



TUGAS AKHIR - RF141501

**PENERAPAN METODE *VERY LOW FREQUENCY ELECTROMAGNETIC* (VLF-EM) UNTUK MENDETEKSI REKAHAN PADA DAERAH TANGGULANGIN, SIDOARJO**

MUHAMMAD SHAFRAN SHOFYAN  
NRP - 3712 100 026

Dosen Pembimbing

Anik Hilyah, S.Si, MT  
NIP. 19790813 200812 2002

Juan Pandu G.N.R, S.Si, MT  
NIP - 19890612 201504 1003

JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
Surabaya 2016

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***



UNDERGRADUATE THESIS - RF141501

**APPLICATION OF VERY LOW FREQUENCY  
ELECTROMAGNETIC (VLF-EM) METHOD TO DETECT  
FRACTURE IN TANGGULANGIN, SIDOARJO**

MUHAMMAD SHAFRAN SHOFYAN  
NRP - 3712 100 026

Advisors

Anik Hilyah, S.Si, MT  
NIP. 19790813 200812 2002

Juan Pandu G.N.R, S.Si, MT  
NIP - 19890612 201504 1003

JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
Surabaya 2016

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

**PENERAPAN METODE *VERY LOW FREQUENCY*  
*ELECTROMAGNETIC* (VLF-EM) UNTUK  
MENDETEKSI REKAHAN PADA DAERAH  
TANGGULANGIN, SIDOARJO**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
Untuk memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada  
Jurusan Teknik Geofisika  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya, 28 Juli 2016

Menyetujui :

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2,

Anik Hilyah, S.Si, MT  
NIP. 19790813 200812 2002

Juan Pandu G.N.R, S.Si, MT  
NIP. 19890612 201504 1003



Mengetahui :  
Kepala Laboratorium  
Petrofisika

Wien Lestari, ST, MT  
NIP. 19811002 201212 2003

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

## **PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR**

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul “PENERAPAN METODE *VERY LOW FREQUENCY ELECTROMAGNETIC* (VLF-EM) UNTUK MENDETEKSI REKAHAN PADA DAERAH TANGGULANGIN, SIDOARJO” 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, 28 Juli 2016

Muhammad Shafran Shofyan  
Nrp 3712100026

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***



# **PENERAPAN METODE VERY LOW FREQUENCY ELECTROMAGNETIC (VLF-EM) UNTUK MENDETEKSI REKAHAN PADA DAERAH TANGGULANGIN, SIDOARJO**

Nama Mahasiswa : Muhammad Shafran Shofyan  
NRP : 3712 100 026  
Jurusan : Teknik Geofisika ITS  
Dosen Pembimbing : Anik Hilyah, S.Si, MT  
Juan Pandu G.N. R, S.Si, MT

## **ABSTRAK**

Pengeboran sumur gas baru milik PT. Lapindo Brantas yang berada di Tanggulangin, Sidoarjo dinilai memiliki risiko yang tinggi, hal ini berdasarkan kondisi geologi dan pergerakan lempeng tektonik daerah Sidoarjo, dimana daerah Sidoarjo sangat rentan terhadap terjadinya erupsi lumpur panas. Selain itu, peristiwa meluapnya lumpur panas di Porong, Sidoarjo menyebabkan tanah di sekitar Sidoarjo memiliki banyak rekahan yang berpotensi dapat memperluas daerah semburan lumpur. Oleh sebab itu, perlu dilakukan penelitian yang berjudul “Penerapan Metode *Very Low Frequency Electromagnetic* (VLF-EM) Untuk Mendeteksi Rekahan Pada Daerah Tanggulangin, Sidoarjo” yang bertujuan untuk mendeteksi rekahan yang berada di daerah pengeboran sumur gas baru PT. Lapindo di Tanggulangin, Sidoarjo. Metode VLF-EM digunakan karena metode ini efektif untuk melakukan pemetaan kondisi bawah permukaan seperti rekahan dan patahan dengan penetrasi kedalaman sekitar 50 meter. Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, diketahui bahwa daerah pengeboran sumur gas baru milik Lapindo terdapat banyak rekahan yang memiliki arah Barat Daya-Timur Laut. Dengan banyaknya rekahan ini, pengeboran sumur gas baru milik PT. Lapindo sangat berisiko karena dapat menyebabkan penurunan tanah di daerah sekitar dan dikhawatirkan dapat memperluas semburan lumpur panas pada daerah tersebut.

Kata Kunci : Lumpur Panas, Rekahan, Sumur Gas Lapindo, VLF-EM

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

# **APPLICATION OF VERY LOW FREQUENCY ELECTROMAGNETIC (VLF-EM) METHOD TO DETECT FRACTURE IN TANGGULANGIN, SIDOARJO**

Name of Student : Muhammad Shafran Shofyan  
Student ID Number : 3712 100 026  
Department : Teknik Geofisika ITS  
Advisor Lecture : Anik Hilyah, S.Si, MT  
Juan Pandu G.N. R, S.Si, MT

## **ABSTRACT**

PT. Lapindo Brantas's new gas well drilling that is located in Tanggulangin Sidoarjo has a high risk because based on its geologic condition and tectonic plates movement, Sidoarjo is susceptible of mud volcano eruption. Furthermore, the overflow of mud volcano eruption in Porong, Sidoarjo caused land in the area around Sidoarjo has numerous fractures, potentially expanding area of the mudflow. This fact leads us to observe more about it and make a paper named "Application of Very Low Frequency Electromagnetic (VLF-EM) Method to Detect Fracture in Tanggulangin, Sidoarjo". This observation aims to know and learn more about to detect fractures in the area of PT. Lapindo Brantas's new gas well drilling. VLF- EM Method used for this observe because this method effective for mapping subsurface condition, for example: fault and fracture in the depth of 50 meters. Based on the observation result, it is known that there are lot of fractures on the area of interest that have directions Southwestern-Northeast. Fractures show PT. Lapindo Brantas's new gas well drilling is very risk because it can lead to decreased land deeper and feared to expand the mudflow in Sidoarjo area.

Keyword : Fractures, Mud Volcano, New Gas owned by PT. Lapindo, VLF-EM

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT karena atas rahmat-Nya laporan Tugas Akhir yang berjudul “PENERAPAN METODE VERY LOW FREQUENCY ELECTROMAGNETIC (VLF-EM) UNTUK MENDETEKSI REKAHAN PADA DAERAH TANGGULANGIN, SIDOARJO” ini dapat terselesaikan.

Pelaksanaan dan penyusunan Laporan Tugas Akhir ini dapat terlaksanakan dengan baik, tidak terlepas dari bimbingan, bantuan, dan dukungan berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ayah, Ibu, Mas Dhani, dan semua keluarga berkat dukungan moril maupun materi selama penulis menjalani tugas akhir ini.
2. Bapak Dr. Widya Utama, DEA selaku ketua jurusan Teknik Geofisika ITS.
3. Ibu Anik Hilyah S.Si, MT dan Mas Juan Pandu G.N.R, S.Si, MT, selaku pembimbing di perguruan tinggi yang telah meluangkan banyak waktu untuk memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis.
4. Ilham, Wafi, Alif, dan Mas Nanang yang telah membantu dalam pengambilan data VLF-EM dilapangan.
5. 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.
6. Seluruh teman-teman Teknik Geofisika ITS angkatan 2012 atas semangat dan dukungannya.
7. Semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat dituliskan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa penulisan dan hasil tugas akhir ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga tugas akhir ini membawa manfaat bagi penulis pribadi maupun bagi pembaca.

Surabaya, 28 Juli 2016

**Muhammad Shafran Shofyan**

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR .....	v
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....	vii
ABSTRAK .....	ix
ABSTRACT .....	xi
KATA PENGANTAR .....	xiii
DAFTAR ISI .....	xv
DAFTAR GAMBAR .....	xvii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	2
1.3. Batasan Masalah .....	2
1.4. Tujuan Penelitian .....	2
1.5. Manfaat Penelitian .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1. Geologi Regional .....	5
2.2. Metode <i>Very Low Frequency Electromagnetic</i> (VLF-EM) ...	9
2.3. Filter Moving Average .....	13
2.4. Multivariate Empirical Mode Decomposition (MEMD) .....	13
2.5. Inversi .....	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	17
3.1. Lokasi Penelitian .....	17
3.2. Peralatan dan Data .....	18
3.2.1. Data .....	18

3.2.2.	Peralatan .....	18
3.3.	Metodologi Penelitian .....	19
3.3.1.	Tahapan Pelaksanaan Penelitian.....	19
3.3.2.	Tahapan Pengolahan Data .....	22
<b>BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>29</b>
4.1.	Analisis dan Pembahasan Lintasan 1 .....	29
4.2.	Analisis dan Pembahasan Lintasan 2 .....	34
4.3.	Analisis dan Pembahasan Lintasan 3 .....	36
4.4.	Analisis dan Pembahasan Lintasan 4 .....	37
4.5.	Analisis dan Pembahasan Lintasan 5 .....	40
4.6.	Analisis dan Pembahasan Lintasan 6 .....	43
4.7.	Analisis dan Pembahasan Lintasan 7 .....	44
4.8.	Analisis dan Pembahasan Lintasan 8 .....	45
4.9.	Analisis dan Pembahasan Lintasan 9 .....	46
4.10.	Analisis dan Pembahasan Lintasan 10 .....	48
4.11.	Analisis dan Pembahasan Lintasan 11 .....	49
4.12.	Analisis dan Pembahasan Lintasan 12 .....	50
4.13.	Analisis dan Pembahasan Lintasan 13 .....	51
4.14.	Analisis dan Pembahasan Lintasan 14 .....	53
4.15.	Analisis Rekahan .....	54
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>59</b>
5.1.	Kesimpulan .....	59
5.2.	Saran.....	59
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>61</b>
<b>PROFIL PENULIS .....</b>		<b>63</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Zona Stratigrafi dan Struktur Menurut van Bemmelen, 1949. (Smyth et al, 2005).....	6
Gambar 2. 2 Peta Geologi dan Persebaran <i>Mud Vulcano</i> di Jawa Timur. Daerah-daerah di Jawa Timur yang terdapat <i>Mud Vulcano</i> ditunjukkan dengan titik merah sedangkan <i>Mud Vulcano</i> yang terjadi di Sidoarjo ditunjukkan dengan titik biru. (Bapel BPLS 2010-2014).....	8
Gambar 2. 3 Macam-macam gelombang yang dipancarkan oleh antena pemancar dan gelombang yang diterima oleh <i>receiver</i> . (Ramos, 2007)	10
Gambar 2. 4 Prinsip Pengukuran dan Perhitungan Nilai <i>Inphase</i> dan <i>Quadrature</i> (Dita Dewi I, 2014).....	12
Gambar 3. 1 Daerah Penelitian yang berada di kotak garis merah dengan koordinat $7^{\circ}29'40.60''$ S - $7^{\circ}30'33.02''$ S dan $112^{\circ}42'43.39''$ E - $112^{\circ}45'02.17''$ E (Google Earth 2016).....	17
Gambar 3. 2 Alat VLF-EM yaitu ENVI VLF dibuat oleh Scintrex .....	18
Gambar 3. 3 Diagram Alir Tahapan Pelaksanaan Penelitian .....	19
Gambar 3. 4 Desain akuisisi yang digunakan pada penelitian ini. Lintasan yang digunakan sebanyak 14 lintasan.....	21
Gambar 3. 5 Diagram Alir Tahapan Pengolahan Data .....	22
Gambar 3. 6 Hasil <i>filter moving average</i> pada lintasan 11. (a) Data <i>Inphase</i> (b) Data <i>Quadrature</i> . Garis merah putus-putus merupakan data awal pengukuran, sedangkan garis biru merupakan hasil dari <i>filter moving average</i> . .....	24
Gambar 3. 7 Hasil IMFs pada data lintasan 11. Data <i>Inphase</i> (kiri), Data <i>Quadrature</i> (kanan).....	25
Gambar 3. 8 Hasil penjumlahan dari IMF2, IMF3, dan IMF4 .....	26
Gambar 3. 9 Tampilan pada <i>software</i> PrepVLF-v1 beserta keterangannya. ....	27
Gambar 3. 10 Tampilan pada <i>software</i> Inv2DVLF-v1 serta keterangannya. ....	28
Gambar 4. 1 (a) Data hasil inversi dengan data observasi, (b) Penampang Resistivity Lintasan 1 Bagian 1	30

Gambar 4. 2 Hubungan antara data <i>inphase</i> dan <i>quadrature</i> dengan model penampang resistivitas	31
Gambar 4. 3 (a) Data hasil inversi dengan data observasi, (b) Penampang Resistivity Lintasan 1 Bagian 2	32
Gambar 4. 4 (a) Data hasil inversi dengan data observasi, (b) Penampang Resistivity Lintasan 1 Bagian 3	33
Gambar 4. 5 (a) Data hasil inversi dengan data observasi, (b) Penampang Resistivity Lintasan 2 Bagian 1	35
Gambar 4. 6 (a) Data hasil inversi dengan data observasi, (b) Penampang Resistivity Lintasan 2 Bagian 2	36
Gambar 4. 7 (a) Data hasil inversi dengan data observasi, (b) Penampang Resistivity Lintasan 3	37
Gambar 4. 8 (a) Data hasil inversi dengan data observasi, (b) Penampang Resistivity Lintasan 4 bagian 1	38
Gambar 4. 9 (a) Data hasil inversi dengan data observasi, (b) Penampang Resistivity Lintasan 4 bagian 2	39
Gambar 4. 10 (a) Data hasil inversi dengan data observasi, (b) Penampang Resistivity Lintasan 4 bagian 3	40
Gambar 4. 11 (a) Data hasil inversi dengan data observasi, (b) Penampang Resistivity Lintasan 5 Bagian 1	41
Gambar 4. 12 (a) Data hasil inversi dengan data observasi, (b) Penampang Resistivity Lintasan 5 Bagian 2	42
Gambar 4. 13 (a) Data hasil inversi dengan data observasi, (b) Penampang Resistivity Lintasan 6	43
Gambar 4. 14 (a) Data hasil inversi dengan data observasi, (b) Penampang Resistivity Lintasan 7	44
Gambar 4. 15 (a) Data hasil inversi dengan data observasi, (b) Penampang Resistivity Lintasan 8 (garis hitam = rekahan)	45
Gambar 4. 16 (a) Data hasil inversi dengan data observasi, (b) Penampang Resistivity Lintasan 9 bagian 1	47
Gambar 4. 17 (a) Data hasil inversi dengan data observasi, (b) Penampang Resistivity Lintasan 9 bagian 2	47
Gambar 4. 18 (a) Data hasil inversi dengan data observasi, (b) Penampang Resistivity Lintasan 10	48

Gambar 4. 19 (a) Data hasil inversi dengan data observasi, (b) Penampang Resistivity Lintasan 11	49
Gambar 4. 20 (a) Data hasil inversi dengan data observasi, (b) Penampang Resistivity Lintasan 12	50
Gambar 4. 21 (a) Data hasil inversi dengan data observasi, (b) Penampang Resistivity Lintasan 13 Bagian 1	51
Gambar 4. 22 (a) Data hasil inversi dengan data observasi, (b) Penampang Resistivity Lintasan 13 Bagian 2	53
Gambar 4. 23 (a) Data hasil inversi dengan data observasi, (b) Penampang Resistivity Lintasan 14	54
Gambar 4. 24 Penampang resistivitas lintasan 3 (atas). Rekahan yang terlihat di permukaan pada lintasan 3 pada jarak profil pengukuran 85-95 meter memiliki arah rekahan Barat Daya- Timur Laut (bawah).	55
Gambar 4. 25 Penampang resistivitas lintasan 6 (atas). Rekahan yang terlihat di permukaan pada lintasan 6 pada jarak profil pengukuran 140-150 meter memiliki arah rekahan Barat Daya- Timur Laut (bawah).	55
Gambar 4. 26 Penampang resistivitas lintasan 4 bagian 3 (atas). Rekahan yang terlihat di permukaan pada lintasan 4 bagian 3 pada jarak profil pengukuran 95-110 meter dari total panjang lintasan 4 memiliki arah rekahan Barat Daya- Timur Laut (bawah)	56
Gambar 4. 27 Hasil penggabungan penampang resistivitas dari setiap lintasan pengukuran untuk mengetahui posisi-posisi rekahan pada peta daerah Tanggulangin, Sidoarjo.	57

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

*Mud volcano* yang sering dikenal dengan sedimentasi vulkano atau gunung lumpur merupakan endapan lumpur yang mempunyai densitas lebih ringan dari batuan sekitarnya, memiliki mobilitas yang tinggi, dan muncul kepermukaan melalui bidang lemah seperti pada sesar dan rekahan-rekahan berbentuk kerucut. Di Indonesia sendiri *mud volcano* merupakan kondisi geologi yang umum terjadi di bagian utara Pulau Jawa dan Pulau Madura (Satyana et al, 2008). Seperti contohnya *mud volcano* Gunung Anyar terjadi di puncak antiklin Guyangan, *mud volcano* Bleduk Kuwu terletak di puncak antiklin Purwodadi, dan gunung lumpur Sidoarjo yang berada di perpanjangan struktur antiklin Sekarputih dan Buja Tase', Madura.

Seperti yang diketahui bahwa sejak tahun 2006 daerah Sidoarjo terdapat peristiwa menyemburnya lumpur panas pada jarak 200 m dari sumur pemboran Banjar Panji 1 di Desa Siring, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Peristiwa ini dikenal dengan nama Banjir Lumpur Panas Sidoarjo atau Lumpur Sidoarjo (LUSI) atau Lumpur Lapindo karena pemboran sumur dilakukan oleh PT Lapindo Brantas. Semburan utama sampai sejauh ini tingkat semburannya sudah mulai stabil. Namun, disisi lain semburan-semburan kecil kerap kali terjadi karena terdapatnya aktivitas tektonik yang menimbulkan rekahan atau patahan. Pada tahun 2016 ini, PT Lapindo Brantas berencana untuk melakukan pengeboran dua sumur gas baru di Desa Kedungbanteng, Kecamatan Tanggulangin, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Lokasi ini berada sekitar dua setengah kilometer di sisi utara dari pusat semburan utama Porong. Pengeboran ini dinilai memiliki resiko yang tinggi, karena dikhawatirkan dapat memperluas semburan lumpur tersebut. Sehingga untuk mengetahui kondisi geologi bawah permukaan di daerah sekitar semburan utama dan daerah dekat dengan pengeboran dua sumur baru diperlukan metode geofisika yang diharapkan dapat memberikan gambaran kondisi geologinya (Budiono et al, 2010). Metode geofisika yang bisa dipakai untuk mengetahui kondisi geologi bawah permukaan salah satunya adalah metode VLF EM (*Very Low Frequency Electromagnetics*).

Metode VLF-EM dipilih karena metode ini merupakan metode yang cepat dalam mengambil data lapangan serta ramah lingkungan karena

merupakan metode elektromagnetik yang pasif, selain itu, metode ini efektif digunakan untuk *fault mapping*. Dengan frekuensi yang rendah sekitar 15-30 kHz, gelombang dari metode ini memiliki penetrasi yang cukup dalam sekitar 50 meter. Gelombang yang digunakan pada metode ini menjalar ke seluruh dunia dengan atenuasi yang kecil dalam pandu gelombang antara permukaan bumi dan ionosfer.

Oleh sebab itu, pada penelitian tugas akhir ini penulis bermaksud untuk melakukan penelitian yang berjudul “PENERAPAN METODE *VERY LOW FREQUENCY ELECTROMAGNETIC* (VLF-EM) UNTUK MENDETEKSI REKAHAN PADA DAERAH TANGGULANGIN, SIDOARJO”.

## **1.2. Perumusan Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang diatas maka timbul beberapa permasalahan, yaitu.

1. Bagaimana kondisi struktur bawah permukaan seperti rekahan di daerah Tanggulangin, Sidoarjo?
2. Berdasarkan hasil interpretasi data VLF-EM, apa pengaruh rekahan terhadap kondisi permukaan daerah penelitian?

## **1.3. Batasan Masalah**

Batasan masalah pada penelitian tugas akhir ini adalah.

1. Pengukuran dengan menggunakan metode VLF-EM ini hanya dilakukan di sekitar daerah pengeboran sumur gas baru yaitu pada tiga desa di Kecamatan Tanggulangin. Ketiga desa tersebut adalah Desa Kedungbanteng, Desa Banjarasri, dan Desa Banjarpanji.
2. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode VLF-EM untuk mengetahui kondisi geologi bawah permukaan dengan penetrasi kedalaman yang dapat dipertanggungjawabkan sedalam 50 meter.

## **1.4. Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian tugas akhir ini adalah.

1. Mengidentifikasi kondisi geologi seperti rekahan di sekitar daerah pengeboran sumur gas baru di Kecamatan Tanggulangin.

2. Mengetahui pengaruh rekahan yang ada terhadap permukaan daerah penelitian.

### **1.5. Manfaat Penelitian**

Manfaat yang ingin dicapai dalam penelitian tugas akhir ini adalah.

1. Penulis dapat menerapkan ilmu yang dipelajari terutama mengenai VLF-EM untuk mendeteksi rekahan pada daerah penelitian.
2. Analisis lokasi rekahan yang dilakukan oleh penulis dapat digunakan sebagai dasar penelitian lainnya.

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***



## **BAB II**

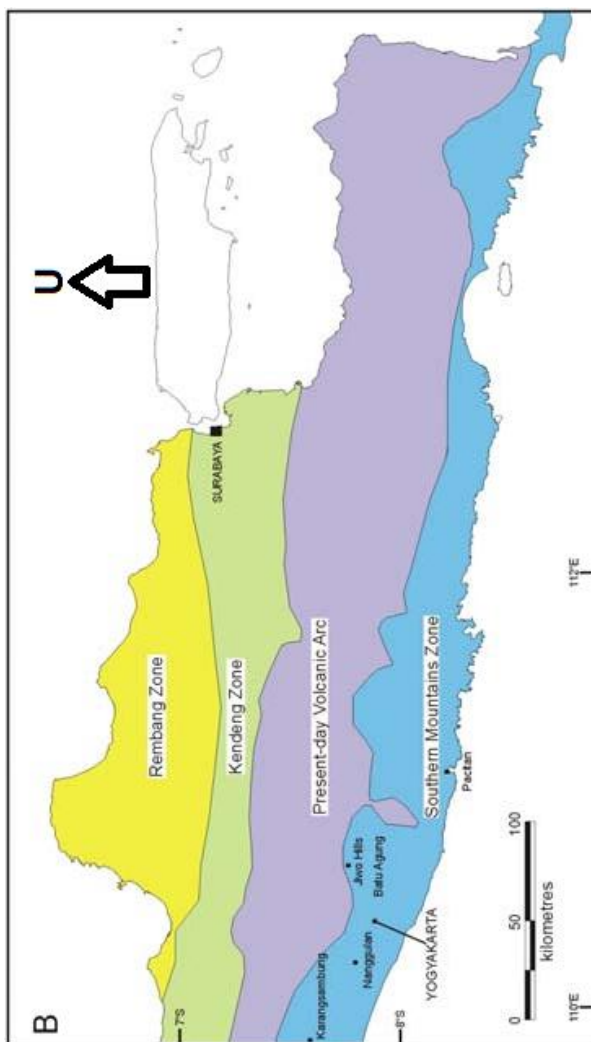
### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Geologi Regional**

Semburan lumpur panas di Sidoarjo merupakan fenomena geologi yang dikenal sebagai gunung lumpur, yakni keluarnya lumpur yang berasal dari lapisan bawah permukaan. Lumpur yang keluar di permukaan adalah campuran air, padatan, dan gas. Lumpur mempunyai temperatur sekitar 97° C di permukaan ketika diukur pada tahun 2006-2009.

Berbagai data laboratorium makin menguatkan bahwa fenomena semburan lumpur di Sidoarjo adalah fenomena gunung lumpur, dan bukan fenomena *underground blow out* yang dikenal dalam perminyakan. Dilihat dari sisi geologi, daerah Sidoarjo memiliki lapisan-lapisan batuan sedimen yang cukup tebal, terdiri dari endapan delta dari sistem sedimentasi cekungan busur belakang (*backarc basin*). Pada umumnya terdapatnya sedimen pada sistem sedimentasi ini kaya akan kandungan hidrokarbon, sehingga mempunyai potensi dan prospek sumber daya minyak dan gas bumi.

Batuan di daerah Sidoarjo disusun oleh lapisan batuan sedimen yang terdiri dari batulanau, batulempung, batuserpih, batupasir dan batugamping. Umur batuan sedimen tersebut berkisar antara Miosen Awal hingga Resen. Batuan-batuan ini diendapkan di dalam 'eliosional basin', yaitu cekungan yang sangat dalam dimana formasi-formasi batuan sedimen diendapkan secara cepat (*high sedimentation rate*) dan tertekan secara kuat, sehingga membentuk formasi-formasi batuan bertekanan tinggi (*over pressured rock formations*). Tidak heran dalam cekungan endapan seperti ini muncul struktur-struktur diapir. Struktur-struktur diapir lazim dijumpai di zona depresi yang tertekan secara kuat baik secara tektonik maupun secara sedimentasi. Selain itu, formasi-formasi batuan di daerah Sidoarjo secara geologi regional termasuk ke dalam zona depresi Kendeng. Pada zona depresi ini terbentuk beberapa antiklinorium, dan salah satunya adalah antiklinorium Ngelam – Watudakon.

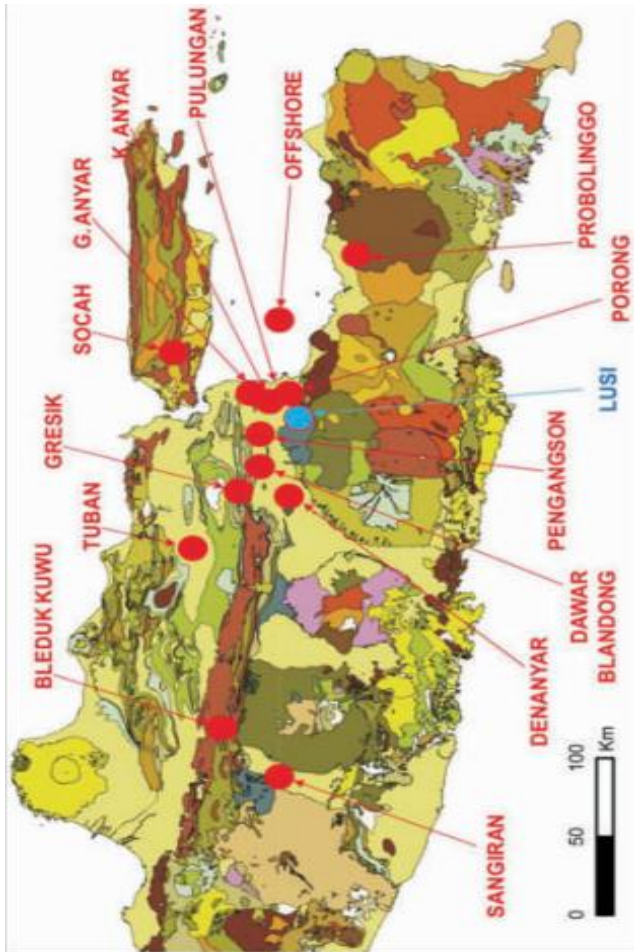


Gambar 2. 1 Zona Stratigrafi dan Struktur Menurut van Bemmelen, 1949. (Smyth et al, 2005)

Antiklinorium-antiklinorium tersebut dipotong oleh struktur kekar dan sesar yang terbentuk akibat pergerakan lempeng tektonik. Secara regional, sistem tektonik Jawa Timur dipengaruhi oleh lempeng tektonik Indo-Australia yang bertumbukan dengan lempeng tektonik Eurasia. Lempeng tektonik Indo-Australia melesak masuk ke bawah lempeng tektonik Eurasia. Sebagai hasilnya terbentuk zona subduksi (*subduction zone*), yang juga merupakan pusat gempa, di bagian selatan Jawa Timur. Pergerakan ini diperkirakan sebesar 7 cm/tahun, yaitu lempeng Australia, yang berada di selatan, bergerak ke arah utara, sedangkan lempeng Eurasia di utara bergerak ke arah selatan.

Kondisi geologi dan pergerakan lempeng tektonik ini merupakan potensi yang sangat mendukung terhadap terjadinya erupsi lumpur panas di Sidoarjo. Ternyata fenomena erupsi lumpur seperti di Sidoarjo ini bukan yang pertama kali terjadi di sekitar Jawa Timur. Catatan sejarah menunjukkan bahwa fenomena erupsi lumpur telah terjadi sejak jaman kerajaan Jenggala dan Majapahit. Kerajaan di sekitar Jawa Timur ini berlokasi di ujung delta Brantas purba, di mana lokasi semburan lumpur panas di Sidoarjo yang sekarang berada. Fakta sejarah tersebut juga mempunyai analogi kejadiannya yang mirip dengan semburan lumpur di Sidoarjo yang sekarang.

Sisa-sisa gunung lumpur hasil erupsi lumpur dari jaman Kerajaan Majapahit masih dapat ditemukan di sekitar Bandara Juanda, Dusun Kalang Anyar. Ke arah utara dari Kalang Anyar, terdapat jejak gunung lumpur Gunung Anyar. Kedua jejak gunung lumpur ini membentuk kelurusan berarah Timur Laut – Barat Daya dengan lokasi semburan lumpur panas di Porong - Sidoarjo. Di Bangkalan, Pulau Madura, juga ditemukan jejak gunung lumpur. Jika jejak-jejak gunung lumpur ini ditarik garis dari Timur Laut ke Barat Daya hingga melewati Porong akan membentuk kelurusan yang berhimpitan dengan zona Sesar Watukosek.



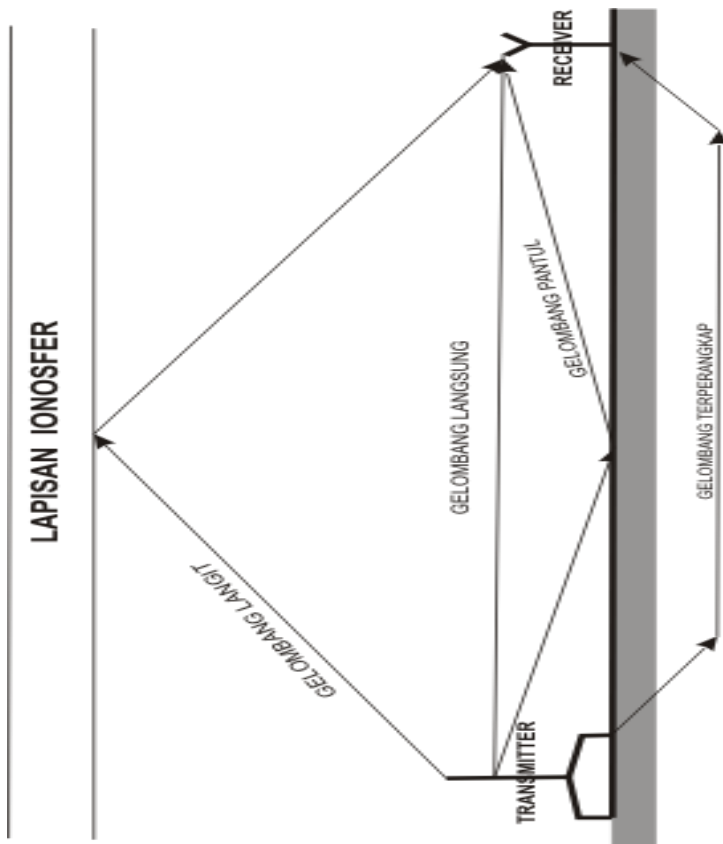
Gambar 2. 2 Peta Geologi dan Persebaran *Mud Vulcano* di Jawa Timur. Daerah-daerah di Jawa Timur yang terdapat *Mud Vulcano* ditunjukkan dengan titik merah sedangkan *Mud Vulcano* yang terjadi di Sidoarjo ditunjukkan dengan titik biru. (Bapel BPLS 2010-2014)

## 2.2. Metode *Very Low Frequency Electromagnetic* (VLF-EM)

Metode VLF-EM adalah salah satu metode geofisika yang memanfaatkan prinsip elektromagnetik dengan teknik pengukuran pasif, dimana pengukurannya menggunakan sumber sinyal elektromagnetik yaitu gelombang radio dengan frekuensi yang rendah sekitar 15-30 kHz. Metode ini pertamakali dikenalkan oleh Ronka pada tahun 1971 (Hakim et al, 2014). Metode ini telah banyak digunakan dalam eksplorasi geofisika dalam berbagai kebutuhan seperti suvey tanah, investigasi sesar dangkal, pemetaan geologi, dan studi bentuk lahan (Parulian, 2007). Metode ini biasanya digunakan untuk mengeksplorasi benda-benda konduktif. Perubahan komponen medan akibat variasi konduktivitas dimanfaatkan untuk menentukan struktur bawah permukaan. Metode VLF-EM ini merupakan metode yang lebih praktis dan mempunyai jangkauan daerah pengamatan yang lebih luas dibandingkan dengan metode elektromagnetik lainnya.

Prinsip kerja metode VLF-EM adalah dengan menangkap sinyal-sinyal medan elektromagnetik primer yang dipancarkan dari stasiun-stasiun pemancar yang tersebar di seluruh dunia. Medan elektromagnet yang diukur oleh alat ukur VLF-EM ini adalah medan kompleks total (HR) yang terdiri dari komponen riil (*inphase*), imajiner (*quadrature*), *total-field*, dan *tilt-angle*. Besar nilai keempat komponen yang terukur tersebut tergantung dari nilai konduktivitas benda yang berada dibawah permukaan. Medan elektromagnet yang dipancarkan antenna pemancar selanjutnya akan diterima stasiun penerima dalam empat macam perambatan gelombang, yaitu: gelombang langit, gelombang langsung, gelombang pantul dan gelombang terperangkap. Perambatan gelombang yang paling sering ditemui pada daerah survey adalah gelombang langit. (Feriadi, 2014)

Gelombang langit merupakan gelombang yang diradiasikan oleh antenna ke lapisan ionosfir yang terletak di atmosfer bagian atas dan dibelokkan kembali ke bumi. Gelombang langsung adalah sinyal gelombang yang dipancarkan oleh antenna pemancar diterima langsung oleh *receiver* tanpa mengalami pantulan, sedangkan gelombang pantul merupakan gelombang yang terpantulkan ke batas permukaan kemudian diterima oleh *receiver*. Terakhir gelombang terperangkap ialah gelombang yang menembus lapisan batuan bawah permukaan yang akan memberikan informasi waktu rambat gelombang hingga diterima *receiver*.



Gambar 2. 3 Macam-macam gelombang yang dipancarkan oleh antena pemancar dan gelombang yang diterima oleh receiver. (Ramos, 2007)

Gelombang VLF-EM ini menjalar ke seluruh dunia dengan atenuasi yang kecil dalam pandu gelombang antara permukaan bumi dan ionosfer. Medan elektromagnetik primer sebuah pemancar radio, memiliki komponen medan listrik vertikal  $E_z$  dan komponen medan magnetic horizontal  $H_y$  yang tegak lurus terhadap arah perambatan sumbu  $x$ . Pada jarak yang cukup jauh dari stasiun pemancar, komponen medan elektromagnetik primer dapat dianggap sebagai gelombang yang

berjalan horizontal. Sehingga, bila di bawah permukaan terdapat suatu medium yang konduktif, maka komponen medan magnetik dari gelombang elektromagnetik primer akan menginduksi medium tersebut sehingga akan menimbulkan arus induksi  $E_x$ . Arus induksi ini yang menimbulkan medan sekunder yang dapat ditangkap di permukaan bumi. Besarnya kuat medan elektromagnetik sekunder ini sebanding dengan besarnya konduktivitas batuan ( $\sigma$ ), sehingga dengan mengukur kuat medan pada arah tertentu, maka secara tidak langsung kita dapat mendeteksi daya hantar listrik batuan di bawahnya. Sedangkan, nilai medan magnetik vertikal  $H_z$  berguna untuk menentukan anomali.

Medan elektromagnetik yang merambat pada konduktivitas batuan ( $\sigma$ ), permitivitas ( $\epsilon$ ) dan permeabilitas ( $\mu$ ) berlaku persamaan Maxwell yaitu.

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

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

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

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

dimana  $\mathbf{E}$  dan  $\mathbf{H}$  masing-masing merupakan vector medan listrik dan medan magnet pada fungsi waktu ( $t$ ) dengan frekuensi sudut ( $\omega$ ) dan rapat muatan ( $\rho$ ) (Kalscheuer et al, 2008). Dengan penjabaran yang lebih lanjut persamaan (2.1) dan (2.2) dapat dijadikan sebagai berikut.

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

$$\left(\frac{\partial E_z}{\partial y} - \frac{\partial E_y}{\partial z}\right)\hat{i} + \left(\frac{\partial E_x}{\partial z} - \frac{\partial E_z}{\partial x}\right)\hat{j} + \left(\frac{\partial E_y}{\partial x} - \frac{\partial E_x}{\partial y}\right)k = -(i\omega\mu_0)(H_x\hat{i} + H_y\hat{j} + H_zk) \quad (2.6)$$

Di dalam VLF-EM (frekuensi  $< 100$  kHz), arus pergeseran akan lebih kecil daripada arus konduksi karena permitivitas dielektrik batuan rata-rata cukup kecil (sekitar  $10\epsilon_0$ ,  $\epsilon_0=9 \times 10^{-12}$  F/m) dan konduktivitas target VLF-EM biasanya  $\gg 10^{-2}$  S/m. Hal ini menunjukkan bahwa efek medan akibat arus konduksi memegang peranan penting ketika terjadi perubahan konduktivitas medium (Suyanto, 2007).

Penjalaran gelombang pada alat VLF-EM termasuk dalam mode TE (*Transverse Electric*) saja. Hal ini disebabkan karena hasil pengukuran dengan metode VLF-EM ini menghasilkan *output* berupa data *tipper* ( $H_z/H_y$ ) yang berbentuk elips. Bagian riil dari data *tipper* disebut dengan

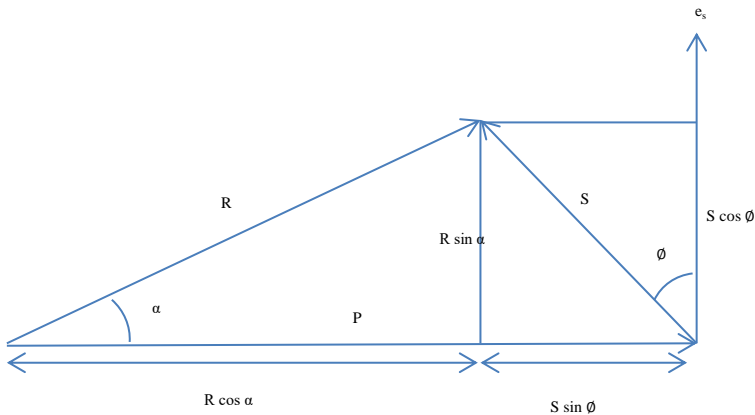
*inphase* dan bagian imajinerinya disebut dengan *quadrature*. Data *tipper* ini baik digunakan untuk memetakan perbedaan konduktivitas secara lateral, namun untuk perbedaan konduktivitas secara vertikal, hasilnya kurang baik. Berdasarkan prinsip mode TE tersebut, maka akan didapatkan persamaan.

$$\frac{\partial^2 E_x}{dy^2} + \frac{\partial^2 E_x}{dz^2} = (i\omega)(\sigma + i\omega\varepsilon)E_x \quad (2.7)$$

Dengan begitu, akan didapatkan persamaan resistivitas semu dan fase yaitu sebagai berikut.

$$\rho_a^{xy} = \frac{1}{\omega\mu} |Z_{xy}|^2 \quad (2.8)$$

$$\varphi^{xy} = \arg(Z_{xy}) , Z_{xy} = \frac{E_x}{H_y} \quad (2.9)$$



Gambar 2. 4 Prinsip Pengukuran dan Perhitungan Nilai *Inphase* dan *Quadrature* (Dita Dewi I, 2014)

Dengan melihat gambar 2.4 diatas, terlihat bahwa gelombang elektromagnetik primer yang masuk kedalam anomali, akan menimbulkan gaya gerak listrik induksi  $e_s$ . Dimana kombinasi antara medan primer dan medan sekunder ( $R \cos \alpha$ ) biasa disebut dengan komponen riil (*inphase*), sedangkan komponen yang tegak lurus dengan



medan primer ( $R \sin \alpha$ ) disebut dengan komponen imajiner (*quadrature*).

### 2.3. Filter Moving Average

*Filter moving average* ini dilakukan sebagai salah satu koreksi untuk memisahkan data yang mengandung frekuensi rendah dengan data frekuensi tinggi. Metode *moving average* ini dilakukan dengan cara merata-ratakan nilai anomalnya dengan menjumlah data yang digunakan lalu membagi dengan jumlah jendela yang digunakan, berikut persamaannya.

$$y_{rata-rata} = \frac{1}{N} \sum_{j=i-k}^{i+k} y_j, \text{ dengan } k = \frac{N-1}{2} \quad (2.10)$$

Dengan  $k$  adalah jumlah pengurangan data yang hilang akibat dilakukan *filtering* dan  $N$  adalah panjang interval *smoothing* atau lebar jendela.

### 2.4. Multivariate Empirical Mode Decomposition (MEMD)

*Multivariate Empirical Mode Decomposition* (MEMD) merupakan perluasan dari EMD dimana EMD menentukan  $K$  IMF  $c_1(t), c_2(t), \dots, c_k(t)$  dan sinyal residu  $r(t)$  dari sebuah sinyal.

$$x(t) = \sum_{i=1}^K c_i(t) + r(t) \quad (2.11)$$

MEMD pertama kali diusulkan oleh Rehman dan Mandic (2010) untuk memproses sinyal *multivariate* yang memiliki jumlah *channel* yang sembarang. Penelitiannya menganggap  $V(s) = \{v_1(s), v_2(s), \dots, v_n(s)\}$  adalah sekumpulan  $n$  data spasial sebagai fungsi ruang ( $s$ ) dan  $X\theta = \{x_1^k, x_2^k, \dots, x_n^k\}$  menunjukkan arah vector sepanjang arah yang diberikan oleh sudut dalam satu set arah. Kemudian, dari IMF kemudian set data spasial diperoleh dari penggunaan algoritma 1 yaitu.

1. Bangkitkan sekumpulan vektor arah yang sesuai,  $X$ .
2. Hitunglah sebuah proyeksi,  $p^{0k}(s)$ , dari sekumpulan data spasial  $V(s)$  sepanjang vector arah  $X^{0k}$ , untuk semua nilai  $k$ .
3. Temukan sesaat spasial  $s_i^{0k}$  yang sesuai dengan *maxima* proyeksi untuk semua nilai  $k$ .
4. Interpolasikan  $s_i^{0k}$  dan  $V(s_i^{0k})$  untuk memperoleh kurva *multivariate envelope*  $e^{0k}(s)$  untuk semua nilai  $k$ .
5. Rerata  $M(s)$  dari kurva *envelope* dihitung dengan  $M(s) = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K e^{0k}(s)$ .

6. Ekstrak “detail”  $D(s)$  menggunakan  $D(s)=V(s)-M(s)$ . Jika “detail”  $D(s)$  memenuhi kriteria penghentian IMF *Multivariate*, terapkan prosedur di atas untuk  $V(s)-D(s)$ , jika tidak, terapkan ke  $D(s)$ .

## 2.5. Inversi

Pemodelan ke belakang (*inverse modelling*) adalah proses yang mencoba mengembalikan pengaruh dari perambatan gelombang untuk menghasilkan suatu gambaran bawah permukaan bumi. dimana data observasi dimisalkan sebagai  $d$ , maka  $d=[d_1, d_2, d_3, \dots, d_n]$ , serta nilai resistivitas dimisalkan  $m$ , sehingga  $m=[m_1, m_2, m_3, \dots, m_n]$  dan parameter model adalah  $F[m]$ . Sehingga hubungan data dengan parameter model dapat dituliskan dengan persamaan berikut.

$$d = F[m] \quad (2.12)$$

Karena pada kasus ini,  $F[m]$  merupakan fungsi *forward modeling* non-linier, maka untuk melinierkan fungsi  $F[m]$  digunakan metode Deret Taylor dengan mengambil dua suku pertama.

$$F(x) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{F^{(n)}(a)}{n!} (x - a)^n \quad (2.13)$$

$$F_{[m_{k+1}]} = F_{[m_k]} + \frac{\partial F_{[m_k]}}{\partial m} (m_{k+1} - m_k) \quad (2.14)$$

dimana  $\frac{\partial F_{[m_k]}}{\partial m} = J_k$  atau biasa disebut matriks Jacobi, maka persamaan (3) diatas dapat ditulis.

$$F_{[m_{k+1}]} = F_{[m_k]} + J_k(m_{k+1} - m_k) \quad (2.15)$$

Selanjutnya, persamaan (2.15) tersebut dapat ditulis menjadi persamaan linier.

$$F_{[m_{k+1}]} - F_{[m_k]} = J_k(m_{k+1} - m_k) \quad (2.16)$$

Persamaan (2.16) diatas mirip dengan persamaan (2.12), oleh sebab itu, data  $d$  diganti dengan  $F_{[m_{k+1}]} - F_{[m_k]}$  dan parameter model diganti dengan  $(m_{k+1} - m_k)$ , dengan begitu solusi inversi dapat dilakukan.

$$m_{k+1} = m_k + [J_k^T J_k]^{-1} J_k^T (F_{[m_{k+1}]} - F_{[m_k]}) \quad (2.17)$$

dimana  $k$  merupakan iterasi dan  $k+1$  adalah model iterasi setelahnya. Namun, penyelesaian diatas masih sering mengalami *overshoot*, oleh sebab itu, ditambahkan *Lagrange Multiplier* ( $\lambda$ ) dan operator penghalus Laplacian ( $C$ ). Sehingga akan didapatkan persamaan.

$$m_{k+1} = m_k + [J_k^T J_k + \lambda^2 C^T C]^{-1} J_k^T (F_{[m_{k+1}]} - F_{[m_k]}) \quad (2.18)$$

Kemudian untuk mendapatkan penyelesaian yang cepat, parameter *Langrange* diturunkan menjadi lebih kecil dengan factor yang lebih kecil dari 1. Untuk mengetahui nilai *Error root mean square* dari proses iterasi dapat dihitung dengan persamaan.

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta d_i^2} \quad (2.19)$$

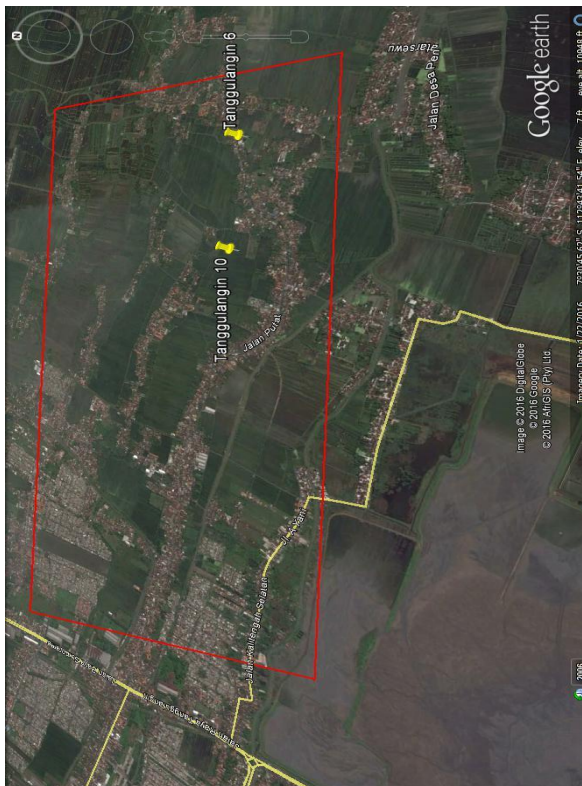
Iterasi akan dihentikan jika memenuhi kriteria-kriteria berikut. 1) Iterasi mencapai jumlah yang kita tetapkan, 2) ketika *error* RMS tidak mengalami perubahan (Tofan, 2008).

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini berada di sekitar daerah pengeboran sumur gas baru di Desa Kedungbanteng, Sidoarjo, Jawa Timur hingga sisi utara dari semburan utama Lapindo. Dimana titik Tanggulangin 6 dan Tanggulangin 10 merupakan daerah yang akan dilakukan pengeboran sumur gas baru Lapindo.



Gambar 3. 1 Daerah Penelitian yang berada di kotak garis merah dengan koordinat  $7^{\circ}29'40.60''$  S -  $7^{\circ}30'33.02''$  S dan  $112^{\circ}42'43.39''$  E -  $112^{\circ}45'02.17''$  E (Google Earth 2016)

## 3.2. Peralatan dan Data

### 3.2.1. Data

Data yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari dua data yaitu.

1. Data Primer

Data hasil akuisisi VLF-EM di sekitar daerah Desa Kedungbanteng, Desa Banjarasri, dan Desa Banjarpanji, Kecamatan Tanggulangin, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur.

2. Data Sekunder

Data sekunder yang digunakan adalah data *plotting* GPS untuk membantu memetakan model penampang resistivitas.

### 3.2.2. Peralatan

Peralatan yang digunakan untuk membantu penelitian tugas akhir ini terdiri dari.

1. Perangkat keras (*Hardware*)

- a. 1 set Alat VLF-EM
- b. 1 buah GPS
- d. 1 buah Laptop

2. Perangkat lunak (*Software*)

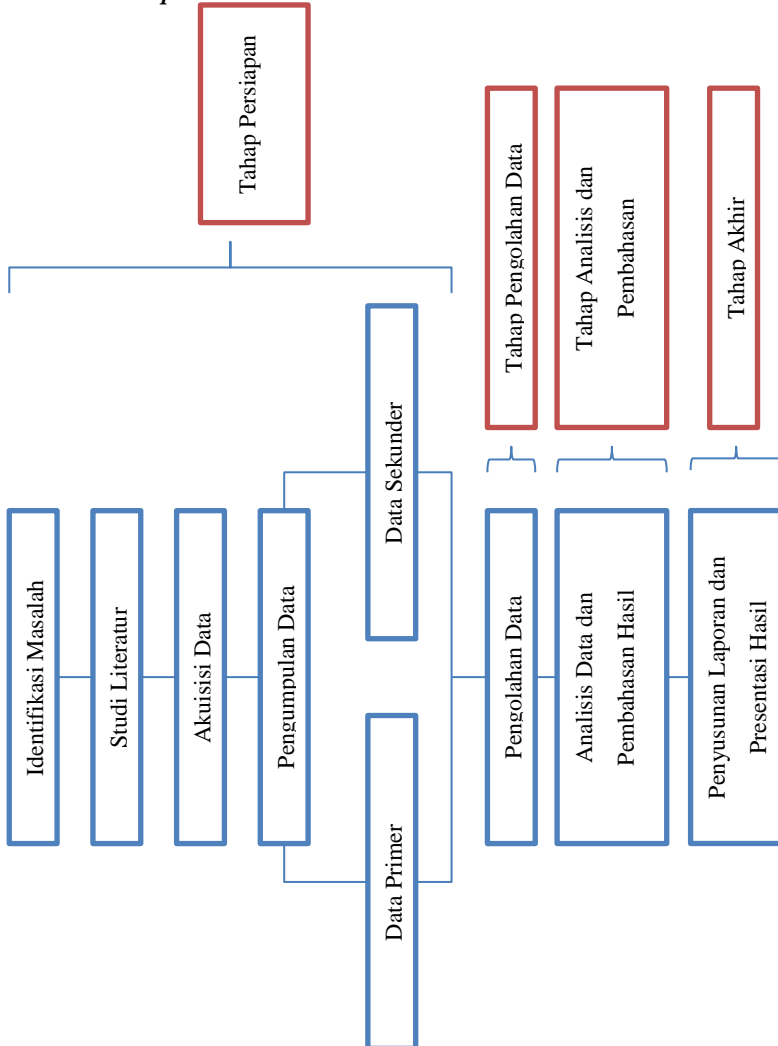
- a. *Matlab* R2009A
- b. *Microsoft Office 2010*
- c. *Google Earth*
- d. *PrepVLF-v1*
- e. *Inv2DVLF-v1*



Gambar 3. 2 Alat VLF-EM yaitu ENVI VLF dibuat oleh Scintrex

### 3.3. Metodologi Penelitian

#### 3.3.1. Tahapan Pelaksanaan Penelitian



Gambar 3. 3 Diagram Alir Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Penjelasan diagram alir tahapan pelaksanaan.

#### 1. Tahap Persiapan

Tahap persiapan ini dilakukan kurang lebih selama 2 bulan, mulai bulan Maret-April 2016. Tahap persiapan terdiri dari.

##### a. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah yang ada pada penelitian ini adalah untuk analisis kondisi geologi di sekitar daerah pengeboran sumur gas baru di Desa Kedungbanteng, Desa Banjarasri, dan Desa Banjarpanji.

##### b. Studi Literatur

Dari hasil studi literatur, didapatkan beberapa referensi jurnal, buku, dan website mengenai masalah dan penyelesaiannya dengan menggunakan metode VLF-EM. Referensi yang didapat dilampirkan pada bagian daftar pustaka.

##### c. Akuisisi Data

Akuisisi dilakukan pada tanggal 9 April 2016-16 April 2016. Akuisisi data dilakukan dengan alat VLF-EM dilokasi penelitian dengan menggunakan desain akuisisi yang ditunjukkan pada gambar 3.4. Frekuensi yang digunakan pada akuisisi data ini yaitu 19.3 kHz untuk lintasan 1, 2, dan 10, sedangkan lintasan 3 sampai 9 dan 11 sampai 14 menggunakan frekuensi 19.8 kHz.

##### d. Pengumpulan Data

Data hasil akuisisi direkap dengan menggunakan *Microsoft Office*. Data yang didapat dari hasil akuisisi sebanyak 2047 data dari semua lintasan. Data *plotting* GPS direkap dan di-*input* kedalam *software* Google Earth.

#### 2. Tahap Pengolahan Data

Pengolahan data ini dilakukan untuk mendapatkan model resistivitas bawah permukaan. Tahap pengolahan data dilakukan selama proses pengambilan data sampai analisis data, sehingga memerlukan waktu selama 2 bulan lebih, April-Juni 2016. Penjelasan dari tahapan pengolahan data dijelaskan pada sub bab 3.3.2.

#### 3. Tahap Analisis dan Pembahasan

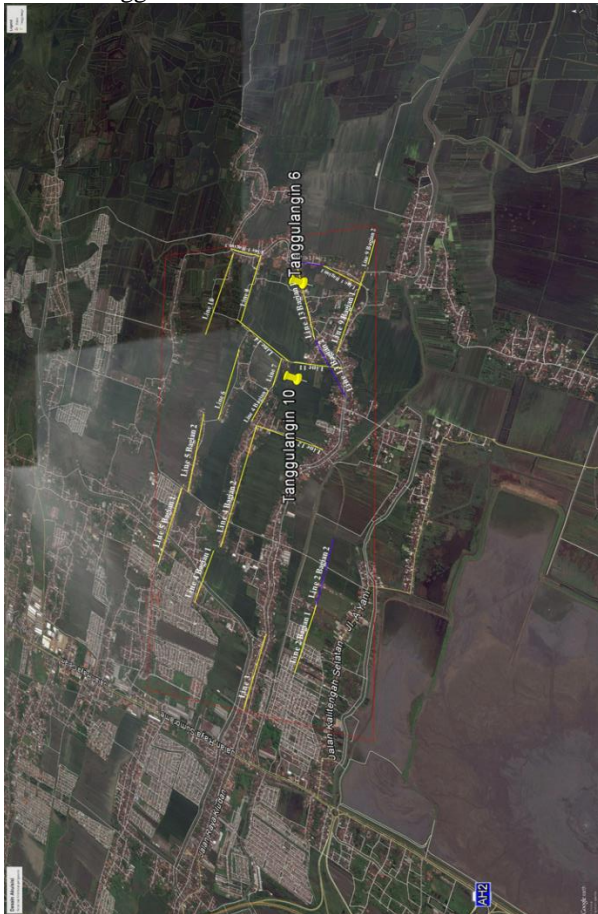
Pada penelitian ini analisis dilakukan selama dan setelah proses pengolahan data. Analisis dilakukan terhadap kondisi geologi daerah sekitar untuk diketahui sesar, rekahan, atau patahan yang ada dan juga dilakukan analisis terhadap pengaruh pengeboran sumur gas baru terhadap semburan gas utama di Porong. Tahap analisis dan



pembahasan dilakukan selama 2 bulan, yaitu pada bulan Mei-Juni 2016.

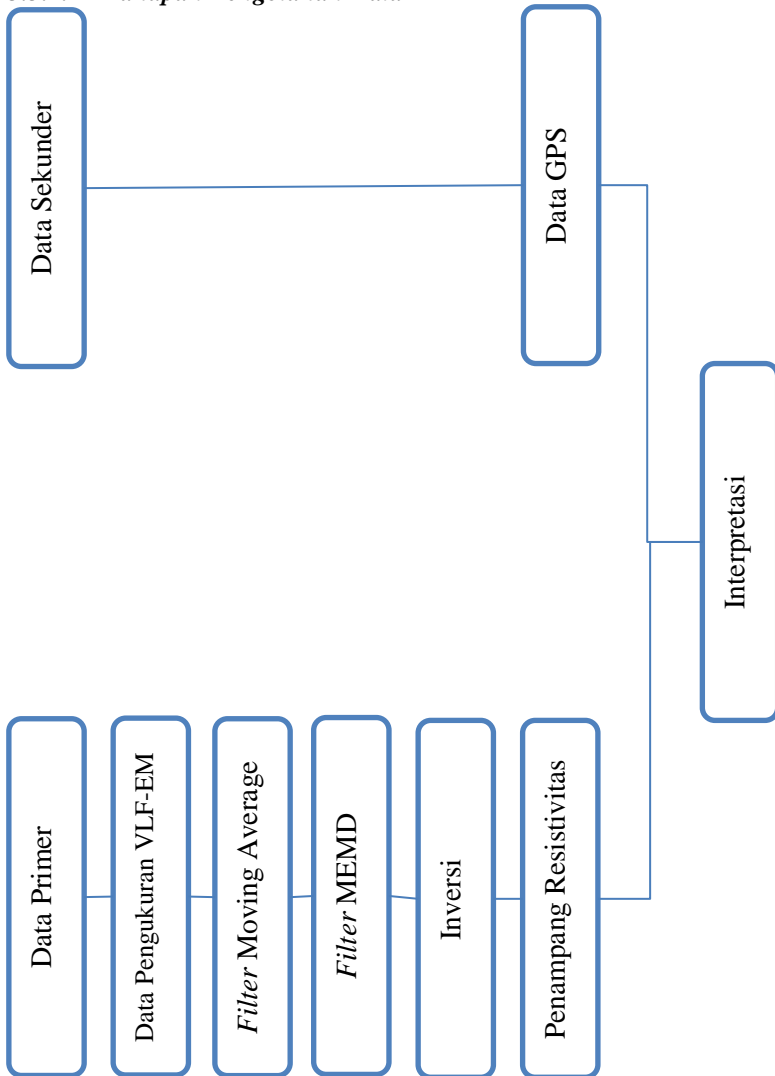
#### 4. Tahap Akhir

Tahap akhir dalam penelitian tugas akhir ini adalah pembuatan laporan tugas akhir dan mempresentasikan hasil. Tahapan ini dilakukan pada bulan Mei hingga Juni 2016.



Gambar 3. 4 Desain akuisisi yang digunakan pada penelitian ini. Lintasan yang digunakan sebanyak 14 lintasan.

3.3.2. *Tahapan Pengolahan Data*

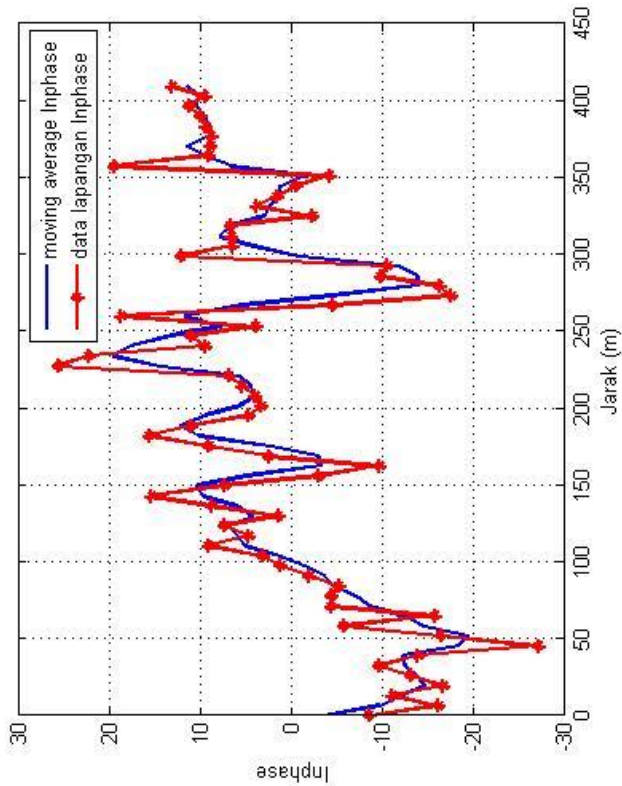


Gambar 3. 5 Diagram Alir Tahapan Pengolahan Data

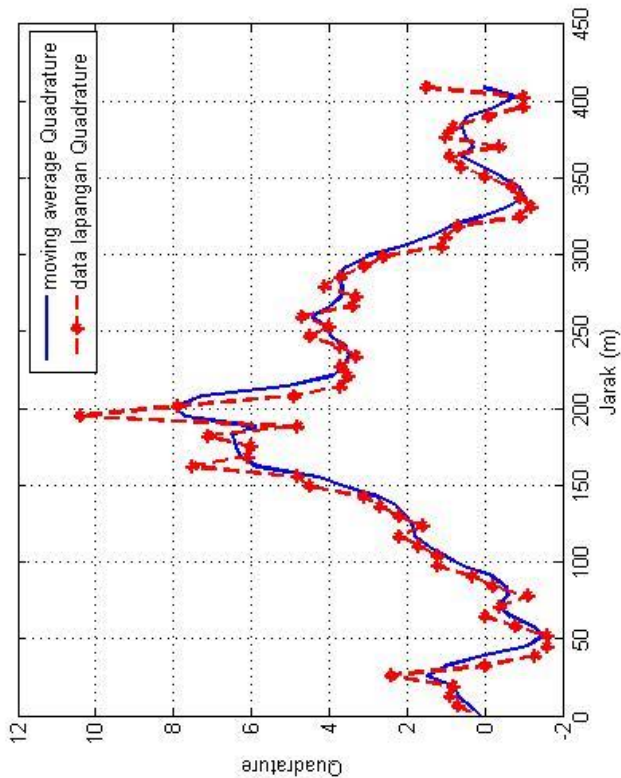
Penjelasan diagram alir tahapan pengolahan data.

### 1. *Filter Moving Average*

Proses *filtering* dengan *moving average* ini dilakukan dengan bantuan *software* Matlab R2009A. Proses yang dilakukan pada *filter* ini adalah menjumlahkan tiga data yang berurutan kemudian hasil penjumlahan tersebut dibagi tiga. Berikut ini hasil *filter moving average* pada lintasan 11.



(a)



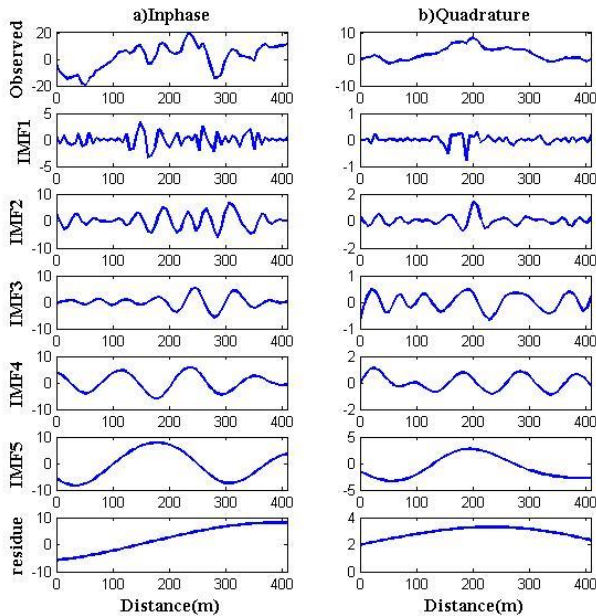
(b)

Gambar 3. 6 Hasil *filter moving average* pada lintasan 11. (a) Data *Inphase* (b) Data *Quadrature*. Garis merah putus-putus merupakan data awal pengukuran, sedangkan garis biru merupakan hasil dari *filter moving average*.

Dari hasil *filter moving average* terlihat bahwa data yang mempunyai frekuensi yang terlalu tinggi diredam begitu pula data yang memiliki frekuensi terlalu kecil. Hasil dari *filter moving average* ini menjadikan data-data mempunyai kemenerusan yang sama.

## 2. Filter MEMD

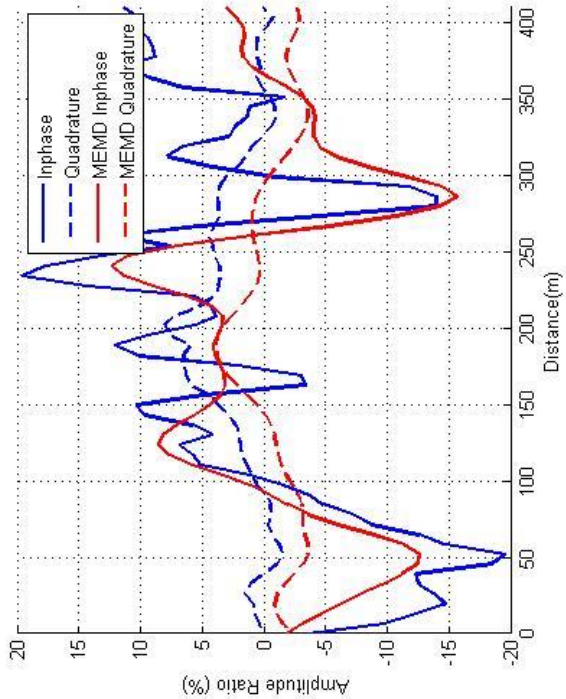
Setelah melakukan *filter moving average*, dilakukan *filter MEMD* untuk meningkatkan akurasi pengamatan sinyal dengan menghilangkan frekuensi-frekuensi yang tinggi dan rendah. *Filter MEMD* ini akan menghasilkan beberapa *Intrinsic Mode Functions* (IMFs), dimana IMFs ini memisahkan beberapa frekuensi yang ada pada data. Hal yang harus dilakukan pada *filter MEMD* ini adalah memilih IMFs yang tidak mengandung frekuensi yang tinggi dan frekuensi yang terlalu rendah.



Gambar 3. 7 Hasil IMFs pada data lintasan 11. Data *Inphase* (kiri), Data *Quadrature* (kanan).

Dari gambar diatas, data dipisahkan menjadi 5 frekuensi (5 IMFs) dengan tambahan satu residu. IMFs yang dipilih untuk memfilter data lintasan 11 adalah IMF nomor 2 sampai IMF nomor 4. IMF 1 tidak dipilih karena mempunyai frekuensi yang tinggi sehingga dianggap memiliki banyak *noise*, sedangkan IMF 5 dan residu tidak dipilih karena

memiliki energi yang rendah atau *drift*. Dengan pemilihan IMF2, IMF3, dan IMF4 yang sudah dilakukan, data yang dihasilkan akan menjadi seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 3. 8 Hasil penjumlahan dari IMF2, IMF3, dan IMF4

### 3. Inversi

Inversi dilakukan untuk mendapatkan penampang resistivitas. Data yang digunakan pada proses inversi ini adalah data dari *filter* MEMD. Inversi dilakukan dengan menggunakan *software* PrepVLF-v1 dan Inv2DVLF-v1. *Software* PrepVLF-v1 digunakan untuk membaca data hasil pengolahan MEMD. File yang dapat dibaca pada *software* PrepVLF-v1 berjenis .txt. Data yang di-*input* pada PrepVLF-v1 ini adalah data topografi, data pengukuran yang sudah di *filter* MEMD, dan

nilai resistivitas rata-rata daerah pengukuran. Tampilan *software* PrepVLF-v1 pada pengolahan data ini ditunjukkan pada gambar dibawah ini.

```

C:\Users\ASUS\Music\Line 11\PrepVLF-v1.exe
*****
PrepULF - Preparing input file for the ULF inversion
version 1.1 - May 2007
f. monteiro santos/CGUL fasantos@fc.ul.pt
*****
Fortran Pause - Enter command<CR> or <CR> to continue.
OPTIONS:
1 - automatic
2 - Manual
1
Supply the file with ULF-EM data          Input data hasil filter MEMD
Line11.txt
Supply the file with TOPOgraphy          Input data topografi lapangan, karena pengukuran di tanah datar,
topo.txt                                 maka diisi dengan 0
Supply the initial resistivity value     Input dengan nilai resistivitas lingkungan sekitarnya.
100                                       Berdasarkan Sungkono, ddk, 2014 resistivitas
                                           lingkungan daerah Sidoarjo sebesar 100 Ohm m

```

Gambar 3. 9 Tampilan pada *software* PrepVLF-v1 beserta keterangannya.

*Software* Inv2DVLF-v1 dioperasikan setelah *output* dari PrepVLF-v1 didapatkan. Pada *software* Inv2DVLF-v1 ini proses inversi dilakukan. Proses inversi dengan menggunakan *software* ini dengan memasukkan jumlah iterasi, dimana iterasi maksimum yang bisa dilakukan pada *software* ini adalah 30 kali iterasi. Kemudian, langkah selanjutnya adalah memasukkan nilai Lagrange *parameter*. *Output* dari Inv2DVLF-v1 adalah FMODEL-vlf.dat yang berisi model akhir penampang resistivitas, FDATAR-vlf.dat berisi data *input* (hasil MEMD) dan respon hasil inversi serta berisi juga nilai erornya, FEMESH.txt terdiri dari seluruh koordinat dari titik pengukuran, dan *file* yang terakhir adalah SENSIV-vlf.dat yang berisi sensitivitas dari model akhir penampang resistivitas.

```

E:\Kuliah Geofisika\L_TUGAS AKHIR BISMILLAH\pengolahan_data TA\TA\Line 4 F1 Cont\Inv2DVLf-...
*****
Inv2DVLf-v1.1 - May 2007
2D Inversion of ULF-EM data

code by      f. monteiro santos/CGUL fasantos@fc.u1.pt
*****
Maximum number of iterations? 30
Supply the Lagrange parameter 0.03
Supply the OutPut file Line4F1ConInv.txt
nl, nc, ntcalls, ntri      33      643      21219      41088
iteration N 0 RMS 0.1941E+01
iteration N 1 RMS 0.1941E+01
iteration N 2 RMS 0.1940E+01
iteration N 3 RMS 0.1939E+01
iteration N 4 RMS 0.1937E+01
iteration N 5 RMS 0.1935E+01
iteration N 6 RMS 0.1930E+01
iteration N 7 RMS 0.1920E+01
iteration N 8 RMS 0.1897E+01
iteration N 9 RMS 0.2616E+01
iteration N 9 RMS 0.1898E+01
iteration N 9 RMS 0.1897E+01

```

Gambar 3. 10 Tampilan pada *software* Inv2DVLf-v1 serta keterangannya.



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini antara lain.

1. Terdapat banyak rekahan pada daerah penelitian, yang ditunjukkan dengan nilai resistivitas sebesar 0-80 ohm meter. Pada setiap lintasan pengukuran ditemui minimal 2 (dua) rekahan dengan panjang yang bervariasi mulai 5 meter sampai 30 meter pada kedalaman 10-30 meter.
2. Dengan banyaknya dugaan rekahan yang terdapat di daerah pengukuran, memperlihatkan bahwa daerah penelitian tersebut relatif tidak stabil.

#### **5.2. Saran**

Saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil dan kesimpulan untuk membangun hipotesa-hipotesa selanjutnya antara lain.

1. Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dan akurat, titik pengukuran dapat diperbanyak dengan mengurangi spasi pengukuran menjadi lebih kecil dan memperluas daerah pengukurannya.
2. Perlu dilakukan penelitian dengan metode geofisika yang lainnya seperti GPR atau geolistrik sebagai pembandingan hasil posisi dan letak dari rekahan dan patahan.

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

## DAFTAR PUSTAKA

- Budiono, Kris. Handoko. Hermawan, U. 2010. "Penafsiran Struktur Geologi Bawah Permukaan di Kawasan Semburan Lumpur Sidoarjo, Berdasarkan Penampang *Ground Penetrating Radar* (GPR). Journal. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan. Bandung
- Feriadi, Yusron. 2014."Aplikasi *Noise Assisted Multivariate Empirical Mode Decomposition* Pada Metode *Very Low Frequency Electromagnetic* untuk Analisa Tanggul Lumpur Sidoarjo. Thesis. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Hakim, Agung M. Sasmita, Alwi Karya. Wulandari, Asri. Hardiyansyah, Bagus. Sibuea, Christian. Wahyuningsih, Fitri. 2014. "Modul Eksplorasi Elektromagnetik". Universitas Lampung. Lampung.
- Indriyani, Dita Dewi. 2014. "Pemetaan Distribusi Aliran Sungai Bawah Tanah Menggunakan Metode Geofisika VLF (*Very Low Frequency*) Daerah Karst Pracimantoro Kabupaten Wonogiri". Skripsi. Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Parulian, Arif Ramos. 2007. "Metode Elektromagnetik *Very Low Frequency* (VLF) untuk Pendugaan Struktur Bawah Permukaan Lapangan Merah. Universitas Padjajaran. Bandung.
- Santos, Fernando A.M. 2006."Instructions for Running *PrepVLF* and *Inv2DVLF* 2-D Inversion of VLF-EM Single Frequency Programs. *Centro de Geofisica da Universidade de Lisboa*. Lisbon.
- Satyana, Awang H., Asnidar, 2008. "*Mud Diapirs and Mud Volcanoes in Depressions of Java to Madura: Origins, Natures, and*

*Implications to Petroleum System.*” Proc. Indonesian Petroleum Association, IPA08-G-139

Sudarsono, Untung., Indra Budi S. 2008. “Amblesan di Daerah Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur”. Jurnal Geologi Indonesia, Vol. 3 No. 1. Pusat Lingkungan Geologi, Bandung.

Sungkono., Alwi Husein., Hardi Prasetyo., Ayi S. Bahri., Fernando A. M. S., Bagus J. Santosa. 2014.”*The VLF-EM Imaging of Potential Collapse on The LUSI Embankment*”. *Journal of Applied Geophysics* 109.

Suyanto, Imam. 2007. “Analisis Data VLF (*Very Low Frequency*) untuk Mengetahui Kemenerusan Pipa Gas Bawah Permukaan di Gresik, Jawa Timur”. Jurnal Fisika Indonesia.

Tofan, Mochamad. 2008. “Pemodelan VLF-EM-VGRAD Aliran Sungai Bawah Permukaan”. Institut Teknologi Bandung. Bandung.

Widodo, Amien. 2011. “Pola Retakan Kaca VS Pola Retakan Sekitar Lumpur Sidoarjo”. Jurnal Alami Vol. 16. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Yulyta, Sendy Ayu, Muhammad Taufik, Noorlaila Hayati. 2015. “Studi Pengamatan Penurunan dan Kenaikan Muka Tanah Menggunakan Metode Differential Interferometri Synthetic Aperture Radar (DinSAR) (Studi Kasus : Lumpur Lapindo, Sidoarjo)”. Geoid Vol. 11 No. 1. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

## PROFIL PENULIS



Muhammad Shafran Shofyan dilahirkan di Magelang 1 Agustus 1994 dari pasangan Bapak Yunardi dan Ibu Bowo Indah Widawati. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Pendidikan formal penulis dimulai di TK Yasporbi I (1999-2000), kemudian dilanjutkan di SD Negeri 9 Kebon Baru hingga tahun 2006. Pada tahun 2006 sampai 2009 melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 73 Jakarta. Pendidikan menengah atas ditempuh di SMA Negeri 37

Jakarta. Setelah lulus SMA pada tahun 2012, penulis melanjutkan pendidikan di Jurusan Teknik Geofisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Selama menjadi mahasiswa di ITS, penulis aktif dalam kegiatan organisasi, diantaranya menjadi staf Pengembangan Sumber Daya Anggota UKM Bulutangkis ITS periode 2013/2014, Ketua *Team Event Creator* UKM Bulutangkis ITS periode 2014/2015, staf Hubungan Luar Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika ITS (HMTG ITS) periode 2014/2015. Selain itu, penulis juga beberapa kali menjadi panitia, seperti sie. acara PETROLIDA SPE SC ITS 2013, sie. perlengkapan PETROLIDA SPE SC ITS 2014, koordinator perlengkapan ITS OPEN 2014 (UKM Bulutangkis ITS), dan acara ITS EXPO 2014 sebagai sie. akomodasi dan transportasi. Penulis memiliki pengalaman kerja di JOB Pertamina-Medco E&P Tomori Sulawesi dalam menginterpretasi data seismik dan Pertamina Geothermal Energy dalam mengolah data *microearthquake*. Jika ingin berdiskusi lebih jauh mengenai tugas akhir penulis, dapat menghubungi : shofyanshafran@gmail.com