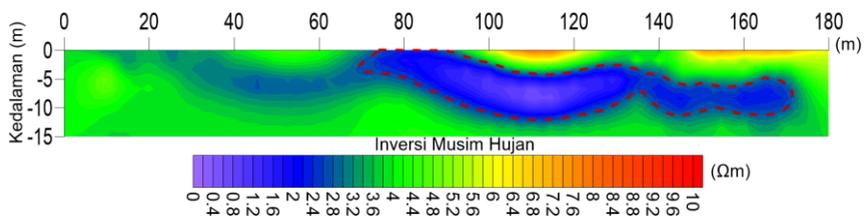
Pada analisis secara kuantitatif ini merupakan hasil dari Proses Inversi yang dilakukan dengan menggunakan software INV2DVLV (Monteiro Santos et al., 2006). Inversi menggunakan software tersebut dilakukan iterasi sebanyak 100 kali sehingga menghasilkan penampang 2 dimensi dengan parameter nilai resistivitas.

### 4.6.1 Analisis Penampang VLF Lintasan 1

Lintasan 1 berada dibagian Utara TPA, tepatnya sebelum pintu masuk akses masuk ke TPA. Lintasan 1 dengan panjang 180 meter memiliki arah pengukuran timur laut-tenggara yang titik pertama ditimur laut.



Gambar 4.12 Penampang Hasil Inversi Lintasan 1 Kemarau



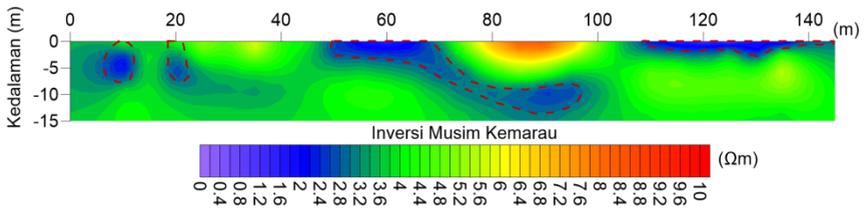
Gambar 4.13 Penampang Hasil Inversi Lintasan 1 Hujan

Pada hasil pengukuran musim kemarau Gambar 4.12 menunjukkan bahwa dari hasil inversi anomali diduga berada disepanjang lintasan yang memiliki nilai resisnya berkisar 1.2-2.5  $\Omega\text{m}$  yang ditunjukkan oleh kontur berwarna biru. Nilai tersebut di indikasikan sebagai adanya akumulasi fluida lindi hingga kedalaman 15 m. Pada hasil pengukuran musim penghujan Gambar 4.13 menunjukkan bahwa dari hasil inversi, anomali diduga berada

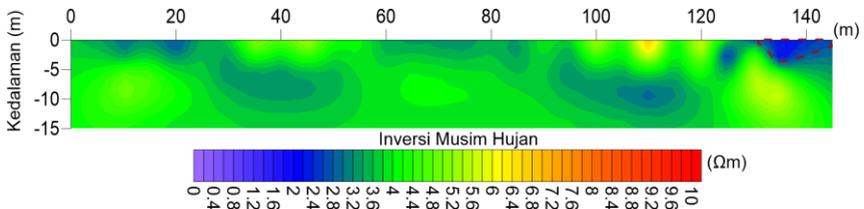
disepanjang lintasan yang memiliki nilai resisnya berkisar 1.0-2.5  $\Omega$ m, yang ditunjukkan oleh kontur berwarna biru. Nilai tersebut di indikasikan sebagai adanya akumulasi fluida lindi hingga kedalaman 12 m. Dari kedua pengukuran bisa dikatakan pola anomali yang ditunjukkan hampir sama dan zona-zona anomali yang muncul dari kedua penampang terlihat cukup jelas.

#### 4.6.2 Analisis Penampang VLF Lintasan 2

Lintasan 2 berada dibagian Utara TPA, tepatnya dipintu masuk akses masuk ke TPA. Lintasan 2 dengan panjang 145 meter memiliki arah pengukuran utara-selatan yang titik pertama di utara



Gambar 4.14 Penampang Hasil Inversi Lintasan 2 Kemarau

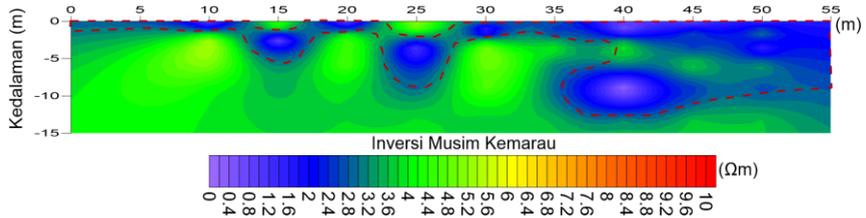


Gambar 4.15 Penampang Hasil Inversi Lintasan 2 Hujan

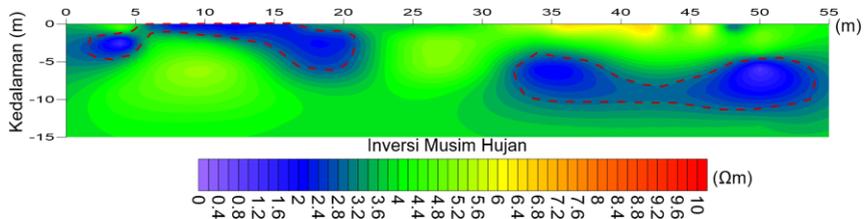
Pada hasil pengukuran musim kemarau Gambar 4.14 menunjukkan bahwa dari hasil inversi anomali diduga berada disepanjang lintasan yang memiliki nilai resisnya berkisar 1.6-2.5  $\Omega$ m yang ditunjukkan oleh kontur berwarna biru. Nilai tersebut di indikasikan sebagai adanya akumulasi fluida lindi hingga kedalaman 15 m. Pada hasil pengukuran musim penghujan Gambar 4.15 menunjukkan bahwa dari hasil inversi, anomali diduga berada disepanjang lintasan yang memiliki nilai resisnya berkisar 2-2.5  $\Omega$ m yang ditunjukkan oleh kontur berwarna biru. Nilai tersebut di indikasikan sebagai adanya akumulasi fluida lindi. Dari kedua pengukuran bisa dikatakan pola anomali yang ditunjukkan hampir sama dan zona-zona anomali yang muncul dari kedua penampang terlihat cukup jelas.

### 4.6.3 Analisis Penampang VLF Lintasan 3

Lintasan 3 berada depan kantor TPA yang sangat berdekatan langsung dengan TPA 2 yang sudah *overload* dan IPAL. Lintasan 3 dengan panjang 55 meter memiliki arah pengukuran utara-selatan yang titik pertama di selatan.



Gambar 4.16 Penampang Hasil Inversi Lintasan 3 Kemarau

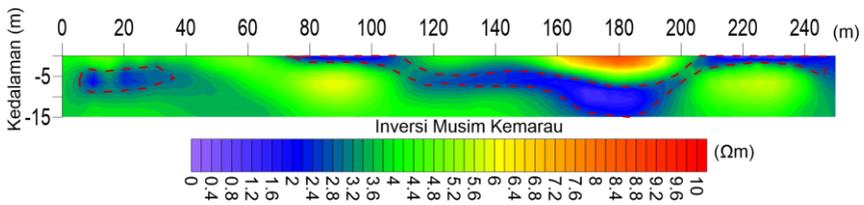


Gambar 4.17 Penampang Hasil Inversi Lintasan 3 Hujan

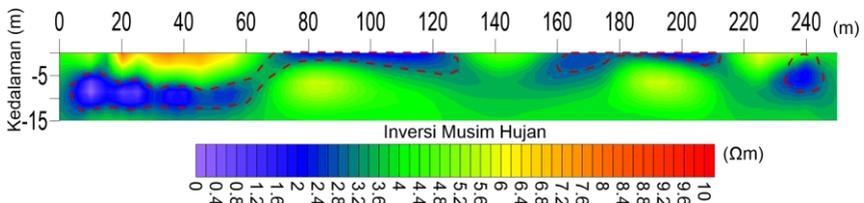
Pada hasil pengukuran musim kemarau Gambar 4.16 menunjukkan bahwa dari hasil inversi anomali diduga berada disepanjang lintasan yang memiliki nilai resisnya berkisar 0.8-2.5  $\Omega\text{m}$  yang ditunjukkan oleh kontur berwarna biru. Nilai tersebut di indikasikan sebagai adanya akumulasi fluida lindi hingga kedalaman 10 m. Pada hasil pengukuran musim penghujan Gambar 4.17 menunjukkan bahwa dari hasil inversi, anomali diduga berada disepanjang lintasan yang memiliki nilai resisnya berkisar 1.6-2.5  $\Omega\text{m}$  yang ditunjukkan oleh kontur berwarna biru. Nilai tersebut di indikasikan sebagai adanya akumulasi fluida lindi hingga kedalaman 10 m. Dari kedua pengukuran bisa dikatakan pola anomali yang ditunjukkan hampir sama dan zona-zona anomali yang muncul dari kedua penampang terlihat cukup jelas.

### 4.6.4 Analisis Penampang VLF Lintasan 4

Lintasan 4 berada sangat berdekatan langsung dengan TPA 1 yang sudah *overload*. Lintasan 4 dengan panjang 250 meter memiliki arah pengukuran utara-selatan yang titik pertama di utara.



Gambar 4.18 Penampang Hasil Inversi Lintasan 4 Kemarau

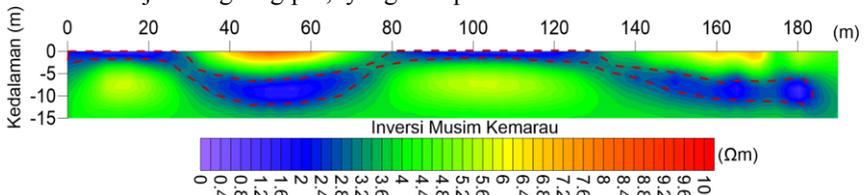


Gambar 4.19 Penampang Hasil Inversi Lintasan 4 Hujan

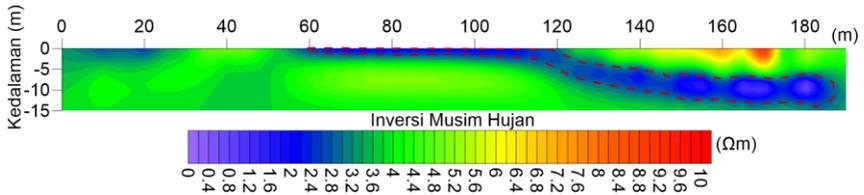
Pada hasil pengukuran musim kemarau Gambar 4.18 menunjukkan bahwa dari hasil inversi anomali diduga berada disepanjang lintasan yang memiliki nilai resistivitas berkisar 1.6-2.5  $\Omega\text{m}$  yang ditunjukkan oleh kontur berwarna biru. Nilai tersebut di indikasikan sebagai adanya akumulasi fluida lindi hingga kedalaman 15 m. Pada hasil pengukuran musim penghujan Gambar 4.19 menunjukkan bahwa dari hasil inversi, anomali diduga berada disepanjang lintasan yang memiliki nilai resistivitas berkisar 1.2-2.5  $\Omega\text{m}$  yang ditunjukkan oleh kontur berwarna biru. Nilai tersebut di indikasikan sebagai adanya akumulasi fluida hingga kedalaman 15 m. Anomali ini diinterpretasikan sebagai zona air lindi. Dari kedua pengukuran bisa dikatakan pola anomali yang ditunjukkan hampir sama dan zona-zona anomali yang muncul dari kedua penampang terlihat cukup jelas.

#### 4.6.5 Analisis Penampang VLF Lintasan 5

Lintasan 5 berada diantara ditengah-tengah dari TPA Ngipik. Tepatnya akses jalan yang berada diantara TPA 1 dan TPA 3 menuju ke arah telaga. Lintasan 5 dengan panjang 190 meter memiliki arah pengukuran utara-selatan menuju Telaga Ngipik, yang titik pertama di utara.



Gambar 4.20 Penampang Hasil Inversi Lintasan 5 Kemarau

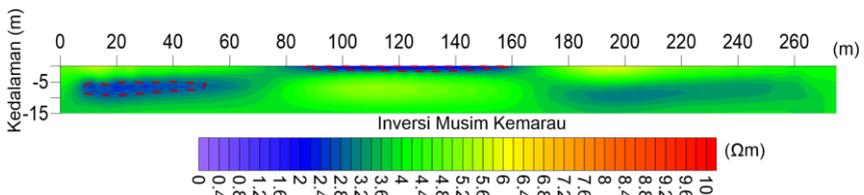


Gambar 4.21 Penampang Hasil Inversi Lintasan 5 Hujan

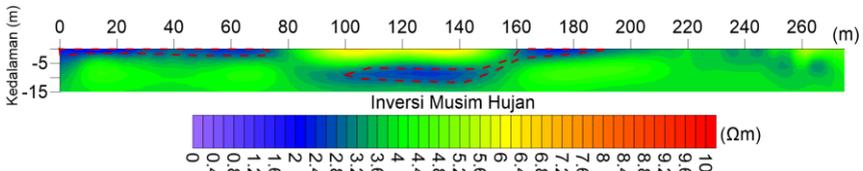
Pada hasil pengukuran musim kemarau Gambar 4.20 menunjukkan bahwa dari hasil inversi anomali diduga berada disepanjang lintasan yang memiliki nilai resistivitas berkisar 1.6-2.5  $\Omega\text{m}$  yang ditunjukkan oleh kontur berwarna biru. Nilai tersebut di indikasikan sebagai adanya akumulasi fluida lindi hingga kedalaman 12 m. Pada hasil pengukuran musim penghujan Gambar 4.21 menunjukkan bahwa dari hasil inversi, anomali diduga berada disepanjang lintasan yang memiliki nilai resistivitas berkisar 1.2-2.5  $\Omega\text{m}$  yang ditunjukkan oleh kontur berwarna biru. Nilai tersebut di indikasikan sebagai adanya akumulasi fluida lindi hingga kedalaman 14 m. Zona-zona yang ditunjukkan dengan nilai resistivitas yang rendah diinterpretasikan sebagai air lindi. Hal ini dikuatkan dengan adanya kubangan air dekat lintasan. Air ditersebut dipastikan sudah terkontaminasi dengan air lindi karena terlihat sudah keruh. Dari kedua pengukuran bisa dikatakan pola anomali yang ditunjukkan hampir sama dan zona-zona anomali yang muncul dari kedua penampang terlihat cukup jelas.

#### 4.6.6 Analisis Penampang VLF Lintasan 6

Lintasan 6 berada sebelah sebelah selatan dari TPA Ngipik tepatnya diselatan dari TPA 1 yang sudah overlod dan berdekatan dengan Telaga Ngipik Timur. Lintasan 6 dengan panjang 190 meter memiliki arah pengukuran Tenggara-barat laut menuju Telaga Ngipik, yang titik pertama di tenggara.



Gambar 4.22 Penampang Hasil Inversi Lintasan 6 Kemarau

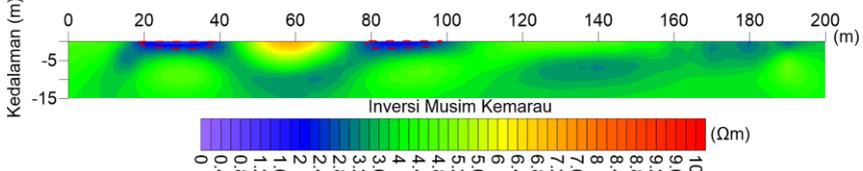


Gambar 4.23 Penampang Hasil Inversi Lintasan 6 Hujan

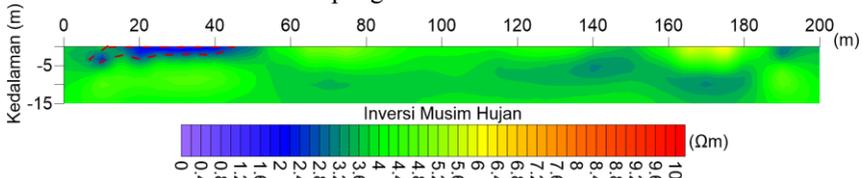
Pada hasil pengukuran musim kemarau Gambar 4.22 menunjukkan bahwa dari hasil inversi anomali diduga berada disepanjang lintasan yang memiliki nilai resisnya berkisar 2.0-2.5  $\Omega m$  yang ditunjukkan oleh kontur berwarna biru. Nilai tersebut di indikasikan sebagai adanya akumulasi fluida lindi. Pada hasil pengukuran musim penghujan Gambar 4.23 menunjukkan bahwa dari hasil inversi, anomali diduga berada disepanjang lintasan yang memiliki nilai resisnya berkisar 2.4-2.5  $\Omega m$  yang ditunjukkan oleh kontur berwarna biru. Nilai tersebut di indikasikan sebagai adanya akumulasi fluida lindi. Dari kedua pengukuran bisa dikatakan pola anomali yang ditunjukkan hampir sama dan zona-zona anomali yang muncul dari kedua penampang terlihat cukup jelas.

#### 4.6.7 Analisis Penampang VLF Lintasan 7

Lintasan 7 berada sebelah sebelah selatan dari TPA Ngipik tepatnya jalan pintu masuk dengan Telaga Ngipik Barat. Lintasan 7 dengan panjang 200 meter memiliki arah pengukuran tenggara-barat laut, yang titik pertama di tenggara.



Gambar 4.24 Penampang Hasil Inversi Lintasan 7 Kemarau



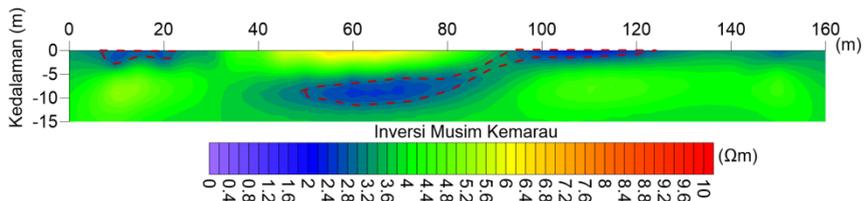
Gambar 4.25 Penampang Hasil Inversi Lintasan 7 Hujan

Pada hasil pengukuran musim kemarau Gambar 4.24 menunjukkan bahwa dari hasil inversi anomali diduga berada disepanjang lintasan yang memiliki nilai resisnya berkisar 2.0-2.5  $\Omega m$  yang ditunjukkan oleh kontur

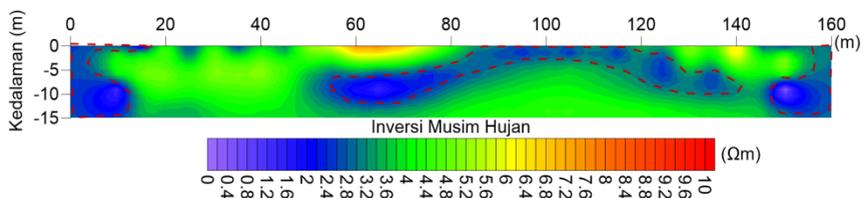
berwarna biru. Nilai tersebut di indikasikan sebagai adanya akumulasi fluida lindi. Pada hasil pengukuran musim penghujan Gambar 4.25 menunjukkan bahwa dari hasil inversi, anomali diduga berada disepanjang lintasan yang memiliki nilai resisnya berkisar 2.4-2.5  $\Omega\text{m}$  yang ditunjukkan oleh kontur berwarna biru. Nilai tersebut di indikasikan sebagai adanya akumulasi fluida lindi. Kedua pengukuran bisa dikatakan anomali yang ditunjukkan hampir sama dan zona-zona anomali yang muncul dari kedua penampang terlihat cukup jelas. Kondisi lapangan saat pengukuran relative kering dan tanah cukup keras. Pada musim kemarau, akumulasi fluida berada cukup dalam bila dibandingkan dengan musim penghujan karena adanya akumulasi yang rendah karena efek air hujan.

#### 4.6.8 Analisis Penampang VLF Lintasan 8

Lintasan 8 berada sebelah sebelah barat dari TPA Ngipik tepatnya diarea persawahan dan berdekatan juga dengan Telaga Ngipik Barat. Lintasan 8 dengan panjang 160 meter memiliki arah pengukuran selatan-utara , yang titik pertama di selatan.



Gambar 4.26 Penampang Hasil Inversi Lintasan 8 Kemarau



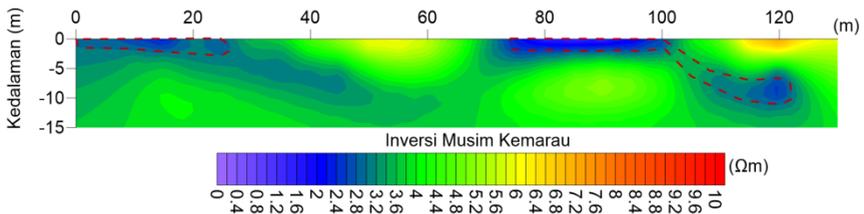
Gambar 4.27 Penampang Hasil Inversi Lintasan 8 Hujan

Pada hasil pengukuran musim kemarau Gambar 4.26 menunjukkan bahwa dari hasil inversi anomali diduga berada disepanjang lintasan yang memiliki nilai resisnya berkisar 2.0-2.5  $\Omega\text{m}$  yang ditunjukkan oleh kontur berwarna biru. Nilai tersebut di indikasikan sebagai adanya akumulasi fluida lindi. Pada hasil pengukuran musim penghujan Gambar 4.27 menunjukkan bahwa dari hasil inversi, anomali diduga berada disepanjang lintasan yang memiliki nilai resisnya berkisar 1.6-2.5  $\Omega\text{m}$  yang ditunjukkan oleh kontur

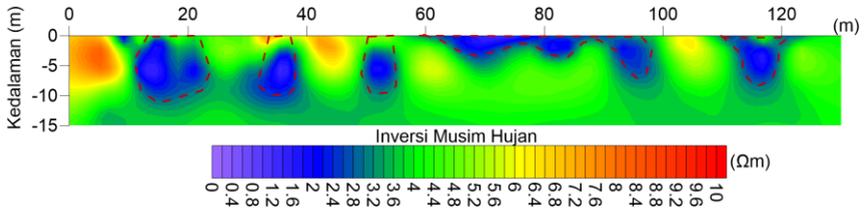
berwarna biru Nilai tersebut di indikasikan sebagai adanya akumulasi fluida lindi. Dari kedua pengukuran bisa dikatakan pola anomali yang ditunjukkan hampir sama dan zona-zona anomali yang muncul dari kedua penampang terlihat cukup jelas.

#### 4.6.9 Analisis Penampang VLF Lintasan 9

Lintasan 9 berada sebelah sebelah barat dari TPA Ngipik tepatnya diarea persawahan dan berdekatan dengan sumur bor sawah. Lintasan 9 dengan panjang 130 meter memiliki arah pengukuran selatan-utara , yang titik pertama di selatan.



Gambar 4.28 Penampang Hasil Inversi Lintasan 9 Kemarau



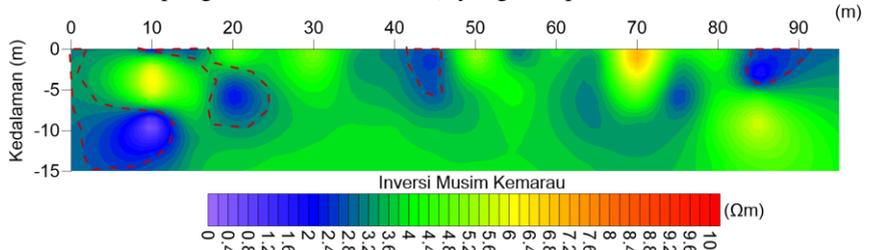
Gambar 4.29 Penampang Hasil Inversi Lintasan 9 Hujan

Pada hasil pengukuran musim kemarau Gambar 4.28 menunjukkan bahwa dari hasil inversi anomali diduga berada disepanjang lintasan yang memiliki nilai resisnya berkisar 1.8-2.5  $\Omega m$  yang ditunjukkan oleh kontur berwarna biru. Nilai tersebut di indikasikan sebagai adanya akumulasi fluida lindi. Pada hasil pengukuran musim penghujan Gambar 4.29 menunjukkan bahwa dari hasil inversi, anomali diduga berada disepanjang lintasan yang memiliki nilai resisnya berkisar 1.6-2.5  $\Omega m$  yang ditunjukkan oleh kontur berwarna biru Nilai tersebut di indikasikan sebagai adanya akumulasi fluida lindi.

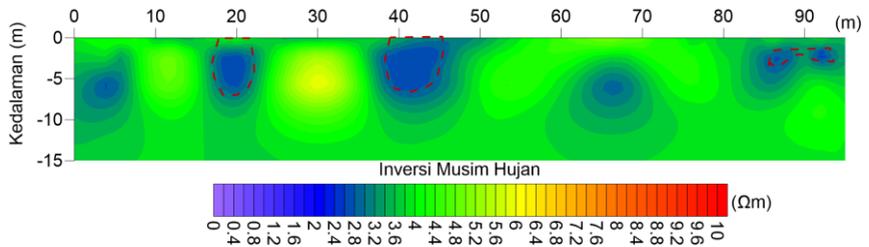
Dari kedua pengukuran bisa dikatakan pola anomali yang ditunjukkan hampir sama dan zona-zona anomali yang muncul dari kedua penampang terlihat cukup jelas.

#### 4.6.10 Analisis Penampang VLF Lintasan 10

Lintasan 10 berada sebelah utara dari TPA Ngipik tepatnya yang berdekatan dengan TPA 2 dan TPA 3. Lintasan 10 dengan panjang 95 meter memiliki arah pengukuran utara-selatan, yang titik pertama di utara.



Gambar 4.30 Penampang Hasil Inversi Lintasan 10 Kemarau



Gambar 4.31 Penampang Hasil Inversi Lintasan 10 Hujan

Pada hasil pengukuran musim kemarau Gambar 4.30 menunjukkan bahwa dari hasil inversi anomali diduga berada disepanjang lintasan yang memiliki nilai resisnya berkisar 1.2-2.5  $\Omega\text{m}$  yang ditunjukkan oleh kontur berwarna biru. Nilai tersebut di indikasikan sebagai adanya akumulasi fluida lindi. Pada hasil pengukuran musim penghujan Gambar 4.31 menunjukkan bahwa dari hasil inversi, anomali diduga berada disepanjang lintasan yang memiliki nilai resisnya berkisar 1.8-2.5  $\Omega\text{m}$  yang ditunjukkan oleh kontur berwarna biru. Nilai tersebut di indikasikan sebagai adanya akumulasi fluida lindi. Dari kedua pengukuran bisa dikatakan pola anomali yang ditunjukkan hampir sama dan zona-zona anomali yang muncul dari kedua penampang terlihat cukup jelas. Anomali yang muncul diperkirakan dari kubangan air lindi yang bersebalahan langsung dengan lintasi pengukuran. Terjadi rembesan yang tetap pada titik tengah lintasan pengukuran.

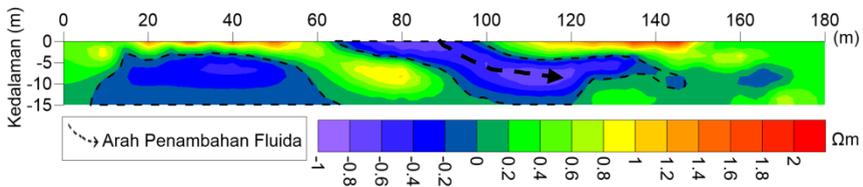
## 4.7 Analisa Perbedaan Resistivitas Penampang VLF Antar Musim

Setelah melakukan pengukuran pada dua musim yang berbeda yang diharapkan dapat mengetahui perbedaan persebaran rembesan fluida, maka dilakukan perhitungan perbedaan resistivitas pada penampang VLF yang dihasilkan dari pengurangan antara hasil inversi musim penghujan dengan hasil inversi musim kemarau kemudian dibagi dengan musim kemarau.

$$\Delta\rho = \frac{\rho_{penghujan} - \rho_{kemarau}}{\rho_{kemarau}} \approx -\Delta W_c \quad (4.1)$$

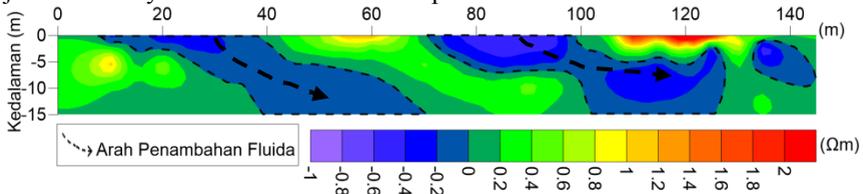
Persamaan (4.1) menyatakan bahwa semakin besar atau semakin positif nilai beda resistivitas menunjukkan adanya penurunan kandungan fluida atau pengurangan berat fluida di bawah permukaan. Sedangkan bila semakin negatif atau semakin kecil nilai beda resistivitasnya, maka zona tersebut semakin basah dan ada peningkatan kuantitas fluida (Audebert et.al, 2016). Sehingga dapat ditentukan perkiraan arah aliran penambahan fluida yang ditunjukkan dengan garis hitam berpanah (resistivitas negatif) pada setiap lintasan. Dengan mengetahui aliran fluida di area ini, nantinya bisa memberikan informasi jalur dan arah pergerakan aliran bawah permukaan.

Berikut ini hasil dari perbedaan resistivitas penampang – penampang VLF pada lintasan penelitian :



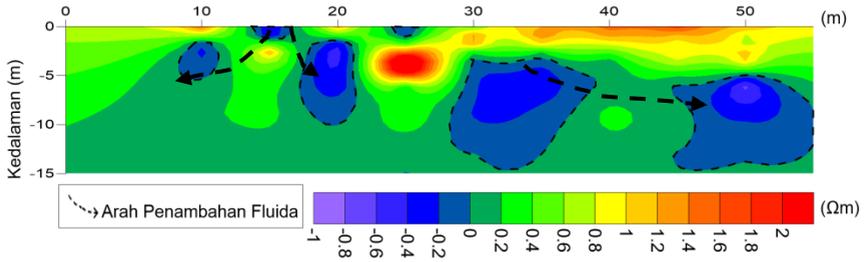
Gambar 4.32 Penampang Beda Resistivitas pada Lintasan 1

Pada lintasan 1, hasil Gambar 4.32 terlihat pada titik 5-60 meter dan 65-140 meter adanya zona meresapnya fluida ke bawah permukaan. Bila dilihat pada penampang hasil inversi lintasan ini, titik titik terlihat memiliki sedikit perbedaan resistivitas yang dapat diperkirakan terdapat rekahan kecil sebagai jalan masuknya fluida tembus kebawah permukaan.



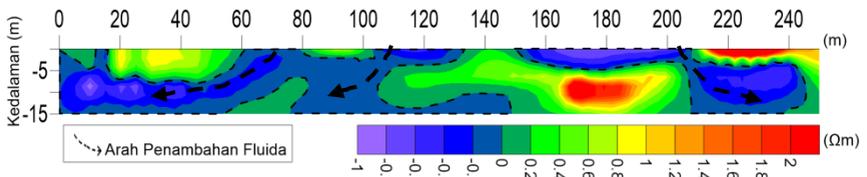
Gambar 4.33 Penampang Beda Resistivitas pada Lintasan 2

Pada lintasan 2, dari Gambar 4.33 terlihat pada titik 10-60, 70-125 meter memiliki hasil yang negatif yang indikasikan adanya penambahan fluida yang meresap masuk kebawah permukaan.



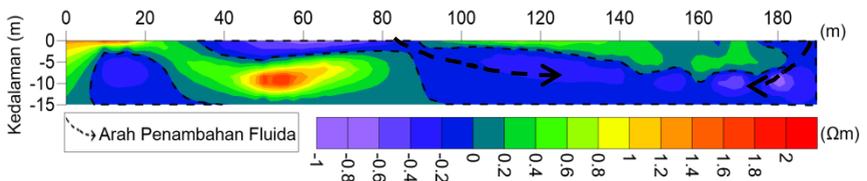
Gambar 4.34 Penampang Beda Resistivitas pada Lintasan 3

Pada lintasan 3, dari Gambar 4.34 terlihat pada titik 10-30 m, 30-40 dan 45-65m memiliki nilai yang negatif yang diindikasikan adanya fluida yang meresap masuk kebawahnya.



Gambar 4.35 Penampang Beda Resistivitas pada Lintasan 4

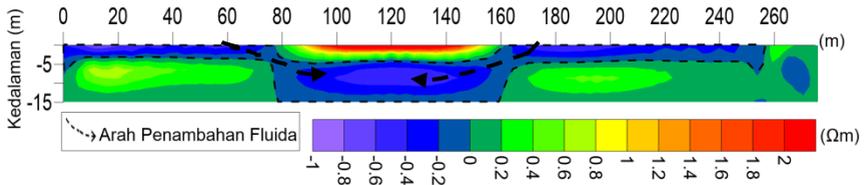
Pada lintasan 4, dari Gambar 4.35 terlihat hampir sepanjang lintasan pengukuran mengalami penambahan kandungan fluida yang arahnya seperti ditunjukkan oleh tanda panah.



Gambar 4.36 Penampang Beda Resistivitas pada Lintasan 5

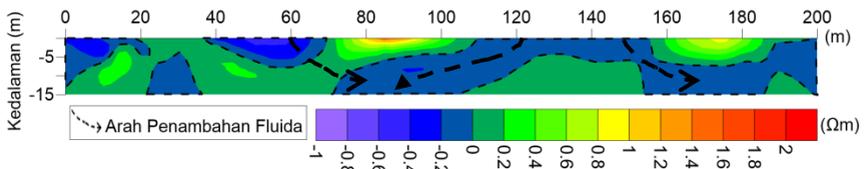
Pada lintasan 5, dari Gambar 4.36 terlihat pada titik 10-30er terlihat adanya penambahan fluida hingga kebawah kedalaman 15 meter, dan pada titik

40-180 meter terlihat hampir sepanjang lintasan pengukuran juga terjadi penambahan fluida .



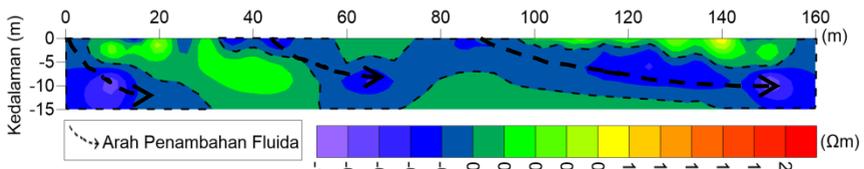
Gambar 4.37 Penampang Beda Resistivitas pada Lintasan 6

Pada lintasan 6, dari Gambar 4.37 terlihat pada titik 0-80 dan 80-160 meter terlihat adanya penambahan fluida ini diindikasikan penambahan fluida dari telaga, karena lintasan ini berada disamping Telaga Ngipik Timur. Namun pada titik 80-160 meter terjadi penambahan fluida hingga kedalaman 2-3 meter yang diindikasikan sebagai rembesan fluida dari TPA menuju ke telaga.



Gambar 4.38 Penampang Beda Resistivitas pada Lintasan 7

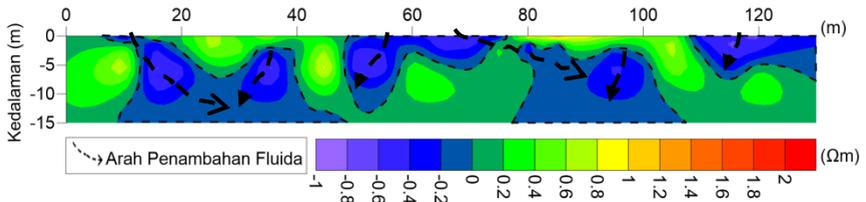
Pada lintasan 7, dari Gambar 4.38 terlihat hampir sepanjang lintasan memiliki perubahan resistivitas negatif yang bisa diindikasikan sebagai tempat rembesan fluida dan dilihat dari kondisi lintasan kondisi tanah cukup keras dan adanya retakan-retakan.



Gambar 4.39 Penampang Beda Resistivitas pada Lintasan 8

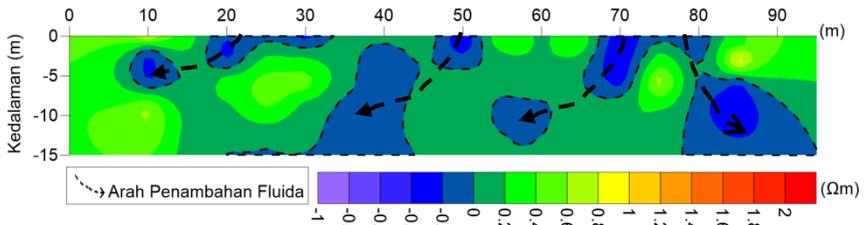
Pada lintasan 8, dari Gambar 4.39 terlihat pada titik 0-20 meter memiliki perubahan resistivitas yang negatif yang bisa diindikasikan sebagai adanya rembesan fluida. Pada titik 30-60 meter juga ada indikasi penambahan fluida hingga kedalaman 15 meter. Pada titik 80-160 meter juga terindikasi

penambahan fluida pada kedalaman 10 hingga kedalaman 15 meter yang diindikasikan sebagai penambahan fluida dari Telaga Ngipik Barat.



Gambar 4.40 Penampang Beda Resistivitas pada Lintasan 9

Pada lintasan 9, dari Gambar 4.40 terlihat hampir secara keseluruhan adanya perubahan resistivitas negatif yang diindikasikan adanya penambahan fluida yang arahnya ditunjukkan oleh tanda panah.



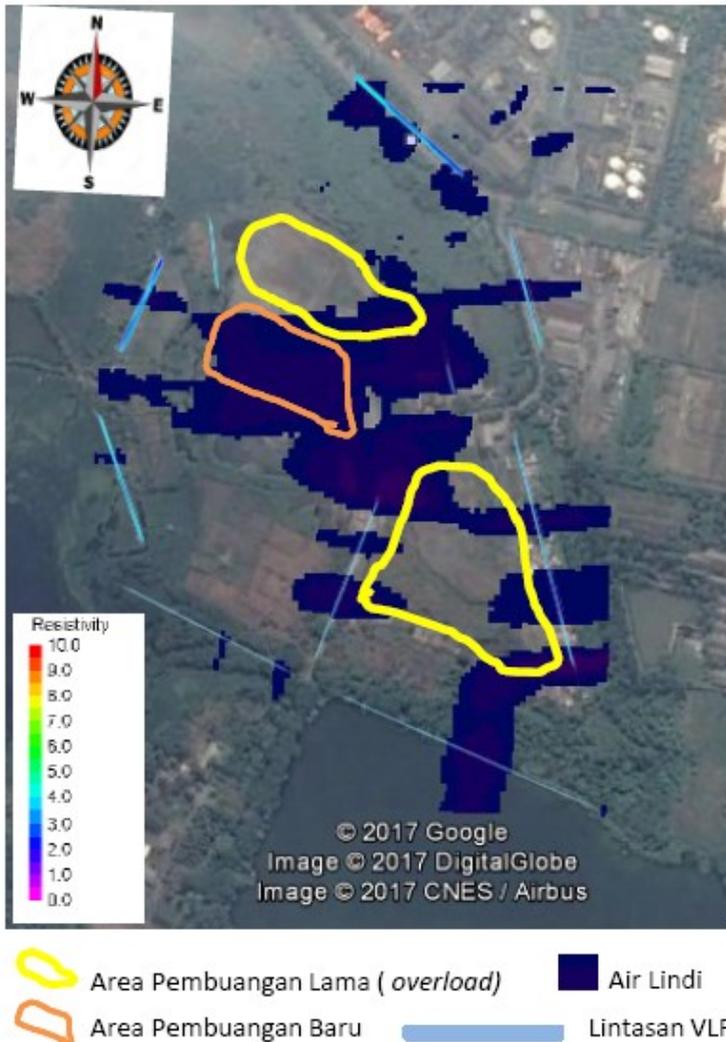
Gambar 4.41 Penampang Beda Resistivitas pada Lintasan 10

Pada lintasan 10, dari Gambar 4.41 terlihat hampir secara keseluruhan terjadi penambahan fluida, hal ini bisa terjadi karena tepat disamping lintasan ini merupakan kubangan lindi, sehingga ketika terjadi hujan maka kubangan ini terisi fluida dan akan meresap ke kesampingnya.

## 4.8 Interpretasi Hasil

Interpretasi dilakukan dengan membandingkan hasil analisa secara kualitatif dan kuantitatif serta data sekunder yang mendukung. Untuk menduga anomali sebagai daerah yang mengandung lindi dibawah permukaan diperlukan parameter resistivitas yang didapatkan dari hasil inversi. Kondisi geologi daerah penelitian terdiri atas formasi Lidah yang batuanannya adalah lempung tebal (clay). Nilai resistivitas batuan clay berkisar 1-100  $\Omega m$  (Loke, 2015). Pada penelitian ini inisiasi resistivitas lingkungan diambil sebesar 3.84  $\Omega m$ . Dari hasil pengukuran lapangan dan uji resistivitas skala laboratorium dapat diduga nilai batuan yang mengandung air lindi di TPA Ngipik yaitu 0.3-2.5  $\Omega m$ .

Hasil inversi penampang 2D yang sudah diperoleh, kemudian dibuatlah sebuah penampang 3D dengan hanya menampilkan nilai resistivitas target yang merupakan anomali rendah yang dianggap merupakan batuan yang mengandung air lindi yang memiliki nilai resistivitas 0.3-2.5  $\Omega\text{m}$ .

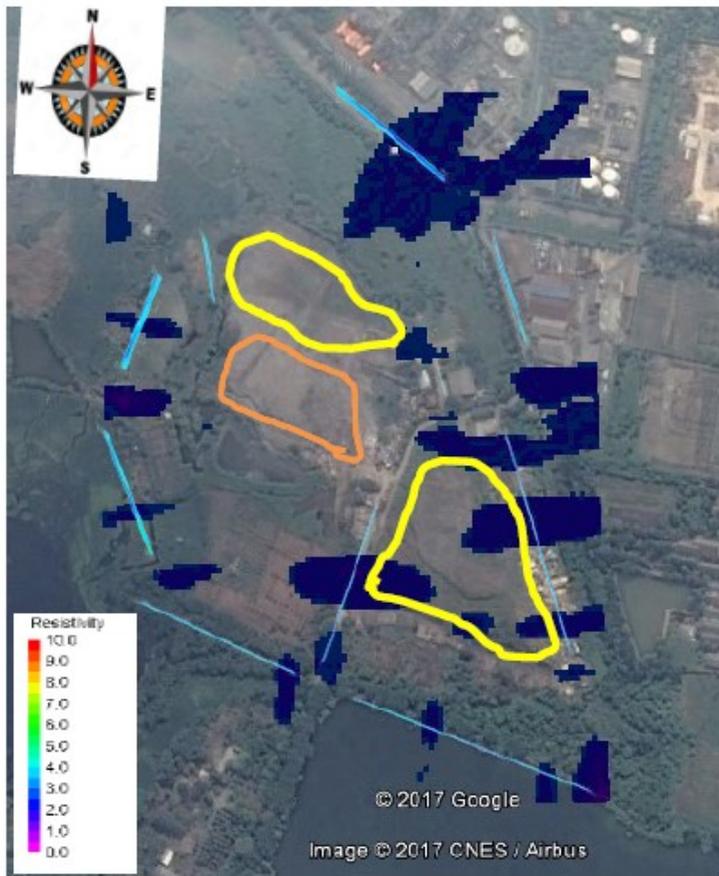


Gambar 4.42 Penyebaran Air Lindi Musim Kemarau

Gambar 4.42 mempresentasikan area persebaran air lindi yang ditunjukkan oleh warna biru tua hingga ungu dimana memiliki nilai resistivitasnya antara 0.3-2.5  $\Omega\text{m}$  untuk area TPA Ngipik pada musim kemarau.

Terlihat bahwa air lindi secara garis besar sudah menyebar kesegala arah disekitar TPA.

Sama halnya dengan hasil musim kemarau, dari hasil inversi penampang 2D pada musim hujan, dibuatlah sebuah penampang 3D dengan hanya menampilkan nilai resistivitas target yang merupakan anomali rendah yang dianggap merupakan batuan yang mengandung air lindi yang memiliki nilai resistivitas kurang dari  $2.5 \Omega\text{m}$ .



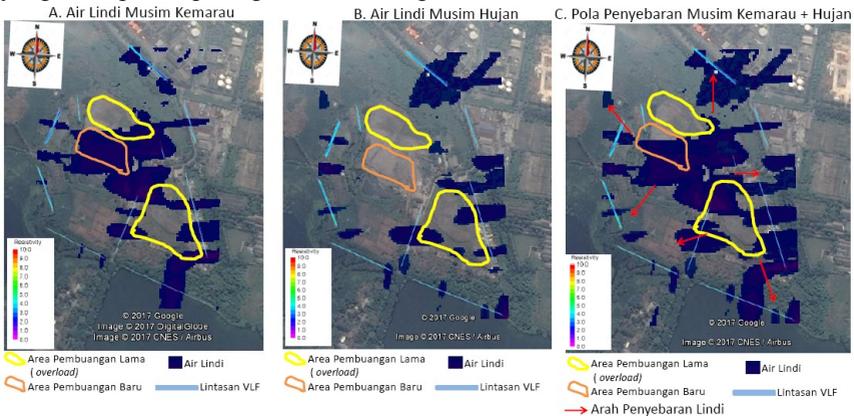
-  Area Pembuangan Lama ( *overload* )
-  Area Pembuangan Baru
-  Air Lindi
-  Lintasan VLF

Gambar 4.43 Penyebaran Air Lindi Pada Musim Penghujan

Gambar 4.43 mempresentasikan area persebaran air lindi yang ditunjukkan oleh warna biru tua hingga ungu dimana memiliki nilai resistivitasnya antara 0.3- 2.5  $\Omega$ m untuk area TPA Ngipik pada musim hujan.

Perbandingan persebaran air lindi pada musim kemarau dengan musim hujan tidak terlalu signifikan, hanya terdapat persebaran anomali resistivitas yang rendah lebih banyak pada musim kemarau. Ini bisa diartikan bahwa air lindi pada musim penghujan lebih sedikit dibandingkan pada hasil musim kemarau hal ini karena adanya efek air hujan sehingga membuat nilai resistivitas menjadi lebih besar, namun jika dilihat dari jangkauan penyebarannya pada musim hujan ini lebih meluas dibandingkan dengan musim kemarau, ini bisa di simpulkan bahwa fluida ini mengalami penyebaran.

Kemudian dari hasil Gambar 4.42 dan Gambar 4.43 dilakukan percobaan untuk menggabungkan hasil pengukurannya dengan cara meng-*overlay* hasil penyebaran air lindi pada musim kemarau dengan penyebaran air lindi pada musim hujan sehingga menghasilkan penyebaran air lindi seperti yang ditampilkan pada gambar 4.44 bagian C.



Gambar 4.44 Perbandingan Persebaran Air Lindi TPA Ngipik Antar Musim

Dari Gambar 4.44 terlihat pada bagian C adanya pergerakan penyebaran air lindi yang hampir kesegala arah seperti yang ditunjukkan oleh tanda panah merah, tapi ini hanya dibagian atasnya saja sekitar hingga kedalaman 2-3 meter saja, ketika air lindi sudah bertemu dengan aliran bawah permukaan maka arahnya akan mengikuti aliran bawah permukaan dari Selatan ke Utara daerah penelitian.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

- Air lindi sudah teridentifikasi tersebar di area TPA Ngipik hingga kedalaman 15 m, dimana nilai resistivitas daerah yang mengandung air lindi yaitu 0.3-2.5  $\Omega$ m.
- Aliran lindi dari atas TPA akan menyebar kesegala arah mengikuti kontur TPA Ngipik, namun ketika air lindi sudah masuk ke bawah permukaan pada kedalaman 2-3 meter, arah aliran lindi berubah menjadi Selatan ke Utara searah dengan aliran air bawah permukaan daerah ini.
- Perbandingan persebaran air lindi pada musim kemarau dengan musim hujan tidak terlalu signifikan, hanya terdapat persebaran anomali resistivitas yang rendah lebih banyak pada musim kemarau.

#### **5.2 Saran**

Untuk menindaklanjuti penelitian ini, penulis menyarankan perlunya pembuatan sumur monitoring di luar TPA Ngipik untuk mengetahui kualitas air dan kedalaman muka air tanah sehingga dapat mengidentifikasi persebaran air lindi lebih lanjut.

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

## DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M. 2011. *Rembesan Air Lindi (Leachate) Dampak Pada Tanaman Pangan Dan Kesehatan*. Staf Pengajar Program Studi teknik lingkungan UPN Veteran Jawa Timur. Surabaya.
- Al-Tarazi, E., Rajab, A.J., Al-Naqa, A., dan El-Waheidi, M. (2008), *Detecting Leachate Plumes and Groundwater Pollution at Ruseifa Municipal Landfill Utilizing VLF-EM Method*, Journal of Applied Geophysics 65 (2008) 121–131
- Anonim. 2016. *RPJMD Kabupaten Gresik Tahun 2016-2021*. BAPPEDA KAB GRESIK :Gresik
- Bosch, F.P. and Muller, I., 2001. *Continuous Gradient VLF Measurements: A New Possibility For High Resolution Mapping Of Karst Structure*. First Break, vol 19.6: 343-350.
- Fraser, D. C. 1969. Contouring of VLF-EM data. *Geophysics*, 34: 958-967.
- Guinon, J.L., Ortega, E., Anton, J.G., dan Herranz, V.P, 2007, *Moving Average and Savitzki-Golay Smoothing Filters Using Matchcad*, International Conference on Engineering Education, Coimbra, Portugal.
- Indriyani, D.D. 2014. Pemetaan Distribusi Aliran Bawah Tanah Menggunakan Metode Geofisika VLF (Very Low Frequency) Daerah Karst Pracimantoro Kabupaten Wonogiri. Skripsi Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Jeng, Y., Lin, M.-J., Chen, C.-S., Wang, Y.-H., 2—7. Noise Reduction and Data Recovery for a VLF Survey using a nonlinear Decomposition Methode, *Geophysics*, 5 72, F223-F235.
- Karous, M. and Hjelt, S. E. 1983. Linear filtering of VLF Dip-Angle measurements. *Geophys. Prospect.*, 31: 782-794.
- Loke, M. 2015. *Tutorial : 2-D and 3-D Electrical Imaging Surveys*. Malaysia : M.H. Loke.
- Mahardika, A., Muhammad D.Z., dan Akhmad A.L. (2010). *Mendeteksi Dampak Polutan Sampah Terhadap Air Tanah Permukiman di Sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) dengan Menggunakan Metode Geolistrik*. Program Kreativitas Mahasiswa-Gagasan Tertulis, Universitas Negeri Malang, Malang.
- Mahmudin, Imam & Yulinah T. 2013. *Potensi Ekonomi Timbunan Sampah di TPA Ngipik Kabupaten Gresik*. Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XIX : ISBN : 978-602-97491-8-2
- Monteiro Santos, F.A., Mateus, A., Figueiras, J., Goncalves, M.A., 2006. Mapping Groundwater Contamination Around a Landfill Facility Using the VLF-EM Methode – A case Study. *J. Appl. Geophys.* 60, 115-125.

- Parulian, Arif Ramos. 2007. *Metode Elektromagnetik Very Low Frequency (VLF) untuk Pendugaan Struktur Bawah Permukaan Lapangan Merah*. Universitas Padjajaran. Bandung.
- Prihastini, L. (2011). *Dampak Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Winongo Terhadap Kualitas Lingkungan Hidup, Jurnal Penelitian Kesehatan Suara Forikes 7 Volume II Nomer 1, Januari 2011 ISSN : 2086-3098*.
- Rehman, N. dan Mandic, D.P. *Filter Bank Property of Multivariate Empirical Mode Decomposition*. IEEE Transactions on Signal Processing, Vol. 59, 2011, hal. 2421-2426
- Reynolds, J.M. 2011. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics Second Edition*. New York: John Willey and Sons.
- Roberts J.J and Lin W. 1997. *Electrical Properties of Partially Saturated Topopah Spring Tuff : Water Distribution as a Function of Saturation Water*. Resource Research 33, p.577-587.
- Santos, Fernando A.M. at al. 2006. *Mapping groundwater contamination around a landfill facility using the VLF-EM method-A case study*. Centro de Geofisika da Universidade Lisboa. Lisbon.
- Singh, A., Sharma, S.P. 2016. *Interpretation of very low frequency electromagnetic measurement in terms of normalized current density over variable topography*. J.Appl. Geophys. 133, 82-91.
- Sukardi. (1992). *Peta Geologi Lembar Surabaya & Sapulu, Jawa*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Sumargana, L., dan Sulistijo, B. 2011. *Penggunaan Metode Very Low Frequency (VLF) untuk Pemetaan Penyebaran Kontaminan di TPA Pasir Impun, Kota Bandung*. BPPT . Bandung.
- Sungkono, Bahri, A.S., Warnana, D,D., Monteiro Santos,F.A., Santosa, B.J. 2014. *Fast, Simultaneous and Robust VLF-EM Data denoising and Recontruction Via Multivariate Empirical Mode Decompositiion*. Comput. Geosci. 67, 125-138.
- Suyanto, Imam. 2007. *Analisis Data VLF (Very Low Frequency) untuk Mengetahui Kemenerusan Pipa Gas Bawah Permukaan di Gresik, Jawa Timur*. Jurnal Fisika Indonesia
- Syamsuddin, F., Bakar M.A., Mala, N. 2012. *The Subsurface Resistivity Studies in Gampong Jawa Waste Disposal Banda Aceh*. Jurusan Fisika, Universitas Syiah Kuala. Banda Aceh.
- Taylor S.B and Barker R.D. 2002. *Resistivity of partially saturated Triassic Sandstone*. Geophysical Properties 50, P. 603-613.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., & Sheriff, R. 1990. *Applied Geophysics* (2<sup>nd</sup> ed.). New York: Cambridge University Press.
- Tofan, Mochamad.2008.*Pemodelan VLF-EM-VGRAD Aliran Sungai Bawah Permukaan*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.

Wulandari, R. S. 2015. *Identifikasi Pertambahan Persebaran Limbah Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Jatibarang Menggunakan Metode Geolistrik*. Skripsi, Universitas Negeri Semarang, Jurusan Fisika, Semarang.

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

## LAMPIRAN

### 1. Dokumentasi Pengukuran

#### 1. Akuisisi Dilapangan



Gambar 1. Pengukuran VLF di Lapangan

#### 2. Uji Resistivitas di Laboratorium



Gambar 2. Pengukuran skala Laboratorium

#### 3. Uji Sampel Air



Gambar 3. Pengukuran Uji Sampel Air

#### 4. Pengukuran Elevasi Muka Air Tanah



Gambar 4. Sumur Monitoring Kantor, Salah satu sumur yang dilakukan pengukuran untuk menentukan elevasi muka air tanah

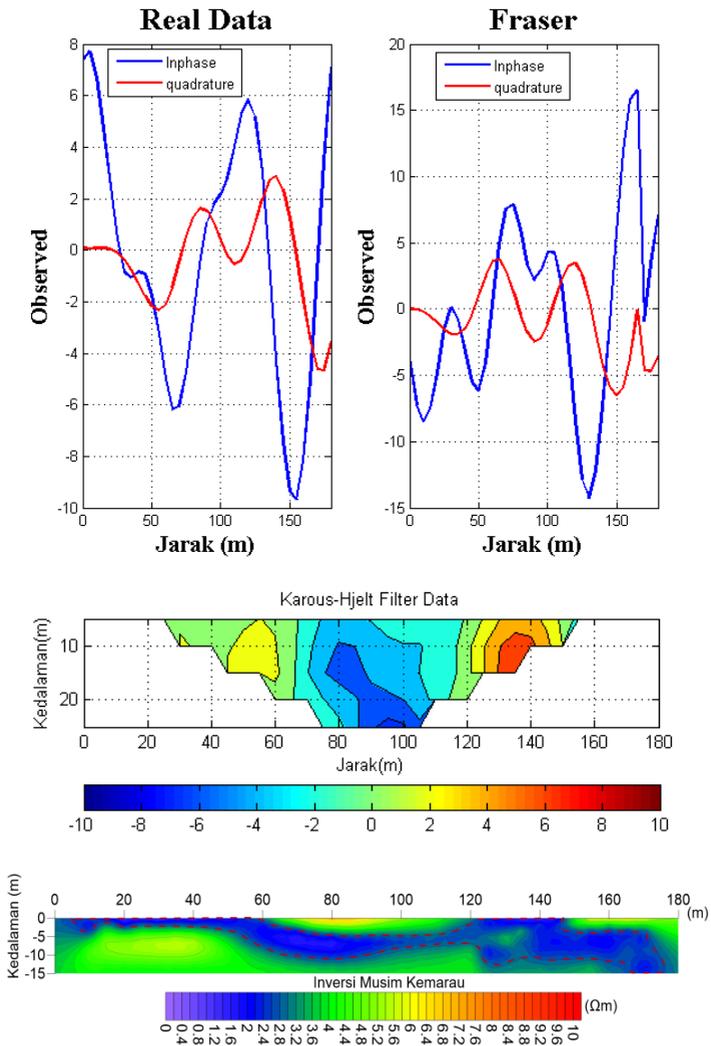
#### 5. Data Curah Hujan



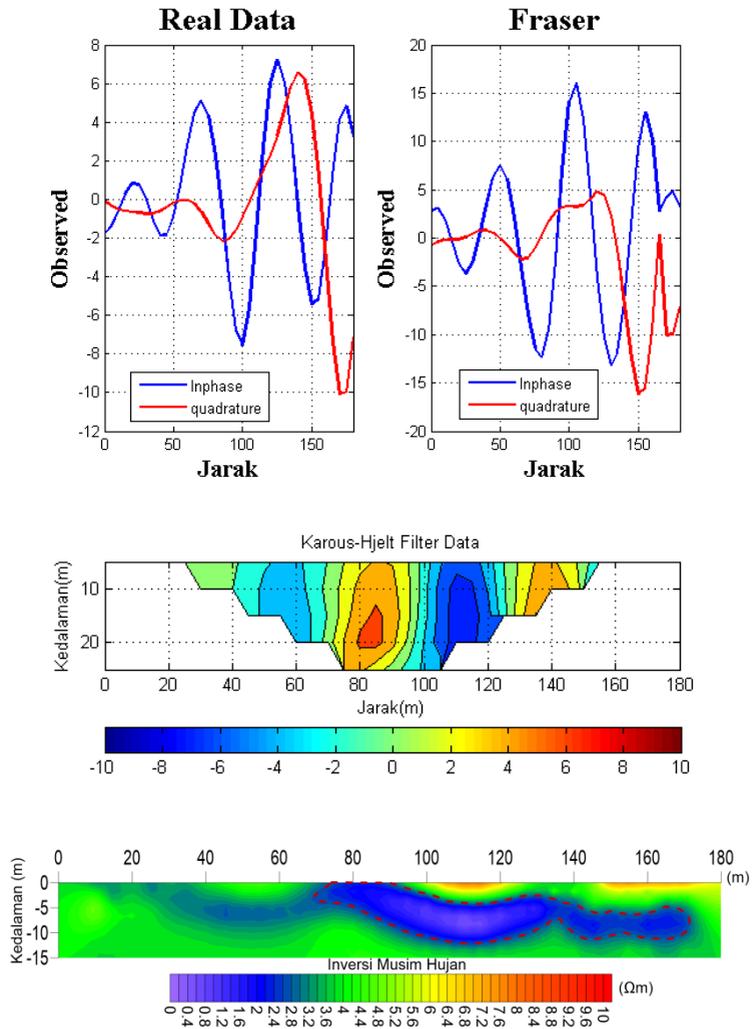
Gambar 5. Pengambilan Data Curah Hujan ke Stasiun Karangploso

## 2. Hasil Pengukuran VLF

### 1. Hasil VLF pada Lintasan 1

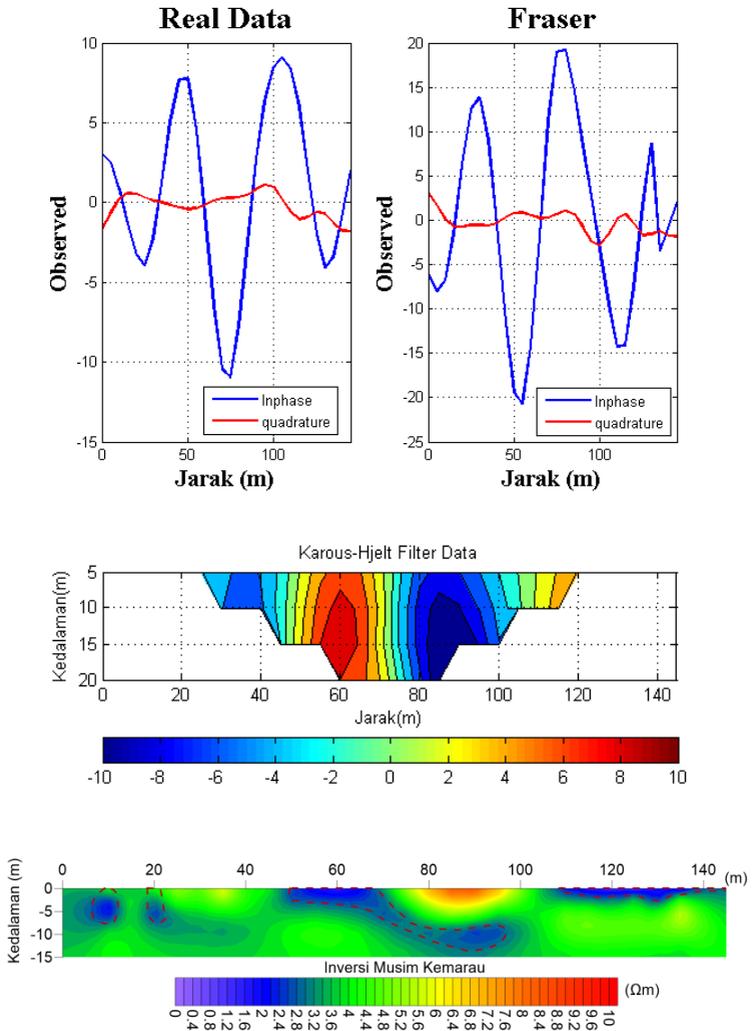


Gambar 1. Hasil Pengolahan data Lintasan 1 Musim Kemarau

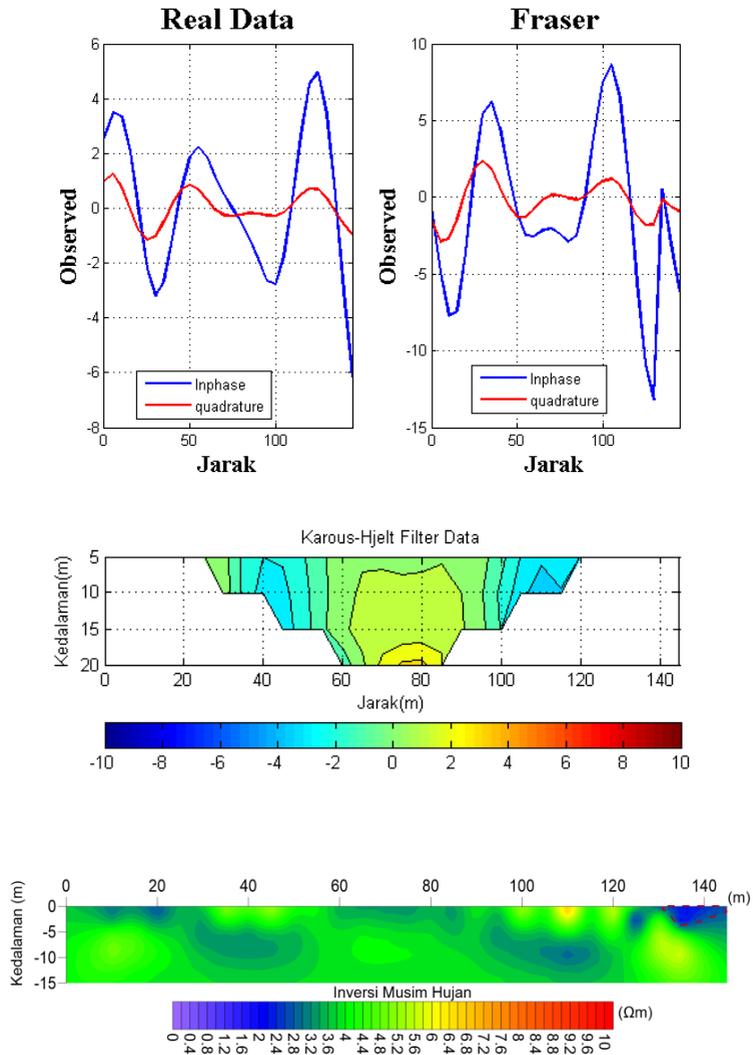


Gambar 2. Hasil Pengolahan data Lintasan 1 Musim Hujan

2. Hasil VLF pada Lintasan 2

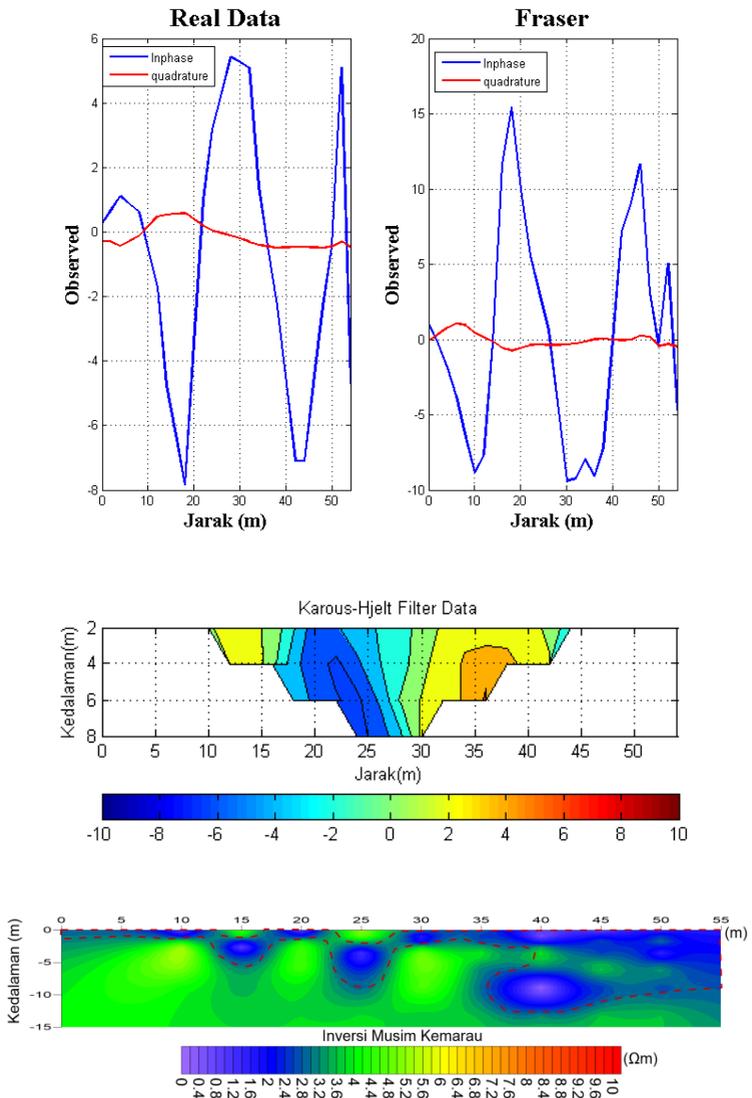


Gambar 3. Hasil Pengolahan data Lintasan 2 Musim Kemarau

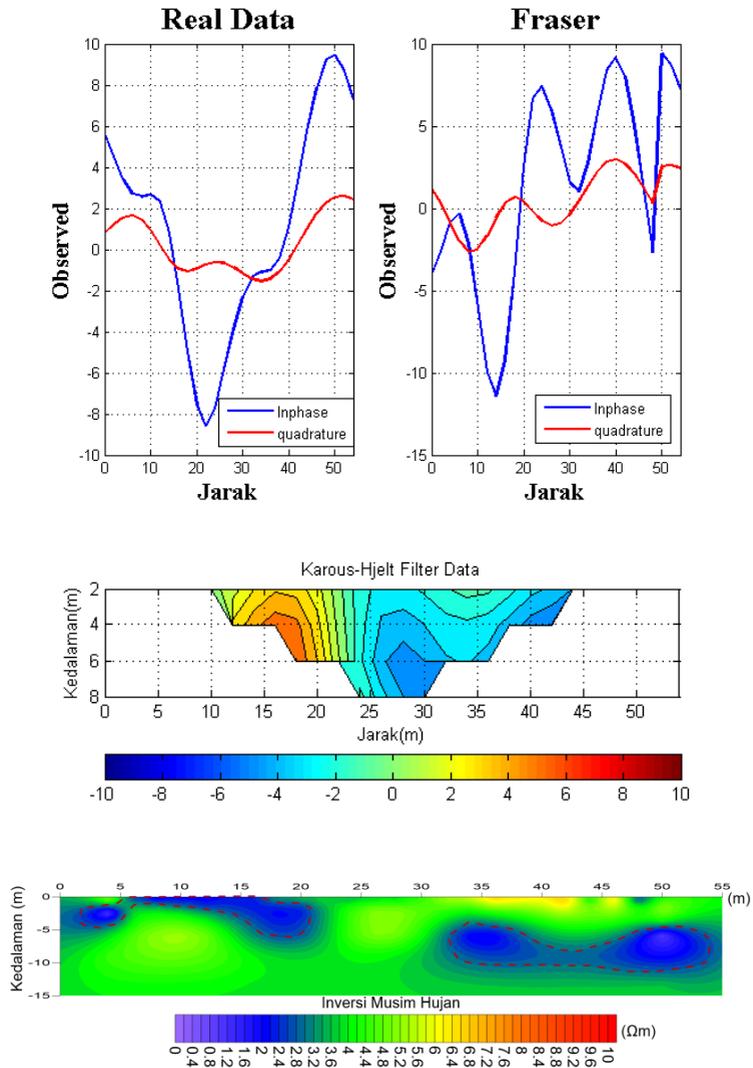


Gambar 4. Hasil Pengolahan data Lintasan 2 Musim Hujan

### 3. Hasil VLF pada Lintasan 3

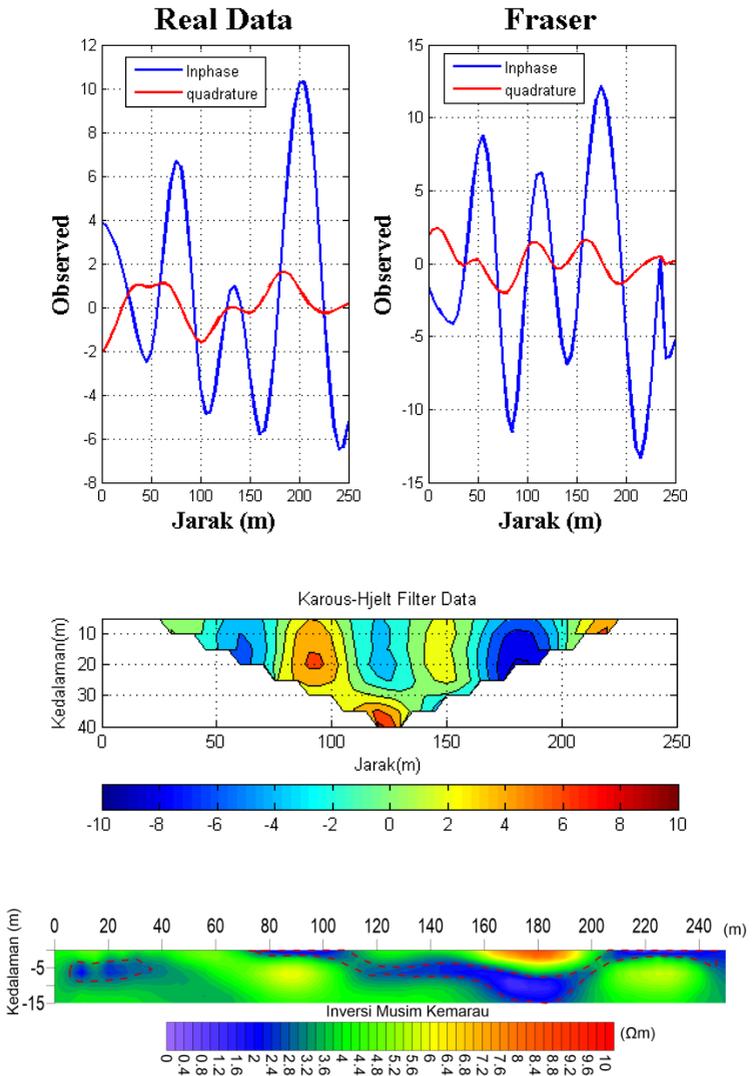


Gambar 5. Hasil Pengolahan data Lintasan 3 Musim Kemarau

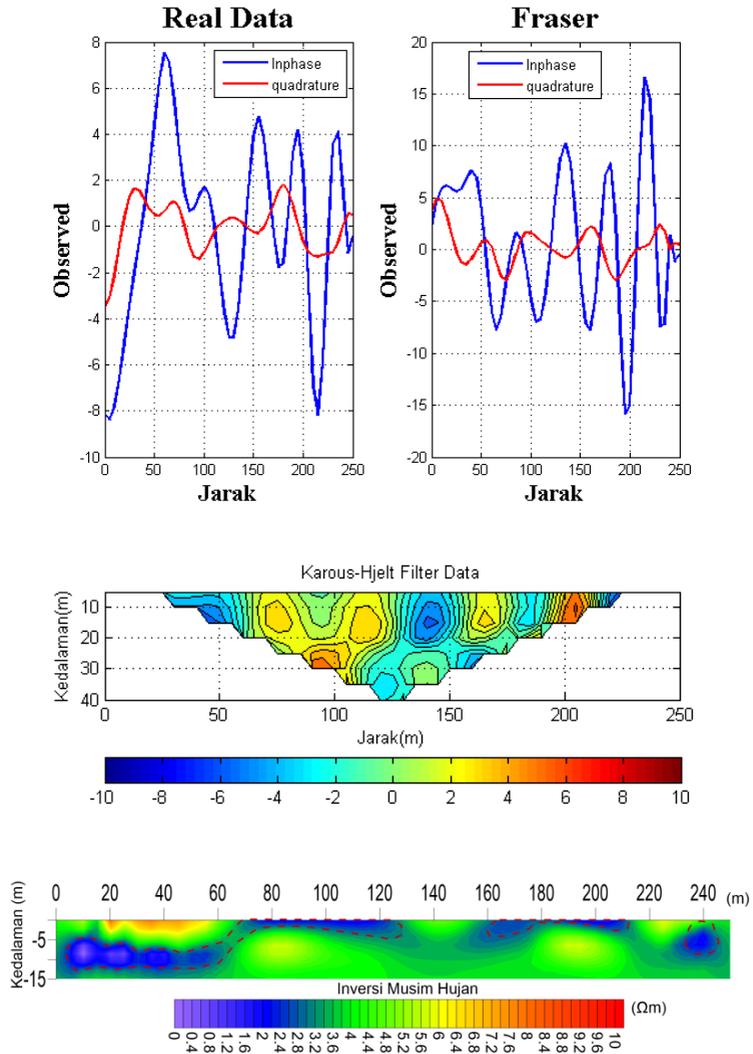


Gambar 6. Hasil Pengolahan data Lintasan 3 Musim Hujan

4. Hasil VLF pada Lintasan 4

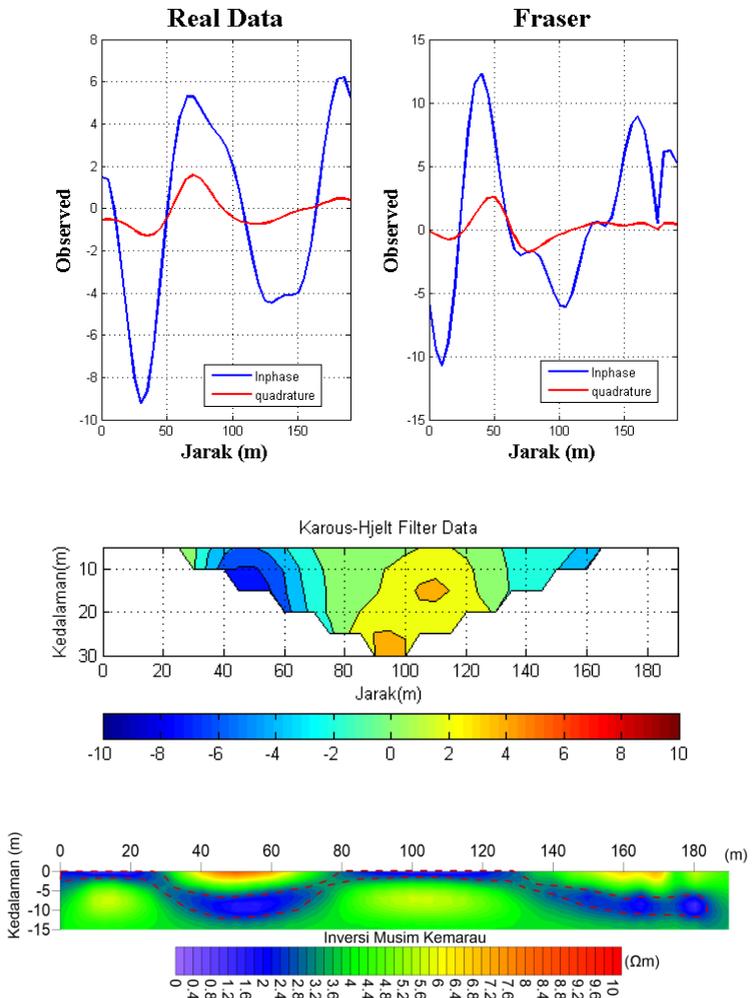


Gambar 7. Hasil Pengolahan data Lintasan 4 Musim Kemarau

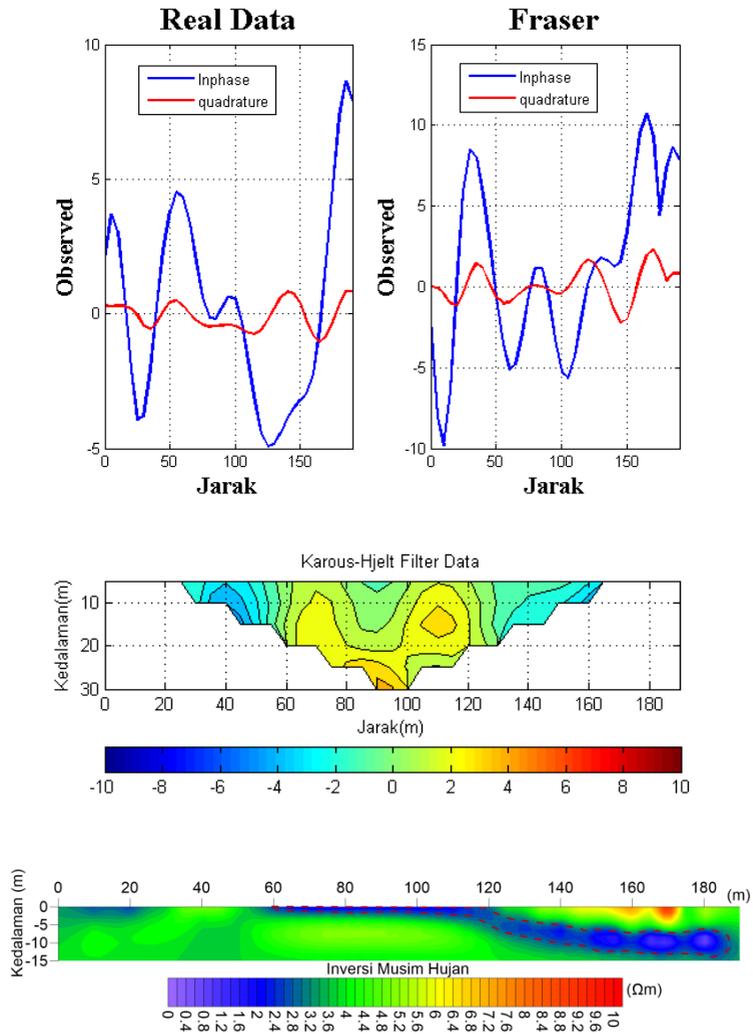


Gambar 8. Hasil Pengolahan data Lintasan 4 Musim Penghujan

5. Hasil VLF pada Lintasan 5

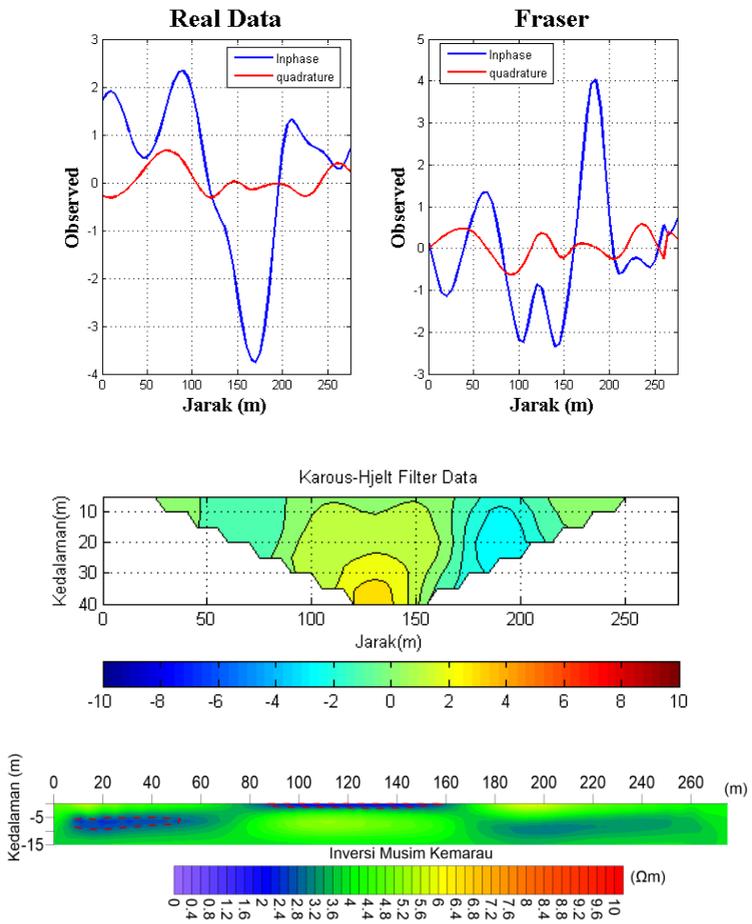


Gambar 9. Hasil Pengolahan data Lintasan 5 Musim Kemarau

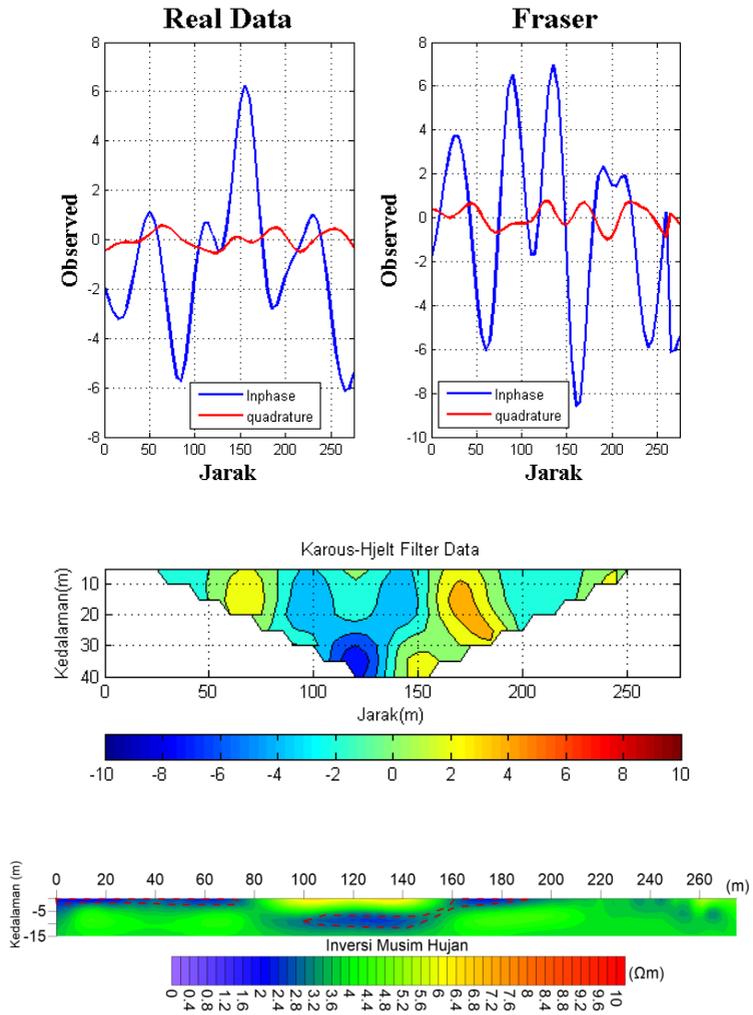


Gambar 10. Hasil Pengolahan data Lintasan 5 Musim Penghujan

6. Hasil VLF pada Lintasan 6

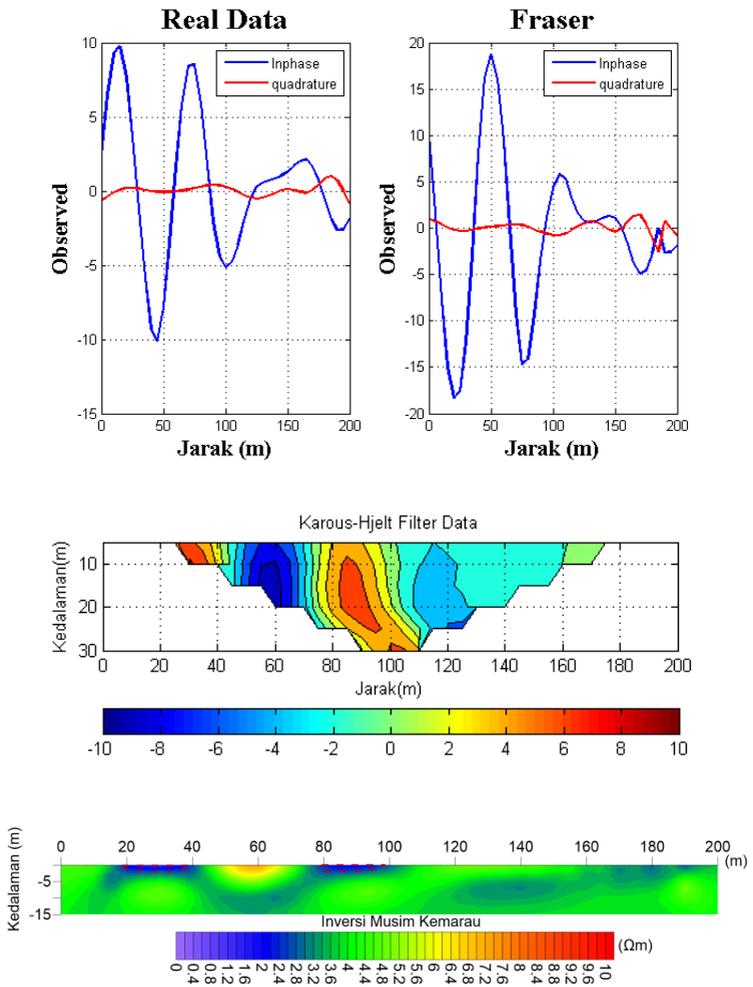


Gambar 11. Hasil Pengolahan data Lintasan 6 Musim kemarau

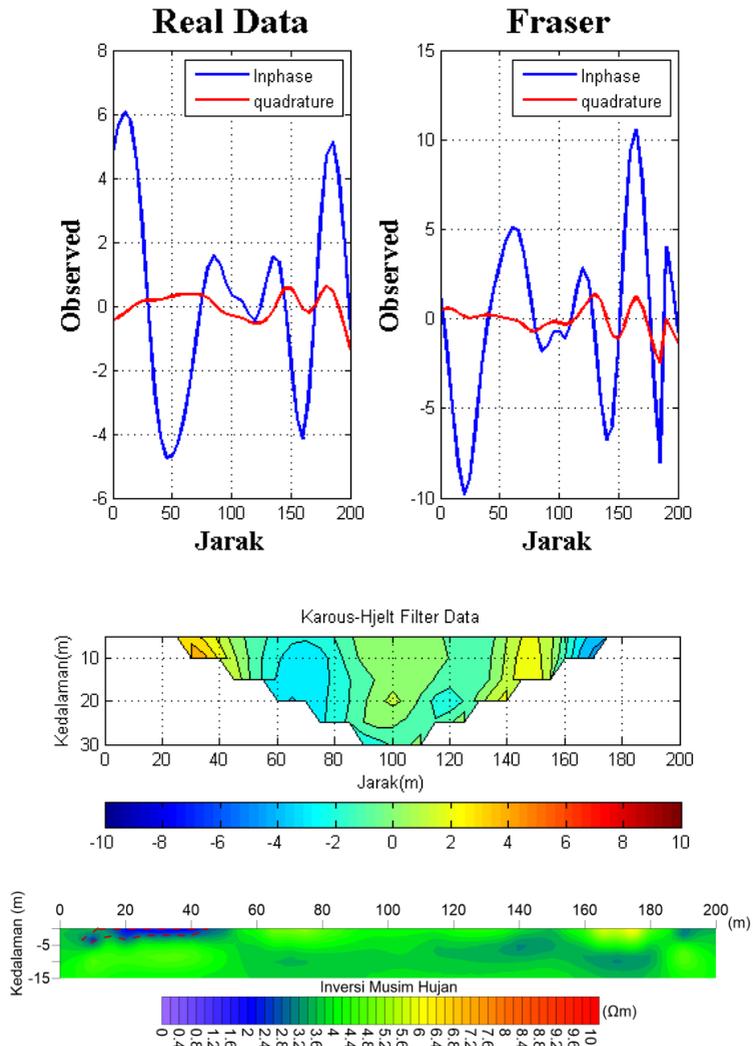


Gambar 12. Hasil Pengolahan data Lintasan 6 Musim Penghujan

7. Hasil VLF pada Lintasan 7

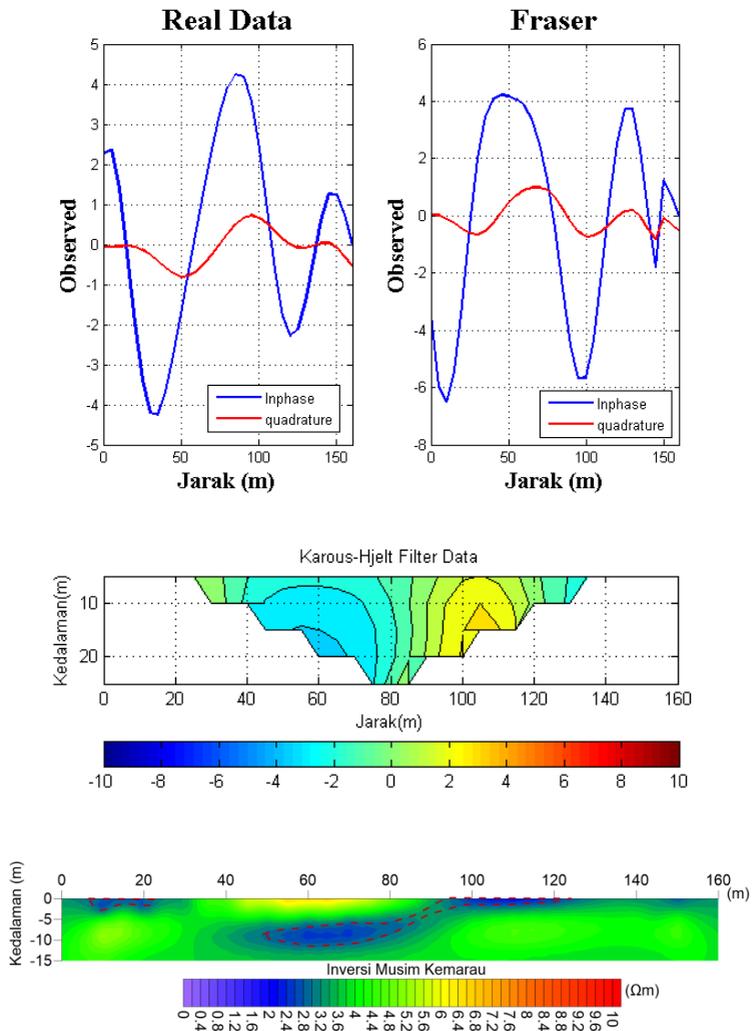


Gambar 13. Hasil Pengolahan data Lintasan 7 Musim Kemarau

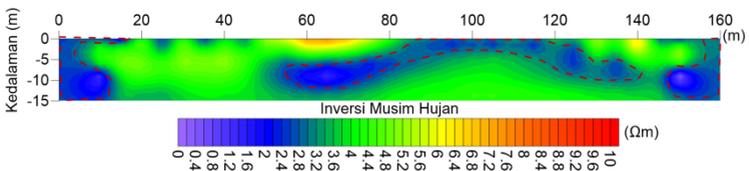
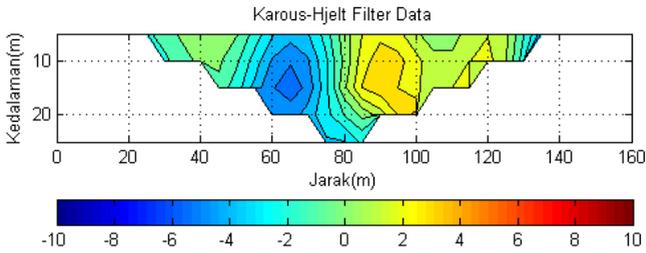
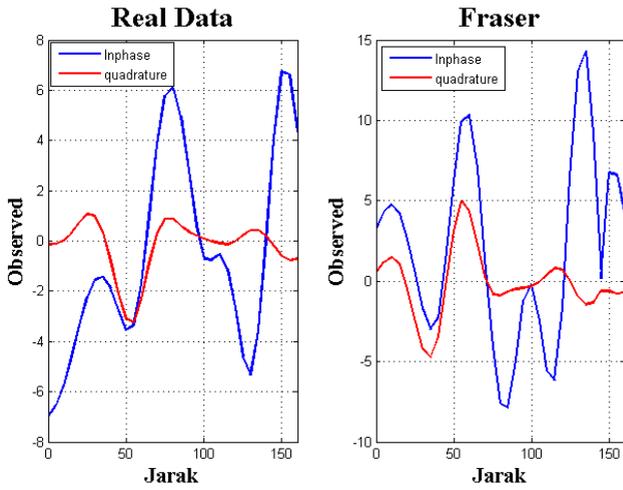


Gambar 14. Hasil Pengolahan data Lintasan 7 Musim Penghujan

8. Hasil VLF pada Lintasan 8

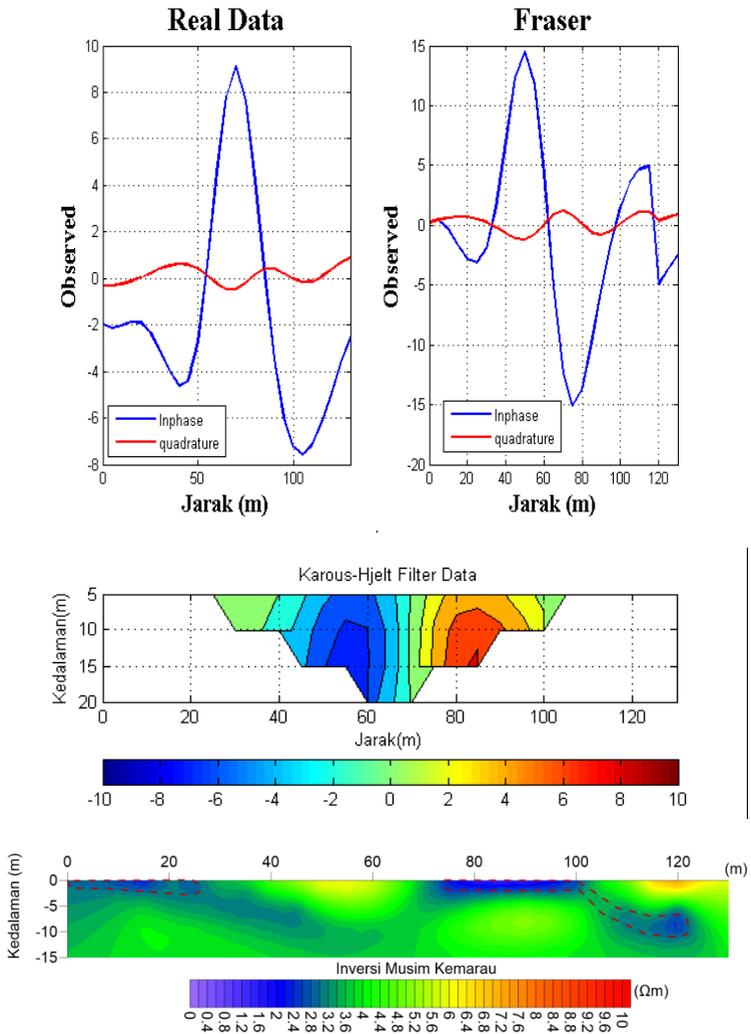


Gambar 15. Hasil Pengolahan data Lintasan 8 Musim Kemarau

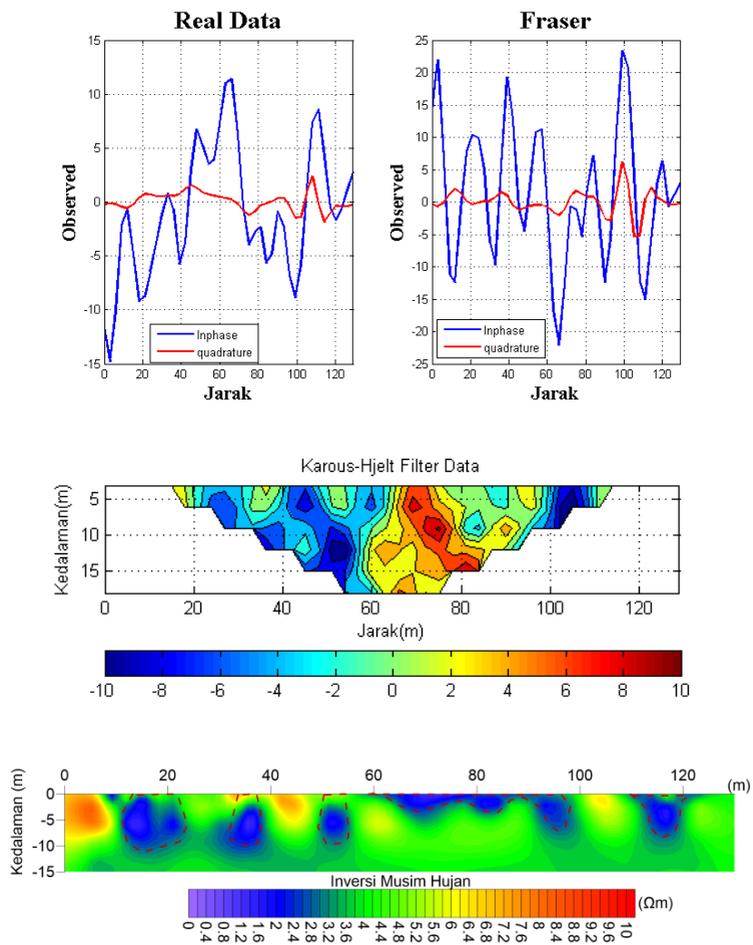


Gambar 16. Hasil Pengolahan data Lintasan 8 Musim Penghujan

9. Hasil VLF pada Lintasan 9

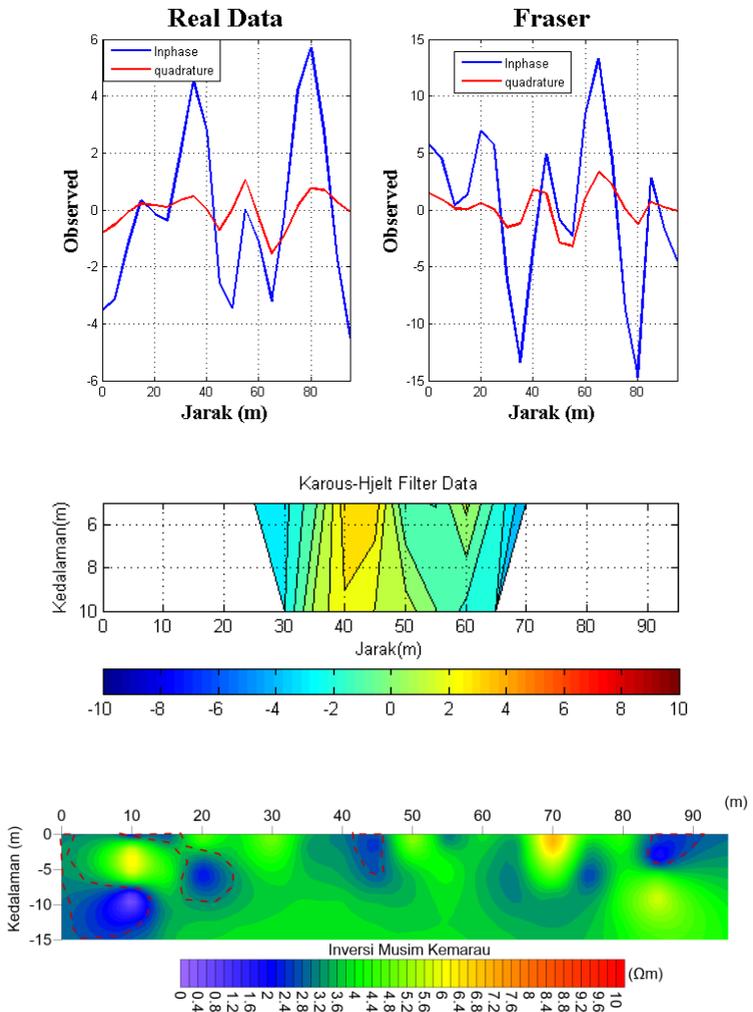


Gambar 17. Hasil Pengolahan data Lintasan 9 Musim Kemarau

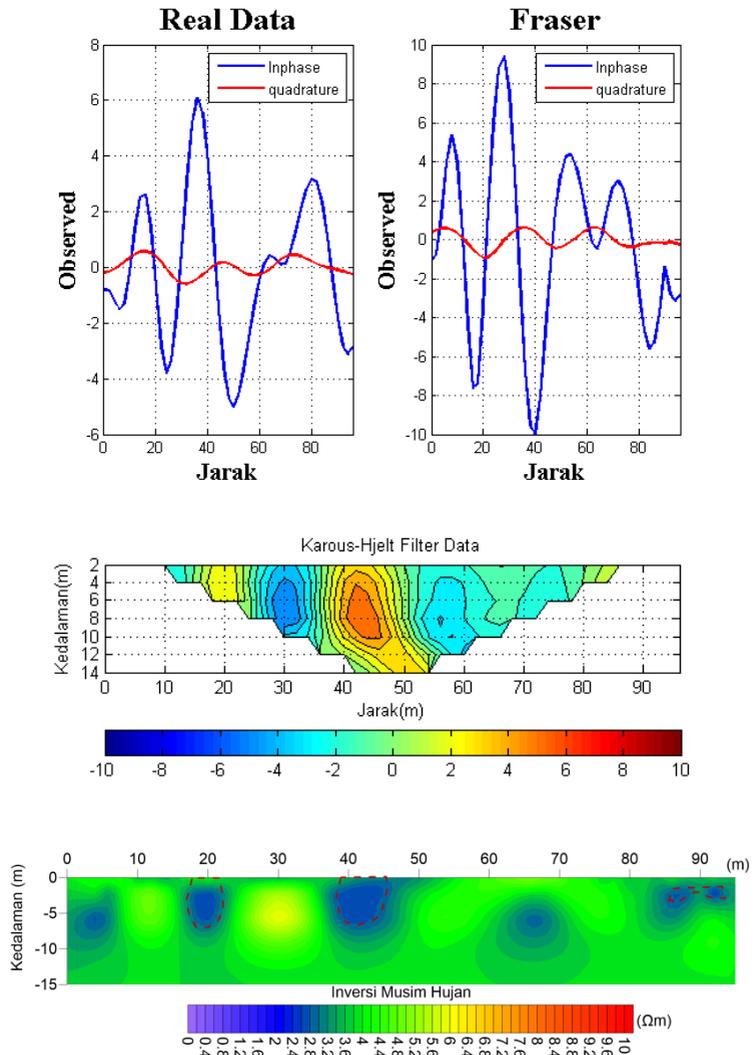


Gambar 4.18 Hasil Pengolahan data Lintasan 9 Musim Penghujan

10. Hasil VLF pada Lintasan 10

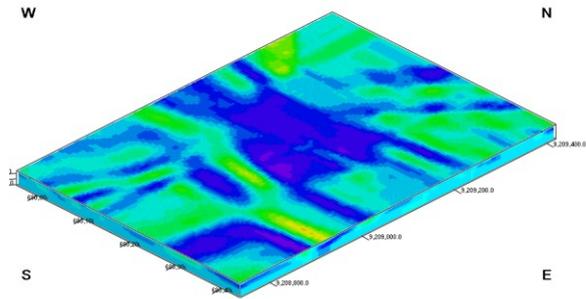


Gambar 4.19 Hasil Pengolahan data Lintasan 10 Musim Kemarau

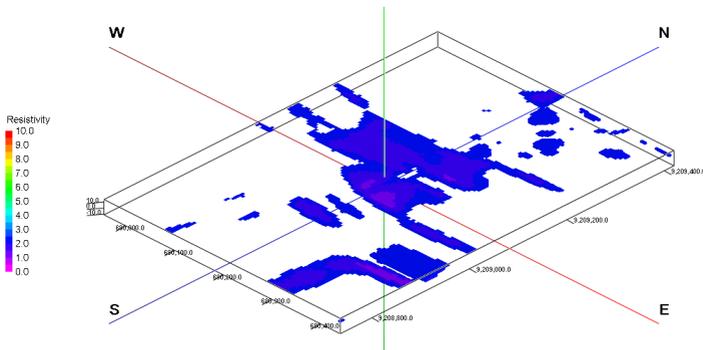


Gambar 20. Hasil Pengolahan data Lintasan 10 Musim Penghujan

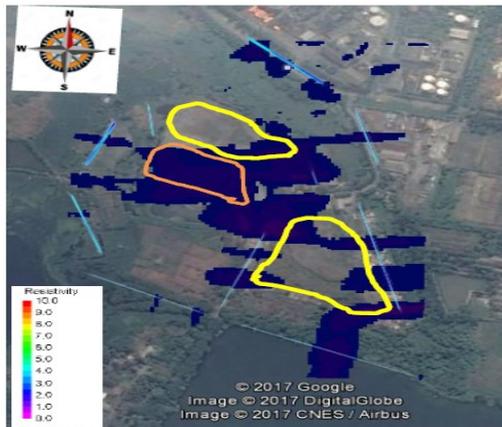
## 11. Hasil 3-Dimensi Musim Kemarau



Gambar 21. Hasil 3-Dimensi Pengukuran Musim Kemarau



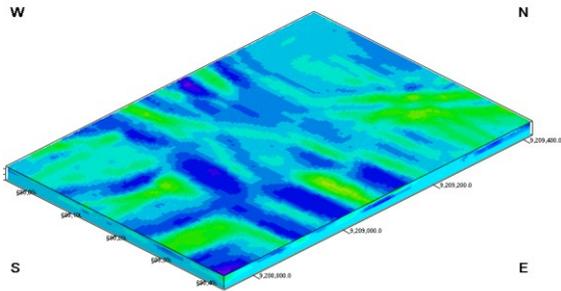
Gambar 22. Filtering daerah yang mengandung lindi (Resis 0,3-2,5  $\Omega$ m)



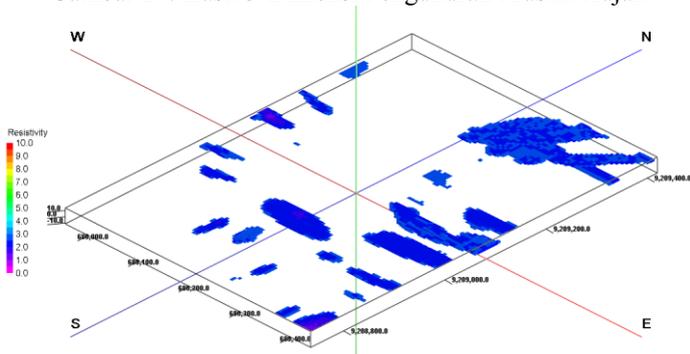
▭ Area Pembuangan Lama ( *overload* )    ▭ Air Lindi  
▭ Area Pembuangan Baru    ▭ Lintasan VLF

Gambar 23. Hasil Musim Kemarau di-*overlay* dengan map TPA Ngipik

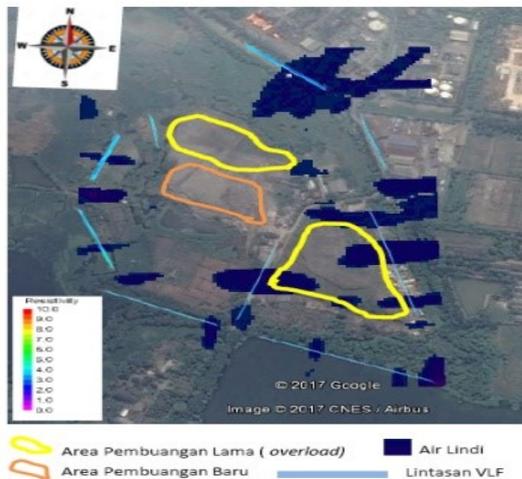
## 12. Hasil 3-Dimensi Musim Hujan



Gambar 24. Hasil 3-Dimensi Pengukuran Musim Hujan

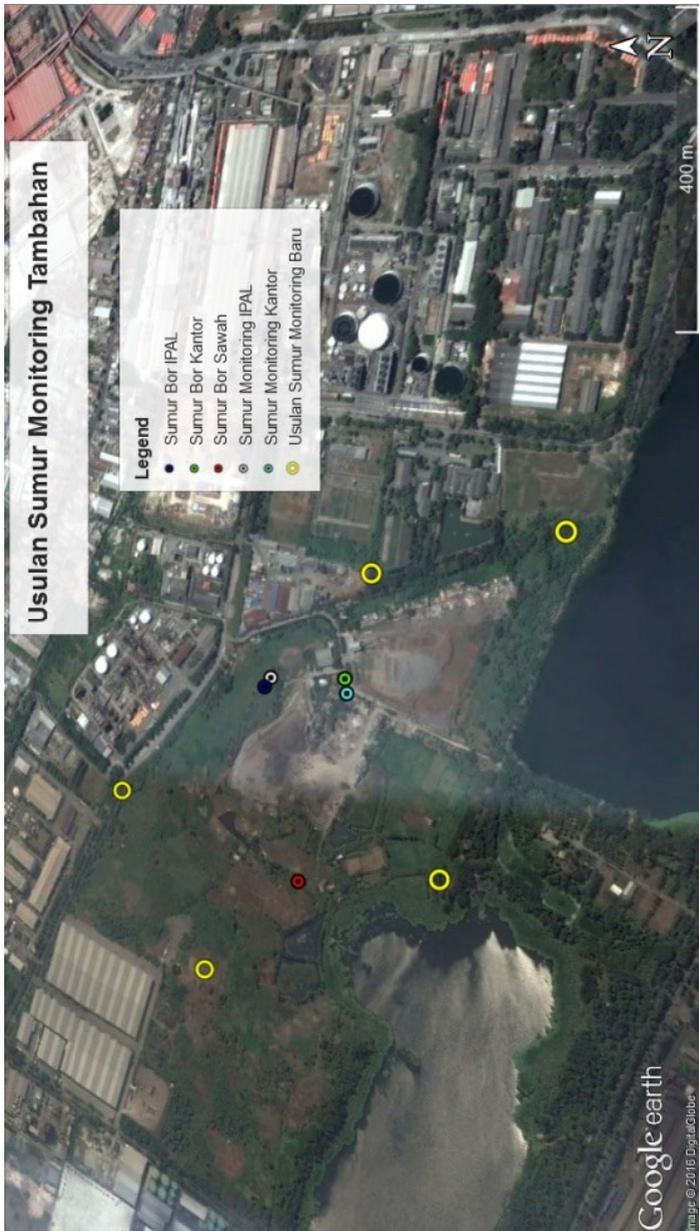


Gambar 25. Filtering daerah yang mengandung lindi (Resis 0,3-2,5  $\Omega$ m)



Gambar 26. Hasil Musim Hujan di-overlay dengan map TPA Ngipik

### 3. Usulan Penempatan Sumur Monitoring Tambahan



***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

## BIOGRAFI PENULIS



Penulis berasal dari Kampar Provinsi Riau yang melanjutkan pendidikannya ke Kota Pahlawan. Penulis pernah bersekolah di SD Negeri 046 Sawah (2001-2007), SMP Negeri 4 Kampar (2009-2010), SMA Negeri Plus Provinsi Riau (2010-2013) kemudian melanjutkan pendidikannya di Departemen Teknik Geofisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (2013- sekarang).

Selama kuliah penulis aktif diberbagai kegiatan mahasiswa baik didalam kampus maupun diluar kampus terutama dibidang kewirausahaan diantaranya sebagai Staff Departemen Kesejahteraan Anggota UKM-Badminton ITS 2014. Staff Departemen Internal ITS Open Se-Indonesia 2014. Ketua Departemen Dana Usaha UKM-Badminton 2015-2016. Staff Departemen Kewirausahaan HMGI 2015 dan penulis juga bergabung dalam Komunitas Pengusaha Kampus Indonesia.

Penulis juga aktif mengikuti untuk mengembangkan diri dibidang geofisika diantaranya ikut serta dalam Kuliah Lapangan Kabuh Jombang pada tahun 2014, Kuliah Lapangan Karangsembung 2014, Kuliah Lapangan di Wiranganom 2016, Kuliah Lapangan di Madura 2017, Kuliah Lapangan di Pacitan 2017. Bagi yang tertarik dengan topik tugas akhir ini, penulis dapat dihubungi melalui email [13khairulyadi@gmail.com](mailto:13khairulyadi@gmail.com).