

**ANALISIS DATA GEOLISTRIK METODE IP (*INDUCED  
POLARIZATION*) UNTUK MENGETAHUI SEBARAN LUMPUR DI  
BAWAH PERMUKAAN  
(Studi Kasus Desa Jari, Kecamatan Gondang, Kabupaten Bojonegoro)**

**SKRIPSI**

Oleh:  
**ZUHRIYATUL UMROH**  
**NIM. 13640020**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2018**

**ANALISIS DATA GEOLISTRIK METODE *IP (INDUCED POLARIZATION)* UNTUK MENGETAHUI SEBARAN LUMPUR DI BAWAH PERMUKAAN  
(Studi Kasus Desa Jari Kec. Gondang Kab. Bojonegoro)**

SKRIPSI

Diajukan kepada:

Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang  
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

Oleh:

**ZUHRIYATUL UMROH**  
NIM. 13640020

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2018**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**ANALISIS DATA GEOLISTRIK METODE IP (*INDUCED POLARIZATION*)  
UNTUK MENGETAHUI SEBARAN LUMPUR DI BAWAH PERMUKAAN  
(Studi Kasus Desa Jari Kec. Gondang Kab. Bojonegoro)**

SKRIPSI

Oleh:  
Zuhriyatul Umroh  
NIM. 13640020

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:  
Tanggal 5 februari 2018

Pembimbing I



Drs. Abdul Basid, M.Si  
NIP. 19650504 199003 1 003

Pembimbing II



Umayyatus Syarifah, M. A.  
NIP. 19820925 200901 2 005

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Fisika



  
Abdul Basid, M.Si  
NIP. 19650504 199003 1 003

## HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS DATA GEOLISTRIK METODE IP (*INDUCED POLARIZATION*)  
UNTUK MENGETAHUI SEBARAN LUMPUR DI BAWAH PERMUKAAN  
(Studi Kasus Desa Jari Kec. Gondang Kab. Bojonegoro)

SKRIPSI

Oleh:  
Zuhriyatul Umroh  
NIM.13640020

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi  
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)  
Tanggal 29 Mei 2018

Penguji Utama	: <u>Irjan, M.Si</u> NIP. 19691231 200604 1 003	
Ketua Penguji	: <u>Erika Rani, M.Si</u> NIP. 19810613 200604 2 002	
Sekretaris Penguji	: <u>Drs. Abdul Basid, M.Si</u> NIP. 19650504 199003 1 003	
Anggota Penguji	: <u>Umaiatus Syarifah, M.A</u> NIP. 19820925 200901 2 005	

Mengesahkan,  
Ketua Jurusan Fisika



  
Drs. Abdul Basid, M.Si  
NIP. 19650504 199003 1 003

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Zuhriyatul Umroh

NIM : 13640020

Jurusan : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : Analisis data geolistrik metode IP (induced polarization) untuk mengetahui sebaran lumpur di bawah permukaan (studi kasus desa jari, kecamatan gondang, kabupaten bojonegoro)

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka. Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan maka saya bersedia untuk menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 29 Mei 2018

Yang membuat pernyataan



Zuhriyatul Umroh  
NIM. 13640020

## MOTTO

*“Genius is 1% inspiration, 99% perspiration”*

*-Thomas Alva Edison-*



## HALAMAN PERSEMBAHAN

*Alhamdulillah, atas rahmat dan hidayah-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Karya sederhana ini ku persembahkan untuk:*

- *Ibu dan Bapak tercinta atas jasa yang kalian berikan padaku. Rasa cinta yang kalian berikan bagaikan mutiara yang selalu berkilau di dalam hatiku.*
- *Temanku yang telah memberi dukungan kepadaku.*
- *Segenap keluarga besarku.*



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, atas rahmat, taufiq, serta hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Sholawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi kita, Nabi Muhammad SAW.

Penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah berpartisipasi dan membantu dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih sebanyak-banyaknya kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini. Ucapan terima kasih ini penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. Abdul Haris, M.Ag selaku Rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Drs. Abdul Basid, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Drs. Abdul Basid, M.Si selaku Dosen Pembimbing Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
5. Umaiatus Syarifah, M.A selaku Dosen Pembimbing Integrasi Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
6. Segenap Dosen dan Admin Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
7. Kedua orang tua dan semua keluarga yang telah memberikan dukungan, restu, serta selalu mendoakan disetiap langkah penulis.
8. Teman-teman Geofisika yang telah membantu dalam proses penelitian
9. Teman-teman Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang angkatan 2013.
10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Demikian yang dapat penulis sampaikan, kurang lebihnya penulis mohon maaf yang sebesar-besarnya dan penulis mohon kritik dan saran. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat. Amin.

Malang, 23 Februari 2018

Penulis



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGANTAR</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iv
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TERTULIS</b> .....	v
<b>MOTTO</b> .....	vi
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	vii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiv
<b>ABSTRAK</b> .....	xv
<b>ABSTRACT</b> .....	xvi
<b>مستخلص البحث</b> .....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
1.5 Batasan Masalah .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Mud Volcano .....	5
2.1.1 Pengertian Mud Volcano .....	5
2.1.2 Proses Terbentuknya Mud Volcano .....	9
2.1.3 Macam-Macam Mud Volcano .....	13
2.1.4 Faktor Penyebab Keluarnya Lumpur .....	15
2.1.5 Gunung Lumpur Di Pulau Jawa .....	16
2.2 Geolistrik .....	17
2.3 Metode Induced Polarization .....	19
2.3.1 Sumber Penyebab Fenomena IP .....	20
2.3.2 Pengukuran Fenomena IP .....	21
2.3.3 Mineral-Mineral Yang Menimbulkan Fenomena IP .....	25
2.3.4 Konfigurasi Wenner .....	26
2.4 Geologi Daerah Penelitian .....	28
2.5 Stratigrafi .....	28
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	32
3.2 Peralatan Penelitian .....	33
3.3 Pengambilan Data Penelitian .....	33
3.4 Diagram Alir .....	34
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Akuisisi Data .....	35
4.2 Pengolahan Data .....	36
4.3 Interpretasi dan Hasil .....	37

4.4.1 Lintasan 1 .....	38
4.4.2 Lintasan 2 .....	39
4.4.3 Lintasan 3 .....	40
<b>BAB V PENUTUP</b>	
5.1 Kesimpulan .....	46
5.2 Saran .....	46
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Lumpur Di Desa Jari .....	1
Gambar 2.2	Perkembangan Lumpur Diapir Kegunung Lumpur .....	11
Gambar 2.3	Distribusi Ion Stabil Sebelum Injeksi Arus Dan Kondisi Ion Terpolarisasi Sesaat Akibat Injeksi Arus .....	19
Gambar 2.4	Grafik Peluruhan Potensial .....	20
Gambar 2.5	Konsep Pengukuran Polarisasi Terinduksi Kawasan Waktu .....	21
Gambar 2.6	Susunan Elektroda Arus Dan Potensial Pada Konfigurasi Wenner .....	26
Gambar 2.7	Daerah Geologi Daerah Bojonegoro .....	28
Gambar 2.8	Lokasi Lumpur Bojonegoro .....	31
Gambar 2.9	Lintasan Penelitian .....	32
Gambar 4.10	Model Penampang 2D Lintasan 1 .....	38
Gambar 4.11	Model Penampang 2D Lintasan 2 .....	40
Gambar 4.12	Model Penampang 2D Lintasan 3 .....	41
Gambar 4.13	Hasil Gabungan Lintasan 1, 2 dan 3 .....	42

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Harga <i>chargeability</i> .....	37
Tabel 4.2 Hasil interpretasi lithologi pada lintasan 1 .....	39
Tabel 4.3 Hasil interpretasi lithologi pada lintasan 2 .....	40
Tabel 4.4 Hasil interpretasi lithologi pada lintasan 3 .....	41



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Pengukuran Geolistrik

Lampiran 2 Dokumentasi Penelitian



## ABSTRAK

Umroh, Zuhriyatul. 2018. Analisis Data Geolistrik Metode IP (*Induced Polaritation*) untuk Mengetahui Sebaran Lumpur di Bawah Permukaan (Studi Kasus Ds. Jari Kec. Gondang Kab. Bojonegoro). Skripsi. Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Drs. Abdul Basid, M.Si (II) Umaiatus Syarifah, M.A

---

---

**Kata Kunci:** Gunung Lumpur, Metode Geolistrik, Nilai *Chargeability*.

Gunung lumpur merupakan jenis gunung api yang terbentuk oleh likuid dan gas dari dalam bumi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sebaran lumpur di Desa Jari Kecamatan Gondang Kabupaten Bojonegoro. Survei yang dilakukan dalam penelitian ini adalah menggunakan survei IP (*induced polaritation*) geolistrik yang merupakan salah satu metode dalam geofisika yang digunakan untuk menginterpretasi bawah permukaan tanah. Pengambilan data dilakukan dengan mengambil 3 lintasan di dekat area semburan dengan menggunakan seperangkat alat *Resistivitymeter Merk M.A.E A6000E*. Pengolahan data di proses dengan perangkat lunak *res2dinv*. Hasil inversi 2D menunjukkan keberadaan lumpur dibawah permukaan dengan nilai *chargeability* mulai 6,91 msec sampai 425 msec. dan mendapatkan kedalaman mulai 1.00 m sampai 26.2 m.

## ABSTRACT

Umroh, Zuhriyatul. 2018. The Analysis of Geo-electric Data of IP (*Induced Polaritation*) Method to Know Mudflow under Surface (Case Study at Jari village of Gondang of Bojonegoro). Thesis. Department of Physics, Faculty of Science and Technology, the State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim of Malang. Supervisor: (I) Drs. Abdul Basid, M. Si (II) Umayyatus Syarifah, M.A

---

**Keywords:** Mud Volcano, Geo-electric Method, *Chargeability* Value.

Mud volcano is a kind of volcano that composed by liquids and gases from within the earth. The research aims to determine the distribution of mud at Jari village of Gondang of Bojonegoro. The survey conducted an IP (*induced polaritation*) survey of geo-electric which is one of the methods in geophysics to interpret the subsurface. The data collected by taking 3 trajectories near the mudflow area by using a set of *Resistivity-meter Merk M.A.E A6000E*. Data processing processed using *res2dinv* software. The 2D inversion result showed the existence of subsurface with chargeability value starting from 6.91 msec to 425 msec. and getting depth from 1.00 m to 26.2 m

## المخلص

العمرة، زهرية. 2018. تحليل بيانات الكهربية الجغرافية بطريقة IP (الاستقطاب المستحث) لمعرفة توزيع الطين تحت السطح (دراسة حالة في قرية جاري، غوندانغ بوجونيكورو). البحث الجامعي. قسم الفيزياء كلية العلوم والتكنولوجيا، الجامعة الإسلامية الحكومية مولانا مالك إبراهيم مالانج. المشرف: عبد الباسط، الماجستير، وأمية الشريفة، الماجستير.

الكلمات الرئيسية: بركان الطين، طريقة الكهربية الجغرافية، قيمة القدرة على الشحن (*Chargeability*).

بركان الطين نوع من البراكين التي تتكون من السائل والغاز من الأرض. يهدف هذا البحث إلى تحديد توزيع الطين في قرية جاري غوندانج بوجونيكورو. استخدم المسح في هذا البحث الاستبيان IP (الاستقطاب المستحث) الكهربية الجغرافية التي أحد من الأساليب في الفيزياء الجغرافية التي تستخدم لتفسير سطح الأرض. قد جمعت البيانات عن طريق أخذ 3 مسارات بالقرب من منطقة التدفق الطيني باستخدام مجموعة من الأدوات *Resistivitymeter Merk M.A.E A6000E*. جريت معالجة البيانات باستخدام برمجيات *res2dinv*، دلت نتائج انعكاس ثنائية الأبعاد (2د) على وجود المسح تحت سطح الأرض مع قيمة قيمة القدرة على الشحن التي تبدأ من 6.91 ميلي دقيقة حتى 425 ميلي دقيقة. وحصل على عمق بدء من 1.00 م حتى 26.2 م



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Semburan lumpur adalah fenomena alam yang tersebar luas di belahan dunia salah satunya yang banyak di temukan di Indonesia bagian timur, salah satu lumpur yang terdapat di Indonesia bagian timur ini antara lain di Bleduk Kuwu dan sangiran Provinsi Jawa Tengah, serta di Sidoarjo Provinsi Jawa timur yang di kenal dengan sebutan LUSI (Lumpur Sidoarjo).

Semburan lumpur atau disebut dengan nama *mud volcano* ini umumnya terdapat pada cekungan yang telah terisi oleh endapan batuan sedimen yang cukup tebal. Kemunculan semburan lumpur pada umumnya diakibatkan oleh adanya struktur geologi daerah setempat, seperti terdapat lipatan, sesar dan retakan serta energi yang cukup kuat untuk mendorong lumpur tersebut dapat mencapai ke permukaan

Area lereng gunung desa Jari, kecamatan Gondang, kabupaten Bojonegoro Jawa Timur terdapat gunung lumpur. Dugaan munculnya gunung lumpur ini disebabkan adanya pergeseran lempengan perut bumi setelah terjadinya gempa.



Gambar 1.1 Lumpur di desa jari.

Sesuai perhitungan Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) setempat menyatakan bahwa semburan lumpur bercampur air yang terjadi di berbagai lokasi di Bojonegoro, debitnya sekitar liter per detik. Menurut ahli tektonik, Dr. Jatmiko Setiawan menyatakan bahwa gas yang keluar berasal dari reservoir formasi selorejo/formasi Wonocolo dan Selorejo adalah reservoir yang terlipat membentuk antiklin Selo Gaja, yang biasa dipakai untuk perangkap gas.

Gunung lumpur ini awalnya hanya terdapat satu titik saja tapi kini sudah terdapat beberapa titik semburan. Material lumpur panas yang disertai bau belerang menyengat ini sudah melebar ke lahan persawahan masyarakat daerah sekitar. Keluarnya material lumpur yang terus menerus memungkinkan terjadinya permukaan tanah ambles akibat adanya rongga di bawah permukaan tanah setelah ditinggalkan oleh material lumpur.

Dengan adanya fenomena alam tersebut, perlu dilakukan sebuah penelitian terhadap semburan lumpur, untuk mengetahui informasi tentang sebaran lumpur struktur permukaan bawah tanah perlu dilakukan penelitian, salah satu instrumen yang digunakan untuk mengetahui hal tersebut ialah menggunakan metode geolistrik salah satunya adalah metode polarisasi terimbas atau *Induce Polarization* (IP). Sebagaimana firman Allah SWT dalam surat ar-Rohman (55):33.

يَمْعَشَرُ الْجِنَّ وَالْإِنْسِ إِنَّ اسْتِطَعْتُمْ أَنْ تَنْفُذُوا مِنْ أَقْطَارِ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ فَانْفُذُوا لَا تَنْفُذُونَ إِلَّا بِسُلْطَانٍ

“*Hai jama'ah jin dan manusia, jika kamu sanggup menembus (melintasi) penjuru langit dan bumi, maka lintasilah, kamu tidak dapat menembusnya kecuali dengan kekuatan.*” (Q.S. ar-Rahman [55]:33).

بِسْطَانِ bermakna “*Dengan kekuatan*”, maksudnya dengan perintah Allah SWT. Menurut Agus Purwanto (2008) kekuatan yang dimaksud pada ayat tersebut adalah kekuatan pikiran atau ilmu pengetahuan. Dengan pengetahuan yang cukup maka dapat memahami apa yang tersimpan di bumi. Dalam bidang geofisika untuk dapat melakukan eksplorasi perlu menggunakan metode geolistrik (Nurisyadzatul, 2016).

Metode geolistrik adalah salah satu metode geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik dan bagaimana cara mendeteksinya di permukaan bumi, aliran arus listrik yang mengalir dalam tanah dan garam yang terkandung dalam batuan serta adanya mineral logam maupun panas yang tinggi.

Metode polarisasi terimbas adalah salah satu metode geofisika yang relatif baru dibanding dengan metode geolistrik yang lain. Sesuai dengan namanya metode IP mengukur adanya polarisasi di dalam medium karena pengaruh arus listrik yang melewatinya dan polarisasi banyak yang terjadi pada medium yang mengandung mineral logam. Sehingga metode ini lebih banyak dipakai untuk eksplorasi logam dan kadang-kadang dilakukan untuk penyelidikan air tanah.

## **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana sebaran kantong lumpur di daerah Desa Jari Kecamatan Gondang Kabupaten Bojonegoro menggunakan metode IP (*Induced Polarization*)?

2. Bagaimana struktur geologi bawah permukaan pada daerah penelitian menggunakan metode IP (*Induced Polarization*)?

### 1.3 Tujuan

1. Untuk mengetahui sebaran kantong lumpur di daerah Desa Jari Kecamatan Gondang Kabupaten Bojonegoro menggunakan metode IP (*Induced Polarization*).
2. Untuk mengetahui struktur geologi bawah permukaan pada daerah penelitian menggunakan metode IP (*Induced Polarization*).

### 1.4 Manfaat penelitian

1. Sebagai informasi mengenai keberadaan lumpur yang ada pada di Desa Jari Kecamatan Gondang Kabupaten Bojonegoro.
2. Dapat menambah wawasan tentang mengenai keberadaan semburan lumpur menggunakan metode IP (*Induced Polarization*) sehingga dapat dijadikan referensi untuk penelitian selanjutnya dalam bidang geofisika.

### 1.5 Batasan Masalah

1. Penelitian dilakukan di Desa Jari Kecamatan Gondang Kabupaten Bojonegoro.
2. Interpretasi sebaran lumpur menggunakan metode geolistrik *chargeability*. konfigurasi *wenner alpha* dilakukan dengan jenis penyelidikan *mapping*.
3. Interpretasi dibantu dengan *software Res2dinv* dan *CorrelDraw*.



## **BAB II KAJIAN PUSTAKA**

### **2.1 *Mud Volcano***

#### **2.1.1 Pengertian *Mud Volcano* (Gunung Lumpur Berapi)**

Gunung lumpur atau sedimentasi *volcano* adalah sebuah proses yang membawa ekstrusi kepermukaan luar material yang bersumber dari sedimen dalam bumi, seperti lumpur, patahan atau blok antar batuan, *saline water* (air asin), dan gas metana merupakan bagian yang dominan dalam representasinya. Mekanisme ini biasanya dihubungkan secara mendalam dengan hidrokarbon *trap* (Higgins, 1974). Keberadaan *mud volcano* disebabkan oleh aktivitas tektonik, aktivitas tektonik ini menyebabkan fluida berpindah dari tempat yang mengalami deformasi crustal kompleks sebagai hasil dari tekanan dan regangan tektonik (Handoko, 2015).

*Mud* (lumpur) intrusi dan ekstrusi merupakan fenomena yang terkenal dengan cairan yang memiliki banyak kandungan material. Sedimen berbutir halus naik dalam suksesi litologi karena adanya data mengapung yang dimiliki. Proses ini dikaitkan dengan adanya minyak bumi (kopf, 2002).

Gunung lumpur adalah fenomena geologis yang muncul sebagai akibat semburan lumpur yang liar. Biasanya reservoir batuan yang didiami oleh fluida berupa lumpur adalah batuan gamping pada kedalaman lebih dari 3000 meter di bawah permukaan, selain itu juga didiami oleh garam. Sehingga memungkinkan terjadinya kubah garam (*salt dome*), diapir (intrusi atau penerobosan batuan karena tekanan melalui rekahan) dan gunung lumpur (*mud volcano*). Istilah *mud*

*volcano* atau gunung lumpur digunakan untuk suatu fenomena keluarnya air lumpur atau lempung ke permukaan bumi. Erupsi air lumpur umumnya berhubungan dengan gas alam. Lumpur mengendap di sekitar lubang erupsi dan membentuk kerucut seperti kerucut gunung api (Mazini, 2009).

Gunung lumpur sering dikenal dengan sedimentasi *volcano*, memiliki sifat menyerupai dengan gunung berapi magmatik. Pelepasan ledakan dari gas yang terpendam dikombinasikan dengan pembakaran gas hidrokarbon akan menambah kemiripan ini. Tetapi tidak seperti magmatik, mereka yang membawa batuan cair atau lava ke permukaan panas.

Seperti erupsi gunung berapi, gunung berlumpur dapat mengeluarkan erupsi yang sangat kuat dan melemparkan material panas dan sangat dingin. Erupsi mengeluarkan ribuan kubik gas hidrokarbon dalam ribuan ton lumpur. Gunung lumpur memiliki karakteristik yang menghubungkannya dengan vulkanisme normal (magmatik) yang memiliki morfologi permukaan dan kemiripan yang hampir sama. Terkadang gunung lumpur meletus hebat, mengeluarkan lumpur dan abu hingga ketinggian beberapa kilometer.

Gunung lumpur terdapat di daratan maupun lautan. Berbentuk pulau dan dapat berupa tumpukan yang dapat merubah bentuk garis pantai dan perubahan gempa. Komposisi gunung lumpur ini terdiri atas semua material yang dikeluarkan dari perut bumi baik berupa massa padat, plastik, cair, dan gas. Massa padat berupa bebatuan, garam sedangkan massa plastik berupa bubur lempung. Sebaliknya massa cair dapat berupa air (air tanah magmatik/vulkanik dan air laut)

sedangkan massa gas berupa gas metan, hidrat dan gas belerang. Rosulullah SAW bersabda:

يَقُولُ مَنْ أَحَدَ شِبْرًا مِنَ الْأَرْضِ ظُلْمًا فَإِنَّهُ يُطَوَّقُهُ يَوْمَ الْقِيَامَةِ مِنْ سَبْعِ أَرْضِينَ

*“Barang siapa yang mengambil sejengkel Tanah secara dhalim, sesungguhnya ia akan dibebani tujuh (lapis) bumi pada hari kiamat nanti.” (HR. Bukhari).*

Hadist ini jika dihubungkan dengan keadaan lapisan bumi menyatakan adanya 7 (tujuh) lapisan yang dimiliki bumi. (سبع ارضن) memiliki arti tujuh lapis bumi (Nurisyadzatul, 2016). Sabda Rosulullah Mengenai 7 lapis bumi semakin menguatkan tentang fakta-fakta geosains. Struktur bumi dapat diketahui dari lapisan kerak bumi. Dari lapisan atas kerak Bumi dapat dilihat bentuk bumi berupa pegunungan, gunung api, samudera, daratan, gunung lumpur dan sebagainya. Sedangkan dari lapisan kerak bumi dapat diketahui struktur bumi berupa jenis batuan atau mineral yang terkandung (Fatimatuzzahroh, 2015).

Gas yang dipancarkan dapat membakar dan menghasilkan api besar. Tetapi sebagian besar dari fenomena-fenomenanya, gunung lumpur berkembang dan meluas secara masif, bahan semi-liquid yang mengalir keluar secara bertahap dan terus meningkat dikenal dengan gunung lumpur breksi. Gunung lumpur breksi tersusun oleh lumpur sebanyak 90% dari total volume keseluruhan. Biasanya gunung lumpur breksi diekstruksi dari satu saluran yang disebut saluran pusat (Dimitrov, 2001).

Pada sekitar daerah permukaan, terdapat beberapa saluran kecil yang memisahkan diri dari saluran pengumpan (*feeder channel*). Singkapan dari saluran pusat biasanya terletak pada puncak gunung lumpur yang disebut kawah utama

(*main crater*) yang membentuk berbagai variasi lapisan cembung atau datar. Kawasan gunung ini berkaitan dengan saluran lateral yang disebut dengan satelit, parasit atau kawah sekunder. Kaldera pada gunung lumpur berbentuk ketika gunung vulkanik runtuh disebabkan habisnya massa yang sangat besar pada saluran/lubang yang mengakibatkan kekosongan pada ruang saluran, atau disebabkan oleh pembuangan jumlah bahan masif pada ledakan erupsi. Erupsi tersebut diketahui merusak segenap struktur dari gunung vulkano (Dimitrov, 2001).

Potensi bahaya dari semburan gunung lumpur bisa berupa letusan lumpur, emisi dari gas beracun dan membuang gas-gas secara spontan (Guliyev and Feyzullayev, 1994). Fenomena bencana ini dapat terjadi secara tiba-tiba tanpa peringatan, namun hanya memberikan dampak pada daerah di dekat gunung lumpur dan karena itu hanya dilakukan upaya yang bersifat lokal. Namun tidak semua semburan gunung lumpur berbahaya dan liar (Yusinov, 2004).

Gunung lumpur dapat dibagi menjadi 2 kelompok yaitu yang terkait dengan kompleks magmatik dan terkait dengan minyak bumi (Kopf, 2002). Gunung lumpur ini terjadi secara meluas pada dunia dalam dua lempeng pasif yang didominasi aktif pada sepanjang lipatan dan sumbu antiklin. Struktur ini bertindak sebagai jalur berkumpulnya cairan yang akhirnya akan mencapai permukaan. Gunung lumpur mengalami letusan keras berupa air, minyak, lumpur dan fragmen batuan yang membentuk breksi lumpur dalam jumlah besar dan keluar secara berkelanjutan sehingga menghasilkan bentuk gunung (Mazini, 2009).

Gunung lumpur berdasarkan garis seismik memiliki bentuk yang berbeda-beda. Beberapa bentuk memiliki perbedaan yang menonjol di dasar laut,

sedangkan yang lain melebur bergabung menjadi bantuan sekitarnya. Empat jenis gunung lumpur yang dibedakan berdasarkan bentuk dan penampilan di dasar laut yang dijelaskan di sini: cekung, cembung, datar dan terkubur.

Cekung, jenis gunung lumpur ini biasanya memiliki bentuk kerucut dengan khas kawah di atasnya. Cembung, gunung lumpur jenis ini memiliki permukaan yang cembung dan relatif halus dengan ditandai tidak adanya kawah atau distorsi negatif di dasar laut datar. Gunung lumpur memiliki bentuk kerucut dan reflektor datar di bagian atas. Ada kasus ketika gunung lumpur tidak memiliki relief khas seperti yang disebutkan di atas. Kurangnya sinyal seismik dapat disebabkan oleh gas jenuh sedimen. Dikuburkan (*buried*) jenis gunung lumpur ini ditandai dengan kurangnya bentuk/wujud dari gunung lumpur di atas permukaan. Tubuh gunung lumpur ditutupi oleh sedimen dan tidak berhubungan dengan bagian atas permukaan. Gunung lumpur yang seperti ini biasanya memiliki fitur yang menumpuk (tumpukan/timbunan) yang ditafsirkan sebagai arus paleo yang mengungkapkan aktivitas mereka di masa lalu (Yusinov, 2004).

### 2.1.2 Proses Terbentuknya Gunung Lumpur

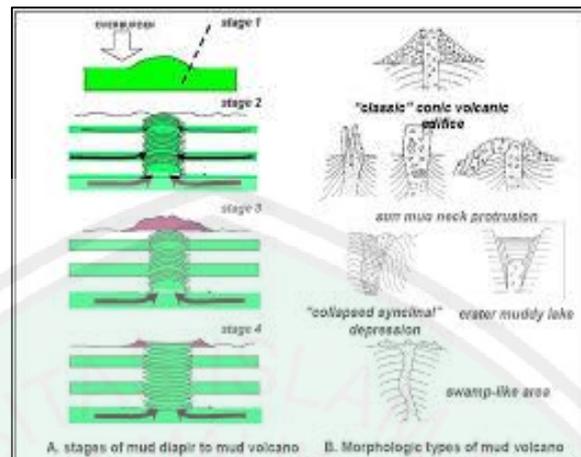
Peristiwa gunung lumpur dikontrol oleh beberapa faktor, diantaranya aktivitas tektonik, pemuatan sedimen karena sedimentasi yang cepat, sedimen plastik halus dan akumulasi hidrokarbon yang kontinu (terus-menerus) (Hensen et al, 2007).

Gunung lumpur merupakan struktur geologi yang terbentuk sebagai hasil emisi dari material yang terdapat pada permukaan bumi atau dasar laut. Kandungan air dan gas yang bercampur dalam cairan semi *liquid* yang digunakan

untuk mendorong cairan tersebut ke atas menuju keluaran atau retakan pada lapisan kerak bumi melalui lubang sempit yang panjang. Untuk mengeluarkan isi keluaran gunung lumpur pada permukaan, material diekstruksi membentuk karakteristik ciri morfologi memanjang, sebagian besar bervariasi dalam bentuk kerucut. Tersusun oleh lumpur yang disebut lumpur breksi yang secara sangat berlawanan dengan sedimen asli sekitarnya. Penggambaran ini menunjukkan bahwa gunung lumpur merupakan ciri topografi sederhana yang disebabkan oleh ciri pembentukan gunung lumpur yang merupakan bukti dari proses alami yang terpisah (Dimitrov, 2001).

Gunung lumpur dikenal sebagai ciri yang berkaitan erat dengan “tanah liat atau lumpur diapir”, diapir merupakan kubah (*anterooms*) yang dihasilkan oleh deformasi plastik atau aliran halus sedimen yang mungkin dapat merusak atau meretakkan lapisan batuan. Diapir tanah liat memungkinkan memiliki mekanisme yang sama dari formasi tetapi tidak menembus permukaan sedimen, hanya naik ke beberapa tingkat dibawah permukaan. Jika sebuah diapir mencapai permukaan selama perkembangannya yang disebabkan kandungan plastik maka sifat semi *liquid* dari batu akan tersusun, hal ini akan membentuk arus keluar lumpur (*clay*), akibatnya hal tersebut disebut dengan gunung lumpur (Dimitrov, 2001).

Hubungan erat antara lumpur diapir dan gunung lumpur dapat dilihat pada tahap pembentukan diapir ke gunung diapir (Satyana, 2008):



Gambar 2.2 Perkembangan Lumpur Diapir Kegunung Lumpur (Satyana, 2008).

Tahap pertama merupakan fase pertumbuhan deformasi awal *shale* pada zona lemah. Tahap kedua adalah perpindahan *shale* ke atas mendekati permukaan (fase diapirik *shale*) tahap ketiga semburan *shale* ke permukaan (fase gunung lumpur). Tahap keempat merupakan proses akhir dari aliran shale disebabkan penurunan tekanan bawah permukaan yang ditunjukkan oleh penurunan parsial dibawah gunung lumpur (Satyana, 2008).

Gunung lumpur mencakupi bentuk dan komposisi *body* (badan) batuan kira-kira bulat atau hampir tidak eliptis, umumnya berbentuk silinder, relasi terhadap batuan sekitar meliputi (*high-angle* dan ketidaksadaran hubungan dengan formasi dinding batuan, antara unsur tua dan muda dinding batuan), sifat matriks dan batuan matriks yang lebih tinggi, bentuk blok-blok dan hubungannya dengan matriks memusatkan pada klast tengah formasi. Dan aktivitas di peristiwa gunung lumpur.

Gunung lumpur terbentuk karena melepaskan gas alami yang naik ke permukaan ketika menemukan conduit (sesar mendatar yang tegak) dan membawa lumpur (*mud*) yang memiliki densitas lebih ringan dari sedimen di sekitarnya.

Lumpur, gas, batuan, belerang dan garam serta air akan diletuskan di permukaan membentuk kerucut seperti gunung. Proses sedimentasinya serupa mud diapir dalam skala yang lebih kecil tetapi dalam gerakan yang lebih cepat, yang dipicu oleh adanya paket sedimen berdensitas rendah dikelilingi paket sedimen berdensitas lebih tinggi. Gerakan tektonik berpengaruh, juga sedimen yang diendapkan secara cepat. Wilayah sesar mendatar aktif merupakan lahan subur gunung lumpur.

Ada pula yang menyebutkan bahwa terbentuknya gunung lumpur adalah akibat adanya gaya dari dalam perut bumi (*endogenik*). Gunung lumpur sebenarnya identik dengan diapir lumpur/garam. Gunung lumpur merupakan intrusi massa yang relatif bergerak/berpindah (*mobile*) terhadap strata (lapisan/tingkatan) di sekitarnya yang diakibatkan adanya daya apung (*buoyancy*) dan perbedaan tekanan berlebihan (*oversaturated*) dan ketika massa yang mengintrusi sampai di permukaan, maka fenomena inilah yang dikenal dengan sebutan gunung lumpur (*mud volcano*) (Satyana, 2008).

Pemicu utama dari letusan gunung lumpur adalah tekanan berlebihan (*overpressure*) dari metana yang naik dari kedalaman batuan sumber (*source*) dan batuan reservoir hidrokarbon. *Overpressure* dikenal sebagai proses penumpukan yang berkontribusi terhadap breksi. Selama proses *overpressure* ini, kubah lumpur atau diapir menggunung membentuk sedimen yang terbreksikan pada bawah permukaan jika gunung lumpur tersebut merupakan gunung lumpur diapir cairan yang naik dan berkembang sebagai ditopang oleh daya apung dan volum cairan akan terus meningkat kedalaman dangkal (Mazini, 2009). Daya apung masa

pada proses diapir sebagai pendorong berpindahnya massa berupa kandungan lempung yang tinggi (*Clay-rich*) keatas yang tidak melubangi semua lapisan penutup tanah. Sebaliknya, terdapat massa diapir yang mendorong paksa lumpur dari dalam permukaan menuju permukaan, keduanya merupakan ciri dari gunung lumpur. Diapir lumpur dan diatrema lumpur dapat dibedakan berdasarkan tekanan bumi dari asal bersumbernya intrusi lumpur. Pada lumpur diapir, lumpur bertindak sebagai tahapan tunggal cairan viskositas, sedangkan untuk diatrema, aliran air dan gas melalui sedimen menyebabkan fluidasi ketika fraksi cairan lumpur sedang berlangsung.

### 2.1.3 Macam-Macam Gunung Lumpur

Keistimewaan dari pembentukan *host* dan evolusi gunung lumpur bisa secara umum menjelaskan keanekaragaman pada morfologi dan aktivitas dari gunung lumpur. Beberapa skema klasifikasi yang telah berkembang dengan menggunakan pendekatan dan kriteria yang berbeda, bentuk dan ukuran susunan gunung lumpur serta hubungan gunung lumpur dengan struktur geologi lokal patahan dan tipe dari lipatan (Dimitrov, 2001).

Kalinko (1964) berdasarkan banyak data, gunung lumpur terbentuk dalam sebuah sistem klasifikasi berdasarkan pada karakter dari aktivitas gunung lumpur dengan tindakan morfologinya dapat dibedakan menjadi tiga tipe gunung lumpur (Dimitrov, 2001):

#### a) *Type Lokbatan*

Gunung lumpur merupakan aktivitas yang memiliki karakter eksplosif, umumnya terjadi pembakaran atau penyalaan pada gas yang keluar. Pada

jangka pendek aktivitas gunung lumpur terpisahkan oleh pasif dalam jangka yang panjang. Contoh dari *type lokbatan* ini antara lain: *Apsheron Penunsila, Azerbaijan, Caspia Sea dan Dzuhau-Tepe*, Gunung lumpur terbesar kerch Penunsila dan Ukraine. Biasanya dorongan lumpur breksi merupakan karakteristik dari viskositas yang rendah. Berdasarkan tipe gunung lumpur ini, dorongan tersebut menentukan pembentukan sumur berbentuk kerucut dan curam. Penyumbatan saluran pengumpan oleh lumpur *corks* (sumbatan) dan melebihi eksplosif *corks* ketika tekanan *fluida* melebihi kekuatan retensi lubang.

b) *Tipe chikishlyar*

Berbeda dari tipe pertama, tipe ini memiliki karakteristik tenang, secara relatif lemah dan aktivitas yang terus menerus. Gas yang dilepas secara terus menerus. Banyak gas yang menyembur keluar dalam bentuk gas lumpur dan air pada kuantitas kecil, hal ini merupakan ciri umum tipe ini. Pada tipe ini gunung lumpur dipengaruhi oleh keberadaan dari lapisan air jenuh di atas lapisan skuen sedimen. Gunung lumpur terbentuk sangat rendah, biasanya berupa kubah menonjol atau datar yang melebur dengan lapisan sekitarnya, atau lempeng yang berbentuk lebih rendah yang sering dipenuhi oleh air. Tipe ini sangat umum terdapat pada kerch Peninsula, Ukraina.

c) *Type Schugin*

Tipe ini menunjukkan sebuah tipe transisional aktivitas gunung lumpur. Titik letusan merupakan substitusi dari aktivitas yang lemah. Tipe

ini memiliki penyaluran terbesar di dunia. Hal ini dicirikan oleh keanekaragaman bentuk, tetapi lebih umumnya gunung lumpur membangun kawah gunung komposit.

Tidak ada hubungan antara tipe dan penyebarluasan gunung lumpur. Secara umum dari tiga tipe tersebut dapat bergantung pada litologi lokal dan struktur tektonik sedimen *host*.

Gunung lumpur pada bawah laut sulit untuk diklasifikasikan tetapi beberapa asumsi dapat diketahui dengan belajar tentang morfologinya, berdasarkan bentuk *body*, struktur dari kawah gunung berapi, serta aliran lumpur dan lain-lain. Pada keadaan pasif atau aktivitas baru dari gunung lumpur bawah laut dapat diperkirakan oleh beberapa keanehan yang lebih menonjol pada puncak gunung lumpur. Emisi *fluida* (dapat dilihat dengan adanya gelembung gas dan air atau bukti perubahan dari penyebaran yang ditunjukkan oleh alat pengukuran. Berdasarkan indikator biologi dan geologi (*bacterial mat, n chemosynthetic communities, carbonate buildups, methane-derived carbonates, etc*). Nilai medan termal lebih tinggi dari daerah-daerah sekitar (nilai gradien *geothermal* yang tinggi). Dan perbedaan dari pori-pori *fluida* lumpur breksi dari air laut.

#### **2.1.4 Faktor Penyebab Keluarnya Lumpur**

Ada dua faktor yang menyebabkan terjadinya semburan lumpur tersebut yaitu (Nurisyadzatul, 2016):

a. Faktor alam

Munculnya lumpur panas di dunia selalu dikaitkan dengan adanya gunung lumpur (*mud vulcano*). Komposisi gunung lumpur ini terdiri atas semua *material* yang dikeluarkan perut bumi baik berupa masa padat, plastis, cair, dan gas. Munculnya gunung lumpur ini dipicu adanya bubur lumpur yang bercampur dengan kantong-kantong gas (metana) yang mengalami kelebihan tekanan terkubur di bawah permukaan yang berusaha keluar ke permukaan bumi. *Conduit* untuk keluarnya lumpur tersebut berupa bukaan atau rekahan terbentuk akibat proses tektonik atau pembentukan patahan atau struktur antiklin.

b. Kegiatan manusia

Kegiatan manusia (*man made activity*), terjadi semburan lumpur panas yang diakibatkan oleh adanya aktivitas atau kegiatan manusia contohnya pemasangan rig dan pengeboran minyak bumi, seperti yang terjadi di Sidoarjo.

### 2.1.5 Gunung Lumpur di Pulau Jawa

Gunung lumpur merupakan fenomena yang memanjang dalam lapisan bumi. Di pulau Jawa. Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, utara Bali hingga utara Lombok yang jika suatu ketika terjadi patahan akibat pergerakan bumi, maka gunung lumpur akan menemukan jalan keluarnya. Untuk di pulau Jawa sendiri gunung lumpur terdapat di kota-kota berikut: Jawa Tengah di daerah Bleduk Kuwu, Purwodadi dan Sangiran, sedangkan di Jawa Timur ditemukan di Kalang Anyar, Pulungan, Gunung Anyar, Bangkalan hingga bojonegoro yang berada

dalam satu pola kelurusan berarah NE-SW. Beberapa gunung lumpur bahkan membentuk pulau pulau seperti banyak ditemukan di utara pulau Sawu baratnya Timor dan di utara Timor.

Ada empat macam gunung lumpur (*mud volcano*) yang dipelajarinya di Azerbaijan yang dikelompokkan oleh State Oil Company of Azerbaijan Republic. Pertama tipe *Explosive* yang dicirikan dengan semburan lumpur dan gas yang sangat kuat dan secara seketika terbakar. Sedangkan tipe yang kedua adalah *effusive* yang dicirikan dengan keluarnya lumpur seketika dalam jumlah yang besar namun tidak ada gas yang terbakar. Tipe yang ketiga adalah *effusive* yang dicirikan aliran lumpur yang viskositasnya encer tanpa mengeluarkan gas dalam jumlah yang banyak. Sedangkan tipe yang terakhir adalah tipe *extrusive* yang dicirikan aliran lumpur yang lambat dengan kandungan viskositas yang encer dengan kandungan gas yang sangat sedikit. Dari keempat di atas tipe pertama dan kedua ini sangat berbahaya. Tipe yang lain sedikit kurang berbahaya bahkan mungkin bisa diprediksi. Tetapi harus dipelajari dulu struktur geologi bawah permukaannya sebelum ditentukan tipe dari semburan lumpur tersebut (Yusinov, 2004).

## 2.2 Geolistrik

Metode pengamatan geofisika pada dasarnya adalah mengamati gejala-gejala gangguan yang terjadi pada keadaan normal. Gangguan ini dapat bersifat statik dapat juga bersifat dinamik, yaitu gangguan yang dipancarkan ke bawah permukaan bumi. Gejala gangguan yang terdapat pada keadaan normal disebut dengan anomali. Metode Geolistrik merupakan salah satu metode geofisika yang

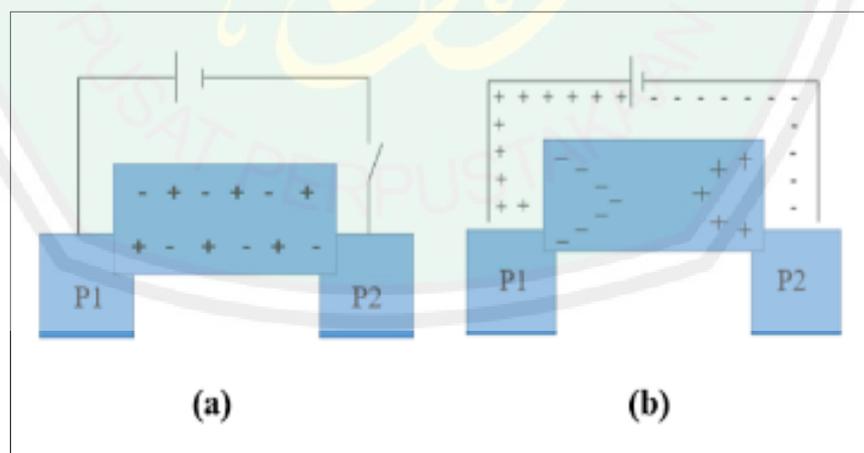
mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi dengan cara pendeteksian di permukaan bumi. Diantaranya meliputi pengukuran potensial, pengukuran arus medan elektromagnetik yang terjadi baik secara alami maupun akibat injeksi arus ke dalam bumi. Oleh karena itu metode geolistrik mempunyai banyak macam, termasuk di dalamnya yaitu : Metode Potensial Diri / *Self Potential (SP)*, Metode Resistivitas/Tahanan Jenis, Arus *Telluric*, *Magnetotelluric*, Potensial terimbas (Reynold,1997).

Metode geolistrik lebih efektif jika digunakan untuk eksplorasi yang sifatnya dangkal, jarang memberikan informasi lapisan di kedalaman lebih dari 1000 atau 1500 kaki. Oleh karena itu metode ini jarang digunakan untuk eksplorasi minyak tetapi lebih banyak digunakan dalam bidang geologi teknik seperti penentuan kedalaman batuan besar, pencarian reservoir air, juga untuk eksplorasi panas bumi (*geothermal*) (Anonim, 1991). Keunggulan secara umum adalah harga peralatan relatif murah, biaya survey relatif murah, waktu yang dibutuhkan relatif sangat cepat.

Pada metode geolistrik polarisasi terimbas arus listrik diinjeksikan ke dalam bumi melalui dua elektroda arus, kemudian beda potensial yang terjadi diukur melalui dua elektroda potensial. Dalam metode polarisasi terimbas ada 4 macam metode pengukuran yaitu pengukuran dalam domain waktu, domain frekuensi, pengukuran sudut fasa dan *Magnetic Induced Polarization (MIP)*.

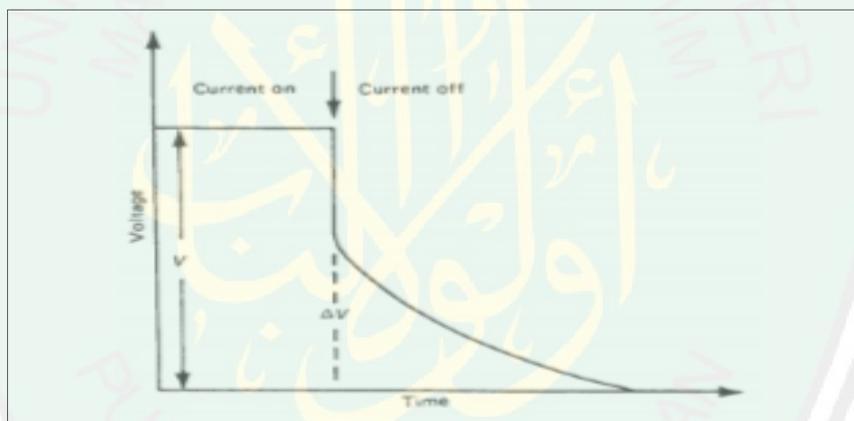
### 2.3 Metode Induced Polarization

Prinsip metode IP adalah mengalirkan arus listrik kedalam bumi dan mengamati beda potensial yang terjadi setelah arus listrik dihentikan. Pada saat arus diinjeksikan, ion-ion dalam pori-pori batuan akan terdistribusi dari posisi stabil menjadi tidak stabil. Ketika arus diputus, seharusnya beda potensial langsung menjadi nol, akan tetapi pada medium-medium tertentu beda potensial tidak langsung menjadi nol dikarenakan medium bersifat seperti kapasitor (menyimpan energi listrik). Energi listrik masih tersimpan dalam bentuk energi elektrokimia pada *fluida* elektrolit maupun mineral konduktif pada pori-pori batuan. Jadi setelah arus diputus, ion-ion yang sebelumnya mengalami pengkutuban berangsur-angsur kembali ke keadaan seimbang dengan kata lain masih terdapat beda tegangan yang akan meluruh terhadap waktu sampai nilainya menjadi nol.



Gambar 2.3 (a) Distribusi Ion Stabil Sebelum Injeksi Arus; (b) Kondisi Ion Terpolarisasi Sesaat Akibat Injeksi Arus (Hadrian, 2010).

Fenomena pengutuban ini dilihat pada contoh rangkaian batuan yang mengandung mineral (gambar 2.3) misalkan rangkaian tersebut dialiri arus searah (DC) kemudian diukur beda potensial ( $\Delta V$ ) antara titik p1 dan p2. Setelah itu injeksi arus dimatikan pada waktu  $t$  nol, ternyata pada beda potensial pada kedua titik tersebut tidak langsung nol (hilang) tetapi perlahan-lahan turun dalam selang waktu (detik hingga menit) sampai nilainya nol. Grafik peluruhan potensial tegangan yang dihasilkan ketika arus telah dimatikan ditunjukkan pada (Gambar 2.4) (Hadrian, 2010).



Gambar 2.4 Grafik peluruhan potensial (Bagas 2017).

### 2.3.1 Sumber Penyebab Fenomena IP

Ketika arus listrik diinjeksikan ke dalam lapisan batuan, arus listrik tersebut memberikan energi kepada *material-material* penyusun batuan yang kemudian disimpan dalam bentuk energi elektrokimia. Energi ini merupakan hasil dari (Hadrian, 2010):

- a. Perbedaan kecepatan ion-ion yang bergerak di dalam *fluida* dari pori-pori batuan

- b. Perbedaan nilai konduktivitas ion dan konduktivitas listrik batuan yang mengandung mineral logam.

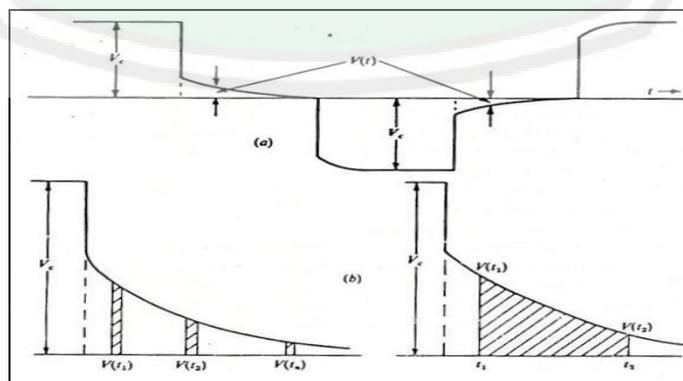
Kedua faktor tersebut yang menjadi penyebab terjadinya fenomena IP pada batuan.

### 2.3.2 Pengukuran Fenomena IP

Metode IP mampu mengidentifikasi mineral yang *disseminated* (tersebar) namun sulit untuk mineral yang *massive*. Hal ini disebabkan mineral yang tersebar lebih mudah terpolarisasi akibat arus yang melewatinya. Teknik pengukuran dalam metode IP terbagi menjadi dua yaitu;

#### a. *Time domain*

Prinsip *time domain* adalah dengan mengukur perbedaan respon batuan yang mengandung mineral konduktif atau tidak dengan melihat *overvoltage* (pertambahan beda potensial) pada batuan sebagai fungsi sebagai fungsi waktu akibat efek polarisasi. Pada saat arus dimatikan, maka diukur *overvoltage delay* per waktu, sehingga akan diperoleh nilai *apparent chargeability* ( $M_a$ ), (lihat Gambar 2.4).



Gambar 2.5 Konsep Pengukuran Polarisasi Terinduksi Kawasan Waktu. (Ariski, 2004).

Pengukuran IP dalam *time domain* dilakukan dengan cara menginjeksikan arus listrik dan kemudian mengukur beda potensial setelah arus dimatikan. Pengukuran nilai beda potensial dilakukan hingga tegangan mencapai nilai nol. Parameter yang diukur adalah tegangan primer ( $V_p$ ) yaitu tegangan ketika arus belum dimatikan dan tegangan sekunder ( $V_s$ ) yaitu tegangan yang terukur selama waktu peluruhan. Untuk menghitung nilai *apparent chargeability* ( $M_a$ ) dilakukan dengan cara membandingkan nilai  $V_p$  dengan nilai rata-rata  $V_s$  yang diperoleh dengan cara mengintegrasikan  $V_s$  terhadap sampel waktu peluruhan (Bagas, 2017).

Terdapat dua sumber penyebab polarisasi pada batuan. Sumber pertama adalah *membrane polarization*. Faktor yang mengakibatkan adanya polarisasi pada *membrane polarization* adalah adanya penyempitan pori-pori pada batuan dan adanya *clay*. Penyempitan pori-pori akan menyebabkan terhambatnya ion-ion pada batuan sehingga arus akan dapat tersimpan dalam beberapa waktu tertentu. Sedangkan adanya *clay* menyebabkan terkumpulnya ion-ion positif, hal ini dikarenakan sifat *clay* yang berupa ion negatif. Sumber kedua adalah polarisasi elektroda. Polarisasi elektroda terjadi karena adanya mineral logam dalam pori-pori batuan. Hal ini akan mengakibatkan tertahannya arus listrik ketika melalui pori-pori tersebut. Pada umumnya, akifer air tanah yang mengandung *freshwater* akan menunjukkan nilai *chargeability* sebesar 0 msec. Apabila akifer tersebut merupakan air asin umumnya akan memiliki nilai *chargeability* sebesar 0.2 msec (Bagas, 2017).

Parameter yang dihitung sebagai petunjuk adanya polarisasi dalam domain waktu adalah:

#### 1. Efek induksi polarisasi

Merupakan pengukuran yang paling sederhana, mengukur tegangan residual pada waktu tertentu setelah arus diputuskan. Tegangan residual pada waktu setelah arus diputuskan dalam milivolt, sedang tegangan normal dalam volt. Akibat efek induksi polarisasi sering dinyatakan dalam milivolt/volt dengan perbandingan:

$$\text{IP Effect} = \frac{V_s}{V_p} \times 100 \quad (2.1)$$

Dimana  $V_s$  adalah tegangan sekunder saat  $(t)$  setelah arus diputus dan  $V_p$  merupakan tegangan primer.

#### 2. Chargeability (M)

Merupakan pengukuran yang sering dipakai dalam pengukuran induksi polarisasi dengan metode *time domain*, *chargeability* (M) didapatkan dalam satuan milisekon dan dinyatakan sebagai

$$M = \frac{1}{V_p} \int V_s(t) dt \quad (2.2)$$

Dimana  $V$  dan  $V(T)$  memiliki satuan yang sama yaitu dalam volt atau millivolt dan  $M$  dalam millisecond. *Chargeabilitas* di lapangan dapat dilakukan dengan cara membandingkan tegangan terbaca sebelum arus terputus dan tegangan stabil setelah diberi arus pada setiap titik pemasangan elektroda arus dan potensial.

$$M = \frac{V_s}{V_p} \quad (2.3)$$

Dimana  $V_s$  tegangan sisa yaitu tegangan setelah arus diputus dan  $V_p$  adalah tegangan stabil, yaitu tegangan hasil ukur setelah diberi arus.

*Chargeability* menunjukkan lama tidaknya efek polarisasi untuk menghilang sesaat setelah arus dimatikan. Sehingga jika nilai  $M_a$  besar, maka waktu *delay*nya lama. Dan jika waktu *delay*nya lama, maka dapat diasumsikan terdeteksi mineral konduktif.

Secara teori, hasil pengukuran IP dalam domain waktu dan domain frekuensi menghasilkan hal yang sama. Secara praktis konversi dalam domain waktu ke domain frekuensi cukup sulit. Gelombang kotak yang digunakan dalam domain waktu mengandung semua frekuensi. Dalam buku Telford (1990) dirumuskan:

$$M = \frac{FE}{(1+FE)} \quad (2.4)$$

dimana  $FE \ll 1$ . Parameter MF juga dapat digunakan pada domain waktu yaitu:

$$\text{Metal factor (MF)} = \frac{100M}{\rho} \quad (2.5)$$

dengan  $M$  adalah nilai *chargeability* (msec) dan  $\rho$  nilai tahanan jenis. Perlu diperhatikan bahwa nilai MF domain waktu tidak selalu sama dengan nilai MF domain frekuensi. Parameter MF digunakan untuk mengkompensasi parameter IP terhadap harga tahanan jenisnya.

#### b. Frequency domain

Prinsip frekuensi domain adalah dengan mengukur respon batuan yang mengandung mineral konduktif atau tidak, yaitu dengan pemberian

impedansi pada dua frekuensi yang berbeda (frekuensi rendah dan tinggi). Jika pada batuan yang terdapat mineral konduktif, maka resistivitas akan sama pada setiap frekuensi. Tetapi jika pada batuan yang mengandung mineral isolatif, maka resistivitas pada frekuensi tinggi akan lebih rendah dibanding resistivitas pada frekuensi rendah. Parameter Frekuensi Domain: *Apparent Resistivity*, *Frequency Effect* (FE), PFE (*Percent Frequency Effect*), Metal Faktor.

Terdapat dua sumber penyebab polarisasi pada batuan. Sumber pertama adalah *membrane polarization*. Faktor yang mengakibatkan adanya polarisasi pada *membrane polarization* adalah adanya penyempitan pori-pori pada batuan dan adanya *clay*. Penyempitan pori-pori akan menyebabkan terhambatnya ion-ion pada batuan sehingga arus akan dapat tersimpan dalam beberapa waktu tertentu. Sedangkan adanya *clay* menyebabkan terkumpulnya ion-ion positif, hal ini dikarenakan sifat *clay* yang berupa ion negative. Sumber kedua adalah polarisasi elektroda. Polarisasi elektroda terjadi karena adanya mineral logam dalam pori-pori batuan. Hal ini akan mengakibatkan tertahannya arus listrik ketika melalui pori-pori tersebut. Pada umumnya, akifer air tanah yang mengandung *freshwater* akan menunjukkan nilai *chargeability* sebesar 0 msec. Apabila akifer tersebut merupakan air asin umumnya akan memiliki nilai *chargeability* sebesar 0.2 msec.

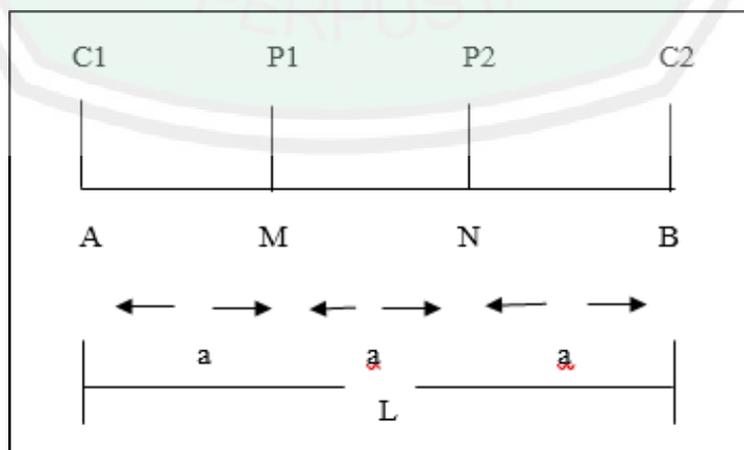
### 2.3.3 Mineral-Mineral Yang Menimbulkan Fenomena IP

Mineral logam bumi secara umum adalah dalam bentuk senyawa-senyawa, misalnya senyawa sulfida yang memiliki kontras konduktivitas yang tinggi dibandingkan dengan sekelilingnya. Senyawa ini merupakan penghantar ionik. Oleh sebab itu mineral senyawa ini mudah menimbulkan gejala ip apabila arus listrik dialirkan ke dalam tanah. Juga beberapa oksida serta grafit menunjukkan gejala IP. *Clay* (lempung) seperti yang telah dijelaskan, menunjukkan timbul gejala IP dengan fenomena elektrokinetik.

### 2.3 Konfigurasi Wenner

Metode ini diperkenalkan oleh Wenner (1915). Konfigurasi Wenner cukup populer dipergunakan dalam pengambilan data geolistrik, baik 1D atau VES *Vertical Electrical Sounding* maupun *mapping* 2D atau ERT (*Electrical Resistivity Tomography*). (Milsom, 2003):

Pada konfigurasi Wenner jarak antara elektroda arus dan elektroda potensial adalah sama. Seperti yang tertera pada gambar 2.6.

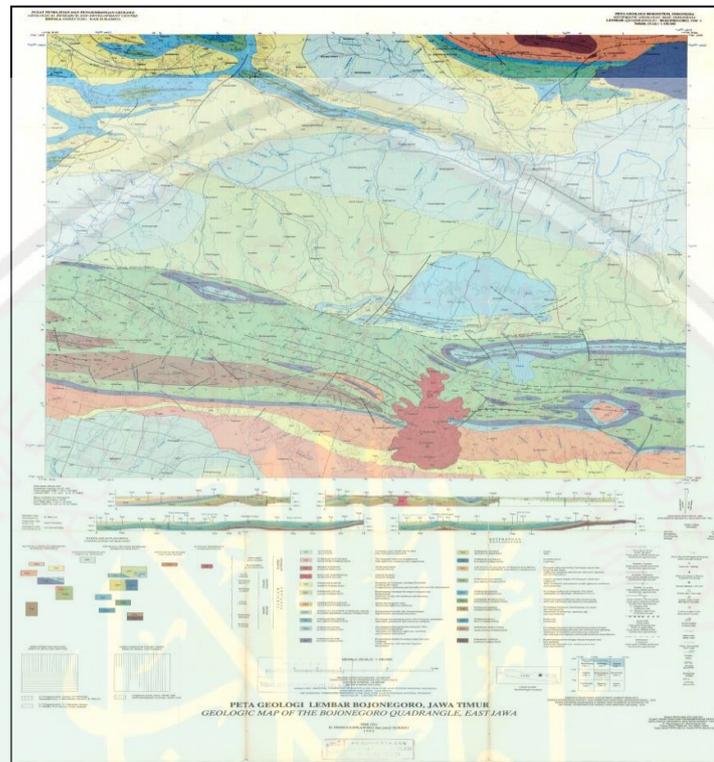


Gambar 2.6 Susunan Elektroda Arus Dan Potensial Pada Konfigurasi Wenner (Loke, 2004)

Wenner Alpha memiliki konfigurasi elektroda potensial yang berada diantara elektroda arus yang tersusun dari C1-P1-P2-C2. Jarak elektroda yang satu dengan yang lainnya sama dengan  $a$ . Keuntungan dan keterbasan konfigurasi Wenner Alpha adalah (Loke, 2004):

1. Konfigurasi elektroda Wenner Alpha sangat sensitif terhadap perubahan lateral setempat dan dangkal. Hal tersebut terjadi karena anomali geologi diamati oleh elektroda C1 dan P1 berkali-kali. Namun demikian untuk jarak C-P yang lebih pendek, daya tembus (penetrasi) lebih besar, sehingga berlaku untuk eksplorasi lebih dalam.
2. Karena bidang akuipotensial untuk benda homogen berupa bola, maka data-data lebih mudah diproses dan dimengerti. Di samping itu nilai *error* kecil.
3. Karena sensitif terhadap perubahan-perubahan ke arah lateral di permukaan, konfigurasi ini banyak digunakan untuk penyelidikan *geothermal*.

## 2.4 Geologi Daerah Penelitian



Gambar 2.7 Daerah Geologi Daerah Bojonegoro (Pringgoprawiro dan Sukido, 1992).

## 2.5 Stratigrafi

Secara regional dalam lembar peta geologi Bojonegoro dapat dikenali dua formasi geologi, yaitu formasi kendeng di selatan dan formasi rembang di utara. Perbedaan yang nyata antara kedua formasi tersebut terletak pada stratigrafi, lingkungan pengendapan, ganesa dan tektoniknya (Pringgoprawiro dan Sukido, 1992).

Umur batuan sedimen di formasi Kendeng berkisar dari miosen tengah hingga kuartar, dengan tipe endapan sebagai *flysch*, turbidit dan sedimen daratan. Formasi kerek yang berumur miosen tengah hingga miosen atas bagian bawah,

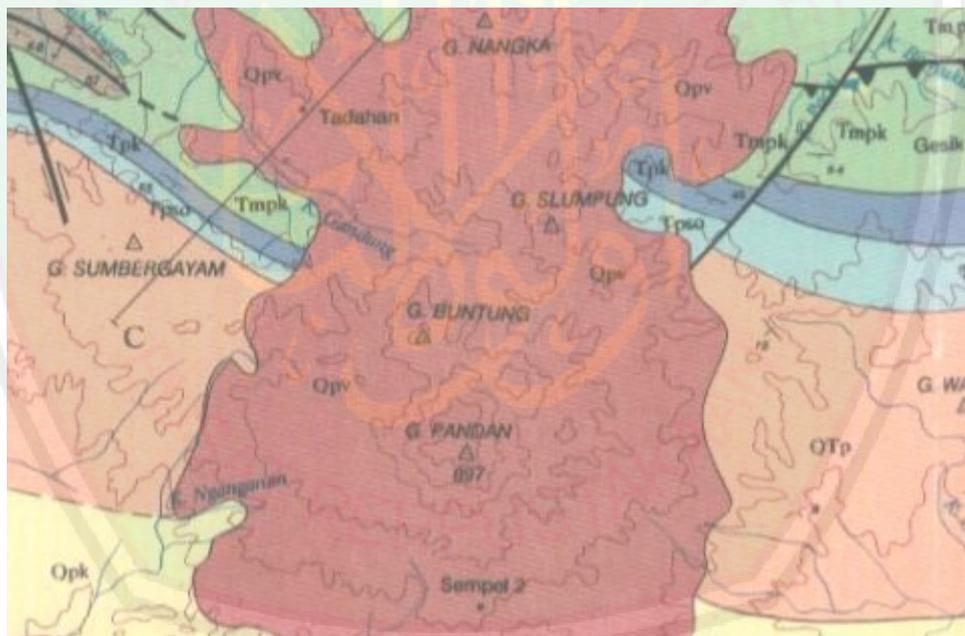
adalah formasi tertua dilembar ini, batuanannya terdiri dari perselingan batu pasir, batu lempung, tuf, napal, dan kalkarenit. Di atasnya secara selaras terdapat formasi kalibeng yang berumur miosen atas hingga pliosen bawah, dan tersusun oleh napal setempat bersisipan tuf, batu lempung, batu pasir tufan, dan kalkarenit. Di lembar ini formasi kalibeng tertindih selaras oleh formasi klitik yang berumur pliosen tengah, batuanannya terdiri dari batu gamping berlapis dan terumbu bersisipan napal dan batu lempung. Di atasnya secara membaji terdapat formasi sonde berumur pliosen tengah dan terdiri dari perselingan batu lempung dan batu pasir tufan bersisipan batu gamping. Formasi pucangan menindih tak selaras di atasnya, berumur plio-plistosen dan terdiri dari breksi dan batu pasir tufan. Formasi kabuh berumur plistosen tengah menindih selaras formasi pucangan. Formasi kabuh terdiri dari konglomerat, batu pasir dengan sisipan lempung dan napal. Formasi notopuro berumur plistosen atas dan terdiri dari tuf, batu pasir tufan dan konglomerat. Pada formasi ini terdapat batuan gunung api muda berumur plitosen akhir dan terdiri dari endapan lahar (Pringgoprawiro dan Sukido, 1992).

Batuan sedimen di formasi geologi Rembang umumnya bersifat gampingan. Formasi tawun yang berumur miosen tengah bagian tengah merupakan formasi tertua, terbentuk oleh batu lempung pasiran dengan sisipan batu pasir dan batu gamping yang banyak mengandung fosil foraminifera besar. Di bagian atas secara berangsur beralih menjadi formasi ngrayong yang berupa perselingan batu pasir dan batu lempung pasiran dengan sisipan batu lempung karbonan, setempat mengandung batu gamping umurnya diduga miosen bagian atas. Selaras di atas

formasi ngrayong terdapat formasi bulu berumur miosen tengah bagian atas hingga miosen tengah bagian bawah yang tersusun oleh lapisan batu gamping pasiran. Formasi itu tertindih selaras oleh formasi wonocolo berumur miosen atas yang tersusun oleh napal pasiran dengan sisipan kalkarenit dan setempat batu lempung. Selaras diatas formasi wonocolo terdapat formasi ledok berumur miosen atas dan terdiri dari perselingan batu pasir gampingan dan kalkarenit dan setempat napal. Formasi tersebut tertindih selaras oleh formasi mundu berumur pliosen bawah-pliosen tengah dan terbentuk oleh napal pejal mengandung fosil foraminifera melimpah. Setempat formasi mundu tertindih selaras oleh formasi selorejo yang tersusun oleh batu gamping pasiran dan batu pasir gampingan berumur pliosen atas. Di bagian timur, formasi mundu diduga menjemari dengan formasi paciran yang terbentuk oleh batu gamping terumbu. Setempat formasi mundu juga tertindih oleh selaras formasi lidah dengan pembentuk utama batu lempung tua keabuan hingga kebiruan, dan berumur dari pliosen atas hingga plistosen atas. Setempat terdapat anggota dander formasi lidah yang terdiri atas batu gamping klastik di bagian bawah dan batu gamping terumbu di bagian atas umurnya diperkirakan pliosen atas hingga plistosen bawah. Formasi lidah menindih formasi munduh dan formasi selorejo. Satuan batuan termuda di formasi ini berupa aluvium yang terdiri dari endapan banjir dan undak sungai yang terdapat di sisi bengawan solo. Satuan aluvium menindih tak selaras semua formasi yang terdapat di lembar geologi bojonegoro (Pringgoprawiro dan Sukido, 1992).

Breksi andesit, kelabu hingga kelabu kecoklatan dan kekuningan, tersusun oleh kepingan batuan andesit, berukuran kerikil hingga kerakal, setempat sampai bongkah, terpilah buruk menudut sampai menyudut tanggung, setempat membundar tanggung, masa dasar terdiri dari batu pasir tufan berputir halus hingga kasar, belum padat hingga menyepai, pejal (Pringgoprawiro dan Sukido, 1992).

Sebarannya terbatas di mandala geologi kendeng, sekitar G.pandan hingga klino dan sekitarnya, dibagian selatan lembar (Pringgoprawiro dan Sukido, 1992).

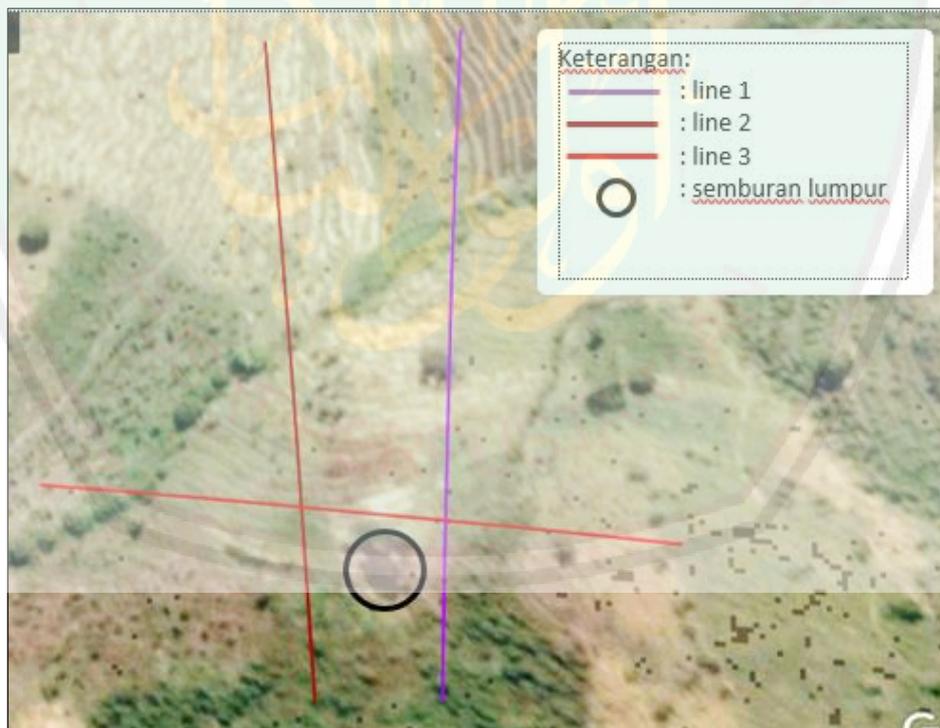


Gambar 2.8 Lokasi Lumpur Bojonegoro (Pringgoprawiro dan Sukido, 1992).

### BAB III METODE PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 19 Agustus 2017. Tempat penelitian terletak di desa Jari kecamatan Gondang kabupaten Bojonegoro Jawa Timur. Di sekitar sumber Lumpur tersebut adalah area Persawahan dan perbukitan. Pengolahan data bertempat di Laboratorium Geofisika Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.



Gambar 3.9 Tempat Lokasi Penelitian di desa Jari kec. Gondang kab.Bojonegoro (Google Earth)

### 3.2 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam pengambilan data di lapangan

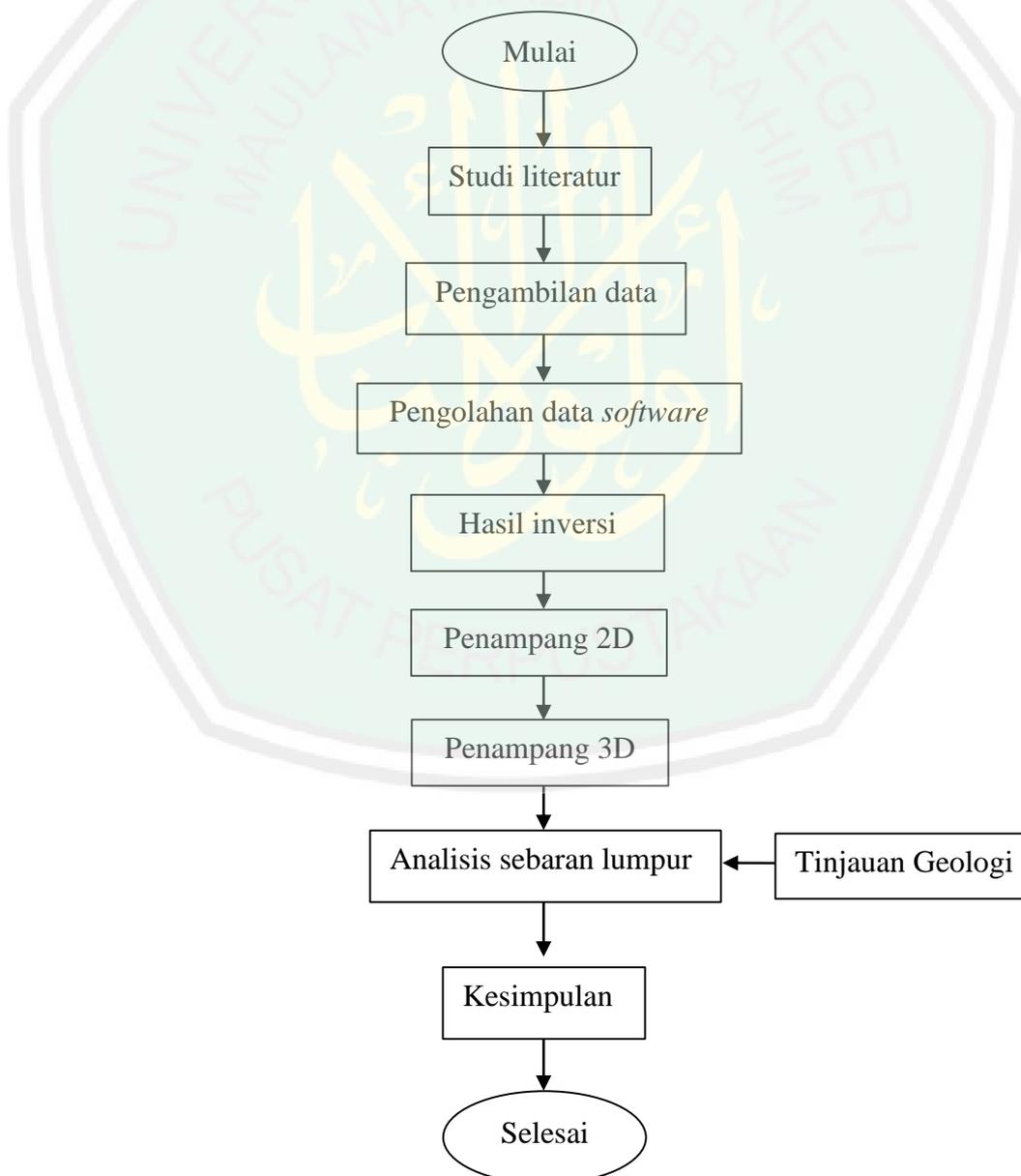
1. Supersting R8/IP
2. Switch Box (1 buah)
3. SuperSting Test Box (1 buah)
4. Elektroda (64 buah)
5. Aki 12 Volt (1 buah)
6. Meteran; 100 m
7. HT
8. Palu Geologi
9. Kabel konektor Aki (2 buah)
10. kabel adaptor
11. GPS Garmin
12. kabel elektroda
13. konektor Supersting Switchbox/testbox
14. kabel konektor elektroda (32 pin)
15. kabel konektor PC/Laptop

### 3.4 Pengambilan data Penelitian

Pelaksanaan dalam penelitian ini adalah sebelum melakukan pengambilan data di lapangan terlebih dahulu harus survei lokasi dan mengumpulkan referensi tentang sumber mud vulcano baik secara geologi dan metode yang digunakan dalam pengambilan data, sehingga nantinya memudahkan dalam pengambilan data di lapangan. Setelah itu baru dilakukan pengambilan data dimana penelitian

ini menggunakan metode IP (*induced polarization*) dengan konfigurasi Wenner Alpha. Data yang sudah diperoleh kemudian dilakukan pengolahan data berdasarkan prosedur pengolahan data masing-masing *software*, setelah itu dilakukan interpretasi dan analisa data dari hasil pengolahan data geolistrik IP (*induced polarization*).

### 3.5 Diagram Alir Penelitian



## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **4.1 Akuisisi Data**

Area penelitian berada di sekitar semburan lumpur di desa Jari kecamatan Gondang kabupaten Bojonegoro, pada penelitian ini diambil 3 lintasan pengukuran di dekat titik semburan lumpur yaitu:

1. Lintasan 1 berarah utara-selatan sepanjang 150 meter dengan posisi 0 meter pada koordinat  $-7.414263^{\circ}$  LS dan  $111.801360^{\circ}$  BT sedangkan titik 150 meter pada koordinat  $-7.412762^{\circ}$  LS dan  $111.801319^{\circ}$  BT.
2. Lintasan 2 berarah utara-selatan sepanjang 150 meter dengan posisi 0 meter pada koordinat  $-7.414269^{\circ}$  LS dan  $111.801119^{\circ}$  BT sedangkan titik 150 meter pada koordinat  $-7.412832^{\circ}$  LS dan  $111.800915^{\circ}$  BT.
3. Lintasan 3 berarah timur-barat sepanjang 140 meter dengan posisi 0 meter pada koordinat  $-7.413903^{\circ}$  LS dan  $111.801818^{\circ}$  BT sedangkan titik 140 meter pada koordinat  $-7.412935^{\circ}$  LS dan  $111.800542^{\circ}$  BT.

Akuisisi data merupakan tahapan pelaksanaan yang sangat penting sehingga prosedur pengukuran yang dilakukan di lapangan ini sangat perlu diperhatikan dengan baik. Pengambilan data di lapangan menggunakan metode geolistrik IP (*induced polarization*) konfigurasi Wenner dengan alat resistivimeter multhi channel yang mana hanya menancapkan tanpa menggeser elektroda secara berkala karena sudah di program oleh alat resistivimeter. Parameter yang didapatkan langsung di lapangan adalah nilai arus (I), tegangan (V), dan *chargeability* (M)

semu yang tersimpan dalam format DAT (yang digunakan sebagai pemrosesan data dengan Res2dinv).

#### 4.2 Pengolahan Data

Pada pengolahan data penelitian ini menggunakan *software* Res2dinv untuk menampilkan data 2D. Res2dinv ini membutuhkan beberapa input data yaitu posisi datum pada panjang bentangan line (X-loc), spasi elektroda (a), jumlah data (n), nilai resistivitas ( $\rho_a$ ) dan nilai *chargeability* (M) masing-masing lintasan. Program ini akan membaca data tersebut yang kemudian akan menampilkan hasil inversinya berupa penampang kondisi lapisan bawah permukaan daerah penelitian (*pseudosection*) nilai error, *chargeability* dan kedalaman.

Pada pemodelan *chargeability* 2D akan dibahas mengenai material atau batuan penyusun bawah permukaan masing-masing lintasan pengukuran. Penentuan jenis batuan penyusun diperoleh berdasarkan nilai *chargeability* yang ditunjukkan oleh warna pada pemodelan 2D hasil inversi.

Untuk pengolahan data menjadi model penampang 3D, terlebih dahulu hasil *pseudosection* dimasukkan ke *software* CorrelDraw. Kemudian ketiga hasil *pseudosection* dimodelkan sesuai dengan letak lintasan sehingga didapatkan model penampang 3D. Model 3D ini dibuat untuk mendapatkan gambaran yang lebih jelas mengenai persebaran nilai *chargeability* sebagai adanya persebaran lumpur yang ada di bawah permukaan.

Penampang 2D dan 3D yang menunjukkan nilai *chargeability* suatu batuan yang berada di bawah permukaan sehingga dari hasil yang diperoleh peneliti

dapat menggambarkan daerah penelitian berdasarkan dari sifat batuan yang ada dipermukaan bumi. Data *chargeability* yang diperoleh nanti akan diinterpretasi dihubungkan dengan data geologi. Hal ini dikarenakan data geofisika yang diperoleh berupa nilai *chargeability* batuan ini hanya memberikan informasi berdasarkan parameter dari metode geolistrik. Tabel 4.1 dibawah berikut menunjukkan jenis-jenis batuan berdasarkan besar *chargeability*nya.

Tabel 4.1 Harga *Chargeability* (Telford. 1990).

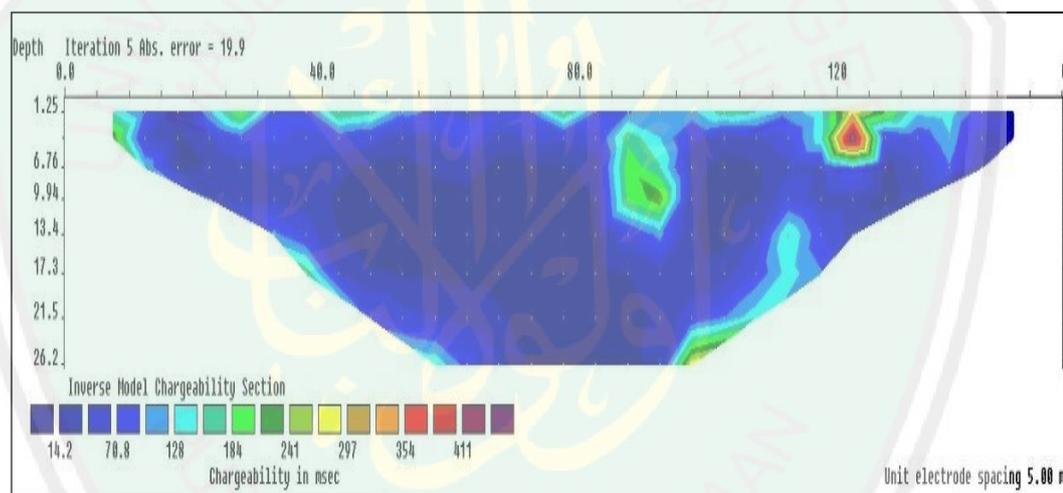
No	Mineral	Chargeability (ms)
1.	Tuff	300 – 800
2.	Breksi	8 – 20
3.	Batu pasir	100 – 500
4.	Batu volcanic padat	100 – 500
5.	Serpih	10 – 50
6.	Lempung	1 – 1000

### 4.3 Interpretasi dan Hasil

Dalam penelitian ini, data pendukung yang digunakan dalam interpretasi adalah data geologi (peta geologi daerah penelitian) dan data nilai *chargeability* yang sudah diolah, dari hasil konversi menggunakan *software* Res2dinv didapatkan suatu gambar struktur bawah permukaan yang menggambarkan kedalaman dan sebaran lumpur sehingga gambar struktur bawah permukaan daerah penelitian dapat diuraikan dibawah ini.

### 4.3.1 Lintasan 1

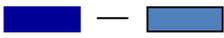
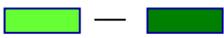
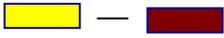
Lintasan 1 berada pada koordinat  $-7.414263^{\circ}$  LS dan  $111.801360^{\circ}$  BT sampai  $-7.412762^{\circ}$  LS dan  $111.801319^{\circ}$  BT. Setelah diolah dengan *software* Res2Dinv, diperoleh nilai *chargeability* bawah permukaan antara 14.2 msec sampai 411 msec. Kedalaman yang terdeteksi berkisar 1,25 meter sampai 26,2 meter. Jumlah iterasi yang digunakan pada lintasan ini sebanyak 5 kali dengan *RMS error* 19,9 %.



Gambar. 4.10 Model penampang 2D lintasan 1.

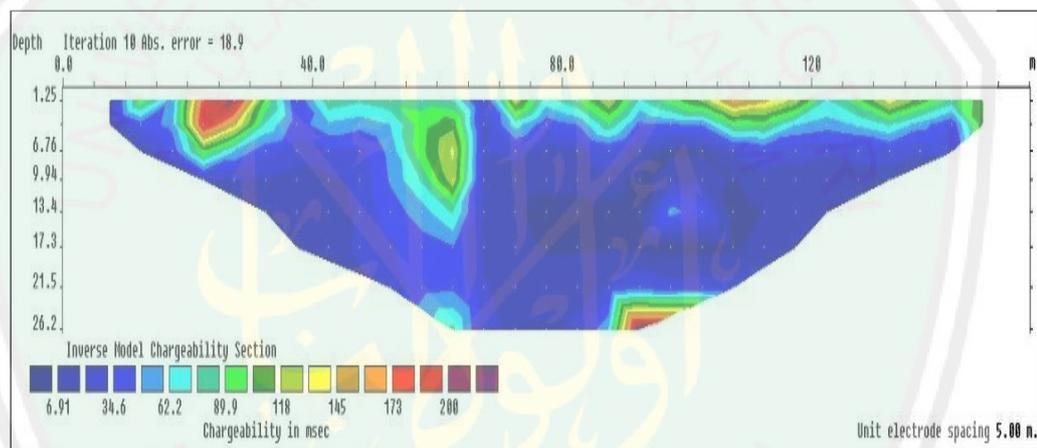
Berdasarkan hasil interpretasi lapisan bawah permukaan pada pemodelan yaitu :

Tabel 4.2 hasil interpretasi lithologi pada lintasan 1 (Telford. 1990).

No	Skala warna	Nilai chargeabilitas (ms)	Jenis batuan/material
1.		14,2 – 128	Lempung, serpih dan breksi.
2.		129 – 241	Lempung, batu pasir dan batu volcanic padat.
3.		242 – 411	Lempung, batu pasir, batu volcanic padat dan tuff.

### 4.3.2 Lintasan 2

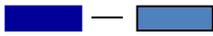
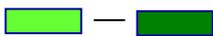
Lintasan 2 berada pada koordinat  $-7.414269^{\circ}$  LS dan  $111.801119^{\circ}$  BT sampai  $-7.412832^{\circ}$  LS dan  $111.800915^{\circ}$  BT. Setelah diolah dengan *software* Res2Dinv, diperoleh nilai *chargeability* bawah permukaan antara 6,91 msec sampai 200 msec. Kedalaman yang terdeteksi berkisar 1,25 meter sampai 26,2 meter. Jumlah iterasi yang digunakan pada lintasan ini sebanyak 10 kali dengan *RMS error* 18,9 %.



Gambar 4.12 Model Penampang 2D lintasan 2.

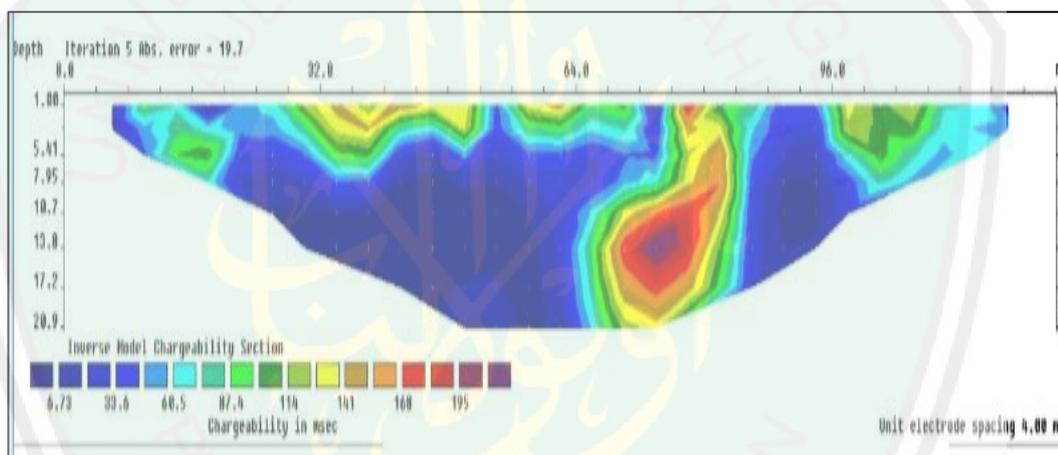
Berdasarkan hasil interpretasi lapisan bawah permukaan pada pemodelan yaitu:

Tabel 4.3 hasil interpretasi lithologi pada lintasan 2 (Telford. 1990).

No	Skala warna	Nilai chargeabilitas (ms)	Jenis batuan/material
1.		6,91 – 62,2	Lempung, Breksi dan Serpih.
2.		62,3 – 118	Lempung, batu pasir dan batu volcanic padat.
3.		119 – 200	Lempung, batu pasir dan batu volcanic padat.

### 4.3.3 Lintasan 3

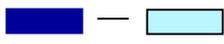
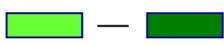
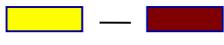
Lintasan 3 berada pada koordinat  $-7.413903^{\circ}$  LS dan  $111.801818^{\circ}$  BT sampai  $-7.412935^{\circ}$  LS dan  $111.800542^{\circ}$  BT. Setelah diolah dengan *software* Res2Dinv, diperoleh nilai *chargeability* bawah permukaan antara 6,73 msec sampai 195 msec. Kedalaman yang terdeteksi berkisar 1,00 meter sampai 20,9 meter. Jumlah iterasi yang digunakan pada lintasan ini sebanyak 5 kali dengan *RMS error* 19,7 %.



Gambar 4.13 Model Penampang 2D lintasan 3

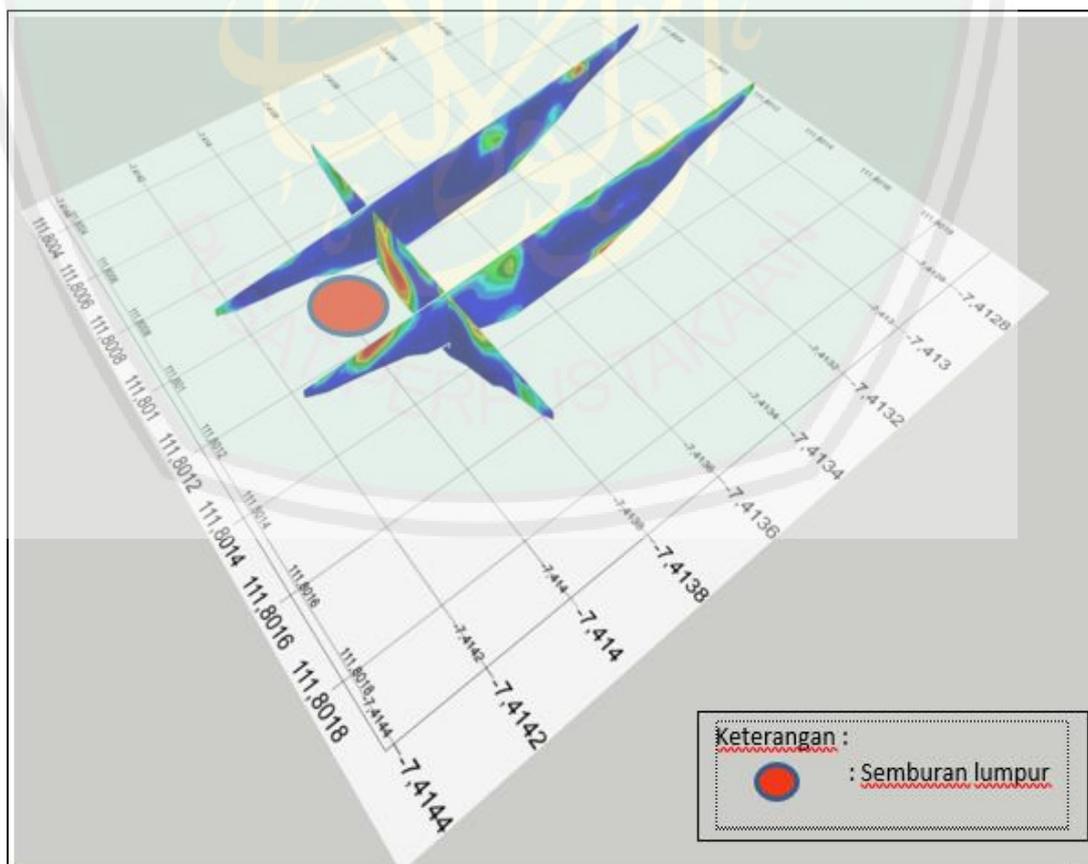
Berdasarkan hasil interpretasi lapisan bawah permukaan pada pemodelan yaitu :

Tabel 4.4 hasil interpretasi lithologi pada lintasan 1 (Telford. 1990).

No	Skala warna	Nilai chargeabilitas (m)	Jenis batuan/material
1.		6,73 - 60,5	Lempung, breksi dan serpih.
2.		60,6 – 114	Lempung.
3.		115 – 195	Lempung, batu pasir dan batu volcanic padat.

Pada penelitian ini kedalaman yang berhasil teridentifikasi mencapai 20,9 sampai 26,2 pada lintasan 1, 2, dan 3. Dari ketiga lintasan nilai *error* yang dihasilkan di atas 10%. Namun idealnya dalam data geolistrik bisa mendekati keadaan yang sebenarnya adalah jika nilai *error* di bawah 10%. Nilai *error* yang dihasilkan dari data yang diolah bisa dikarenakan adanya nilai yang tinggi suatu data yang diakibatkan oleh kesalahan dalam pembacaan atau dikarenakan kondisi alam.

Berikut ini gambar 4.13 menunjukkan penampang 3D distribusi lumpur pada ketiga lintasan yang diolah dengan *software* CorrelDraw



Gambar 4.13 Gabungan Lintasan 1, 2 dan 3.

Gambar 4.13 Menunjukkan hasil 3D yang diolah dengan CorrelDRAW. Berdasarkan hasil bentukan 3D dapat diketahui pola sebaran lumpur pada area tersebut. Pada lintasan pertama menunjukkan arah sebaran utara-selatan terletak di sebelah baratnya pusat keluarnya lumpur dengan jarak sekitar 2 meter. lintasan pertama ini memiliki kedalaman lumpur yang dangkal yang menyebar ke arah utara menuju ke persawahan. lintasan kedua menunjukkan arah sebaran utara-selatan terletak di sebelah timurnya pusat keluarnya lumpur dengan jarak sekitar 2 meter. Lintasan kedua memiliki kedalaman dangkal dan menyebar kearah selatan menuju ke arah pegunungan. Lintasan ke 3 yang menunjukkan arah sebaran lumpur timur-barat terletak di sebelah utara dari pusat keluarnya lumpur dengan jarak sekitar 3 meter, dimana lintasan 3 ini memotong lintasan 1 dan 2. Keberadaan lumpur diduga ada pada titik koordinat  $-7.414269^{\circ}$  LS dan  $111.801119^{\circ}$  BT dan menyebar ke arah line 3 yang berada di sebelah utaranya semburan lumpur.

Menurut kajian geologi. Lokasi penelitian umumnya mempunyai tanah yang berstruktur belum padat, pejal dan sebagian kecil yang berstruktur halus. Lokasi penelitian di desa Jari kecamatan Gondang kabupaten Bojonegoro ini berada di zona batuan gunung api yaitu breksi pandan (breksi andesit) warna dari breksi andesit ini kelabu kecoklatan dan coklat kekuningan tersusun oleh kepingan batuan andesit berukuran kerikil dan hingga kerakal.

Daerah penelitian terdiri dari batuan breksi, serpih, batu pasir, batu volcanic padat dan lempung. Pada batuan lempung tersebut memiliki struktur padat dengan susunan mineral yang lebih banyak batuan lempung juga dapat

diartikan sebagai salah satu jenis batuan sedimen yang bersifat liat atau plastis, ukuran batu lempung sangat halus tidak lebih dari 0,002mm, lempung juga memiliki oksida besi yaitu berupa siderit, market atau pirit, lempung ini diprediksi yang membawa kandungan lumpur yang ada di bawah permukaan daerah penelitian, sesuai dengan komposisi lumpur sendiri adalah masa padat yang berupa batuan dan garam, masa plastis berupa bubur lempung, masa cair berupa air tanah, air magmatik/vulkanik dan air laut sedangkan masa gas berupa gas metan, hidrat dan gas belerang.

Dilihat dari hasil penelitian terdapat beberapa lapisan batuan penyusun struktur bawah permukaan daerah penelitian. Macam-macam batuan tersebut meliputi batu breksi, batu pasir, batu besi batu gamping dll. Sesuai dengan firman Allah SWT dalam al-Qur-an surat (Ath Thalaq ayat [7:12]).

اللَّهُ الَّذِي خَلَقَ سَبْعَ سَمَاوَاتٍ وَمِنَ الْأَرْضِ مِثْلَهُنَّ يَتَنَزَّلُ الْأَمْرُ بَيْنَهُنَّ لِتَعْلَمُوا أَنَّ اللَّهَ عَلَىٰ كُلِّ شَيْءٍ قَدِيرٌ وَأَنَّ اللَّهَ قَدْ أَحَاطَ بِكُلِّ شَيْءٍ عِلْمًا

*Allah yang menciptakan 7 langit dan seperti itu pula bumi. Perintah Allah berlaku padanya, agar kamu mengetahui bahwasanya Allah maha kuasa atas segala sesuatu dan sesungguhnya Allah, ilmunya benar-benar meliputi segala. (Q.S. Ath-Thalaaq [65]:12).*

Dalam surat ath Thalaq ayat (65):12 menjelaskan bahwa bumi tercipta menyerupai langit, hal tersebut dijelaskan pada lafadz (مثلهن) yang berarti seperti, bila tingkatan langit ada 7 seperti yang dijelaskan pada surat al Mulk ayat (67):3 dengan lafadz (سموات طباقا) yang berarti 7 langit yang berlapis-lapis. Maka bumi digambarkan memiliki 7 lapisan yang berbeda.

Ayat di atas menjelaskan bahwa bumi ada 7 lapisan yang menunjukkan macam-macam struktur lapisan penyusun bumi dimana perbedaan lapisan atau struktur bumi tergantung pada kandungan material dari tiap batuan penyusun.

أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ ثَمَرَاتٍ مُخْتَلِفًا أَلْوَانُهَا وَمِنَ الْجِبَالِ جُدَدٌ  
بَيْضٌ وَحُمْرٌ مُخْتَلِفٌ أَلْوَانُهَا وَغَرَابِيبُ سُودٌ

*“Tidaklah engkau melihat bahwa Allah menurunkan air dari langit lalu dengan air itu kami hasilkan buah-buahan yang beraneka macam jenisnya. Dan diantara gunung-gunung itu ada garis-garis putih dan merah yang beraneka macam warnanya dan ada (pula) yang hitam pekat (Q.S. Fathir [35]:27).*

Dalam surat fathir (35): 27 pada lafadz yang artinya *“Dan diantara gunung-gunung itu ada garis-garis putih dan merah yang beraneka macam warnanya dan ada (pula) yang hitam pekat”*. Ayat tersebut menjelaskan tentang salah satu struktur lapisan dari ketujuh lapisan bumi. Lapisan-lapisan tersebut tersusun dengan membentuk seperti garis-garis. Struktur lapisan bumi yang membentuk garis-garis warna tersebut disebabkan karena adanya perbedaan materi-materi yang dikandung oleh bebatuan lapisan. Seperti hasil penelitian dimana warna biru, hijau, kuning dan merah ini menunjukkan perlapisan batuan yang ada di bawah permukaan bumi.

## **BAB V PENUTUP**

### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil dari pembahasan dan interpretasi bab IV dimana semua data telah dikumpulkan dari lapangan dan pemodelan yang telah dilakukan dengan simulasi komputer maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Potensi sebaran lumpur di Desa Jari Kecamatan Gondang Kabupaten Bojonegoro berada di titik koordinat  $-7.414269^{\circ}$  LS dan  $111.801119^{\circ}$  BT dan menyebar ke arah lintasan 3 yang berada di sebelah utaranya semburan lumpur
2. Secara umum struktur litologi bawah permukaan di lokasi penelitian Desa Jari Kecamatan Gondang Kabupaten Bojonegoro di dominasi oleh tuff, breksi, batu pasir, batu volcanic padat, serpih dan lempung.

### **5.2 Saran**

Dari hasil kesimpulan yang diperoleh, maka saran yang dapat diberikan adalah Pengukuran lapangan lumpur di Desa Jari Kecamatan Gondang Kabupaten Bojonegoro lebih di perlebar lagi untuk melihat sisi bagian lainnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al-Qur'an Al karim. 1989. *Al-Quran dan Terjemahanya*. Departemen Agama RI. Semarang: Toha Putera.
- Ariski, 2014. *Pendugaan Zona Endapan Mineral Logam (Emas) di Gunung Bujang, Jambi Berdasarkan Data Induced Polarization (IP)*. Universitas Brawijaya Malang.
- Bagas, Warmana, Amin. 2017. *Aplikasi Metode Induced Polarization untuk Mengidentifikasi Akifer di Daerah Sutorejo Surabaya*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Vol,6 No, 1.
- Dimitrov, L.I, Woodside, J.M 2001. *Mud Volcanoes The Most Important Pathway for Degassing Deeply Buried Sediments*. Mar: Geol (in press).
- Fatimatuazzahroh, siti. 2015. *Analisis Struktur Geologi Daerah Ranu Gedang Bedasarkan Data Anomali Medan Magnet*. Skripsi. Tidak diterbitkan. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Guliyev IS, Feizullayev AA. 1994. Natural Hydrocarbon Seepages in Azerbaijan. In: Proc AAPG Hedberg Research Conf, 24–28 April, Vancouver, Canada, pp 76–79
- Hadrian Eddy. 2010. *Pemodelan Data IP-Resistivity dan Magnetik untuk Melokalisir Endapan Nikel Laterit di daerah "LTD" Sulawesi Tenggara*. Skripsi. Depok: FMIPA UI.
- Handoko, T.W. 2015. *Geothermal potential At Lusi Mud Volcano*. Surabaya: Institut Teknologi Adhi Tama.
- Hensen, C., Nuzzo, M., Hornibrook, E., Pinheiro, L.M., Bock, B., Magalhães, V. H., & Brückmann, W. 2007. Sources of Mud Volcano Fluids In The Gulf of Cadiz- Indications For Hydrothermal Imprint. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 71, 1232-1248.
- Higgins, C, Nuzzo, M, Hornibrook, E, Pinheiro, L. M, Bock, B, Magalhaes, V. H, Bruckman, W. 2007. *Sources of mud volcano fluids in the Gulf of Cadiz Indications for hydrothermal imprint*. *Geochimica et Cosmochimica acta* 71, 1232-1248.
- Kalinko, M. 1964. Mud Volcanoes, Reasons of Their Origin, Development and Fading: VNIGRI, v. 40, p. 30-54 (in Russian).
- Kopf, A.J. 2002. *Significance of mud volcanism*. *Review of Geophysics* 40 (2), 1-52
- Loke, M.H. 2004. *Tutorial 2-D and 3-D Electrical Imaging Surveys*. Penang: Geotomo Software.

- Mazini, A, akhmanov. 2009. *Mud Volcanism, Processes and Implication*. Journal of Marine and Petroleum.
- Milsom, John. 2003. *Field Geophysics*, 3<sup>rd</sup> Edotion, England: John willey and Sons Ltd.
- Mufidah, Jamilatul. 2016. *Aplikasi Metode Geolistrik 3D untuk Menentukan Situs Arkeologi Biting Blok Salak di Desa Kutorenon Kecamatan Sukodono Lumajang Jawa Timur*. Skripsi. Malang: SAINTEK UIN.
- Nur, Vicky. 2012. *Aplikasi metode Geolistrik Konfigurasi Dipole-Dipole untuk mendeteksi mineral mangan (Physical Modeling)*. Skripsi. Jember: Universitas Jember.
- Nurisyadzatul, Hurun. 2016. *Analisis Data Geolistrik Resistivitas Untuk Pemodelan Struktur Geologi Bawah Permukaan Gunung Lumpur Bangkalan*. Skripsi. Malang: SAINTEK UIN.
- Pringgoprawiro dan Sukido. 1992. *Peta Geologi Lembar Bojonegoro*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Reynolds, J.M. 1997. *An Introduction to Applied and Enviromental Geophysics*. New York: John Wiley & Sons.
- Satyana A.H. and Asnidar. 2008. *Mud Diapirs and Mud Volcanoes of Java to Madura: Originis, Natures, and Implications to Petroleum system, Proceedings Indonesia Petroleum Association (IPA), 32nd annual convention*. Jakarta, 27-29 May 2008.
- Telford, W.M. Geldart, L.P. and Sheriff, R.E. 1990. *Applied Geophysics Second Edition*. New York: Cambridge University Prees.
- Vergiane, Syawal, Nugroho. 2015. *Interpretasi Lapisan Bawah permukaan Tanah Menggunakan Metode Geolistrik 2-D (Mapping)*. Vol 2 No. 2.
- Yusinov, Mehdi.2004. Thesis, Seismic Interpretation and Classification of Mud Volcanoes of the South Caspian Basin, Offshore. Azerbaijan. Texaz A&M University.

**LAMPIRAN I**  
Data pengukuran Geolistrik

**LINE 1**

Panjang lintasan : 150 Meter

Spasi : 5 meter

Lintang : -7.414263° LS sampai -7.412762° LS

Bujur : 111.801360° BT sampai 111.801319° BT

A	B	M	N	I (mA)	V (mV)	M (ms)
1	4	2	3	76	280	147
2	5	3	4	49	31	222
4	7	5	6	93	16	380
5	8	6	7	50	5	138
6	9	7	8	373	30	485
7	10	8	9	267	33	194
8	11	9	10	203	26	326
9	12	10	11	275	38	189
10	13	11	12	296	51	363
11	14	12	13	333	50	89
12	15	13	14	277	67	61
13	16	14	15	377	65	111
14	17	15	16	250	62	156
15	18	16	17	221	55	325
16	19	17	18	278	83	69
17	20	18	19	294	75	221
18	21	19	20	277	89	136
19	22	20	21	327	104	84
20	23	21	22	257	74	290
21	24	22	23	225	73	200
22	25	23	24	233	58	122
23	26	24	25	251	61	134
24	27	25	26	227	56	314
25	28	26	27	201	53	207
26	29	27	28	231	58	80
27	30	28	29	238	54	171
28	31	29	30	252	52	170
29	32	30	31	192	48	442

**Line 2**

Panjang lintasan : 150 meter

Spasi : 5 meter

Lintang : -7.414269° LS sampai -7.412832° LS

Bujur : 111.801119° BT sampai 111.800915° BT

<u>A</u>	<u>B</u>	<u>M</u>	<u>N</u>	<u>I (mA)</u>	<u>V (mV)</u>	<u>M (ms)</u>
1	4	2	3	240	67	4
2	5	3	4	220	43	88
3	6	4	5	273	60	289
4	7	5	6	301	49	253
5	8	6	7	362	74	159
6	9	7	8	259	73	198
7	10	8	9	356	68	140
8	11	9	10	285	98	70
9	12	10	11	239	54	271
10	13	11	12	355	84	73
11	14	12	13	249	105	280
12	15	13	14	255	63	192
13	16	14	15	356	180	40
14	17	15	16	247	98	164
15	18	16	17	323	153	37
16	19	17	18	203	83	198
17	20	18	19	298	104	115
18	21	19	20	240	84	165
19	22	20	21	242	90	195
20	23	21	22	211	96	126
21	24	22	23	256	137	108
22	25	23	24	166	107	172
23	26	24	25	167	111	123
24	27	25	26	170	129	136
25	28	26	27	138	98	121
26	29	27	28	212	150	136
27	30	28	29	195	122	171
28	31	29	30	176	112	92
29	32	30	31	179	126	213

### Line 3

Panjang lintasan : 140 meter

Spasi : 4 meter

Limtang : -7.413903° LS sampai -7.412935° LS

Bujur : 111.801818° BT sampai 111.800542° BT

<u>A</u>	<u>B</u>	<u>M</u>	<u>N</u>	<u>I (mA)</u>	<u>V (mV)</u>	<u>M (ms)</u>
1	4	2	3	193	72	15
2	5	3	4	239	110	26
3	6	4	5	164	51	265
4	7	5	6	308	81	32
5	8	6	7	247	63	106
6	9	7	8	499	126	59
7	10	8	9	199	40	292
8	11	9	10	215	40	122
9	12	10	11	174	30	175
10	13	11	12	157	30	573
11	14	12	13	265	40	94
12	15	13	14	260	47	210
13	16	14	15	172	27	146
14	17	15	16	261	44	102
15	18	16	17	202	38	236
16	19	17	18	370	76	66
17	20	18	19	227	60	139
18	21	19	20	167	26	289
19	22	20	21	197	75	278
20	23	21	22	152	50	470
21	24	22	23	214	94	92
22	25	23	24	166	72	153
23	26	24	25	159	66	158
24	27	25	26	211	88	95
25	28	26	27	153	57	187
26	29	27	28	174	80	152
27	30	28	29	292	145	160
28	31	29	30	294	181	74
29	32	30	31	238	179	58

**LAMPIRAN 2**  
Dokumentasi Penelitian





**KEMENTERIAN AGAMA RI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN)  
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

Jl. Gajayana No. 50 Dinoyo Malang (0341) 551345 Fax. (0341) 572533

**BUKTI KONSULTASI SKRIPSI**

**Nama** : Zuhriyatul Umroh  
**NIM** : 13640020  
**Fakultas/ Jurusan** : Sains dan Teknologi/ Fisika  
**Judul Skripsi** : Analisis Data Geolistrik Metode IP (*Induced Polarization*)  
untuk Mengetahui Sebaran Lumpur di bawah Permukaan  
(Studi Kasus di Desa Jari Kecamatan Gondang Kabupaten  
Bojonegoro)  
**Pembimbing I** : Drs. Abdul Basid, M.Si  
**Pembimbing II** : Umayyatus Syarifah, M. A.

No	Tanggal	HAL	Tanda Tangan
1	21 Agustus 2017	Konsultasi Bab I dan II	
2	28 Agustus 2017	Konsultasi Bab I, II dan III	
3	13 November 2017	Konsultasi Data	
4	22 Januari 2018	Konsultasi Agama	
5	30 Januari 2018	Konsultasi Bab IV dan Bab V	
6	27 Februari 2018	Konsultasi Agama	
7	28 Februari 2018	Konsultasi Semua Bab, Abstrak dan Acc	
8	01 Maret 2018	Konsultasi Agama dan Acc	

Malang, Mei 2018  
Mengetahui,  
Ketua Jurusan Fisika,

Drs. Abdul Basid, M.Si  
NIP. 19650504 199003 1 003