

**INTERPRETASI POTENSI SEBARAN BATUBARA  
MENGUNAKAN METODE GEOLISTRIK DI LAPANGAN “X”**

**SKRIPSI**

Oleh:

**ELVIRA AZIZAH**

**NIM. 13640015**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2017**

**INTERPRETASI POTENSI SEBARAN BATUBARA MENGGUNAKAN  
METODE GEOLISTRIK DI LAPANGAN “X”**

**SKRIPSI**

**Diajukan kepada:**

**Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang  
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

Oleh:

**ELVIRA AZIZAH**  
**NIM. 13640015**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2017**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

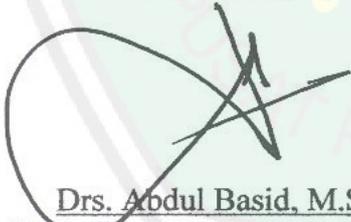
**INTERPRETASI POTENSI SEBARAN BATUBARA MENGGUNAKAN  
METODE GEOLISTRIK DI LAPANGAN "X"**

SKRIPSI

Oleh:  
ELVIRA AZIZAH  
NIM. 13640015

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji,  
Pada Tanggal: 4 Oktober 2017

Pembimbing I

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

Pembimbing II

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

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Fisika

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

## HALAMAN PENGESAHAN

### INTERPRETASI POTENSI SEBARAN BATUBARA MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK DI LAPANGAN "X"

SKRIPSI

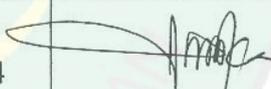
Oleh:

ELVIRA AZIZAH

NIM. 13640015

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

Tanggal: 16 Oktober 2017

Penguji Utama	: <u>Irjan, M.Si</u> NIP. 19691231 200604 1 003	
Ketua Penguji	: <u>Erika Rani, M.Si</u> NIP. 19810613 200604 1 004	
Sekretaris Penguji	: <u>Drs. Abdul Basid, M.Si</u> NIP. 19650504 199003 1 003	
Anggota Penguji	: <u>Umaiyyatus Syarifah</u> NIP. 19820925 200901 2 005	

Mengesahkan,  
Ketua Jurusan Fisika



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

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : ELVIRA AZIZAH  
NIM : 13640015  
Jurusan : FISIKA  
Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI  
Judul Penelitian : Interpretasi Potensi Sebaran Batubara Menggunakan Metode Geolistrik di Lapangan "X"

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber kutipan pada daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, maka saya bersedia untuk mempertanggung jawabkan, serta diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, 5 Oktober 2017  
Yang Membuat Pernyataan,



Elvira Azizah  
NIM. 13640015

## MOTTO

*“Jangan Takut dengan Kegagalan, Kerja Keras Dulu  
Pencapaian Menyusul Kemudian”*

*“Tidak Ada yang Lebih Indah Selain Berproses”*



## HALAMAN PERSEMBAHAN

*Karya ini kupersembahkan untuk*

*Sang Maha Pengasih dan Penyayang ALLAH SWT, kedua orangtua yang selalu mendoakan kami, dosen-dosen yang membimbing kami serta teman-teman seperjuangan 2013 yang selalu memberi dukungan kapanpun dan dimanapun.*



## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum.Wr.Wb*

Alhamdulillah segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, karunia nikmat, terutama nikmat sehat sehingga penulis dapat menyelesaikan pembuatan skripsi dalam rangka memenuhi salah satu syarat kelulusan.

Skripsi ini berjudul “Interpretasi Potensi Sebaran Batubara Menggunakan Metode Geolistrik di Lapangan “X”.

Dengan selesainya penulisan ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih dan menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Prof. Dr. Abdul Haris, M.Ag selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah banyak memberikan pengetahuan dan pengalaman yang berharga.
2. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Drs. Abdul Basid, M.Si, selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Drs. Abdul Basid, M.Si dan Umaiatus Syarifah, M.A, selaku Dosen Pembimbing yang telah sudi meluangkan waktu dan pikirannya untuk membimbing jalannya proses pembuatan skripsi.
5. Irjan, M.Si dan Erika Rani, M.Si, selaku penguji yang telah memberikan saran dan tambahan terbaik dalam pembuatan skripsi.
6. Dr. H. Agus Mulyono, S.Pd., M.Kes, selaku Dosen Wali yang telah memberi pengarahan selama proses perkuliahan.
7. Seluruh Dosen Jurusan Fisika Fakultas Sains Dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang .
8. Seluruh Laboran dan Staff Administrasi Jurusan Fisika Fakultas Sains Dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.

9. Orang Tua kami tercinta yang selalu mendoakan dan memberi dukungan moril maupun materil demi kelancaran pembuatan skripsi.
10. Seluruh Mahasiswa Fisika Angkatan 2013 yang selalu memberikan keceriaan dan motivasi pada jalannya pembuatan skripsi.
11. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah membantu dalam proses pembuatan skripsi.

Semoga Allah SWT yang Maha Pemurah memberikan balasan yang lebih kepada semua pihak yang telah membantu pembuatan skripsi ini, *Aamiin Yaa Robbal 'Alamiin.*

*Wassalamu 'alaikum. Wr. Wb*

Malang, 5 Oktober 2017

Penulis



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGAJUAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERNYATAAN</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>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan .....	4
1.4 Manfaat .....	4
1.5 Batasan Masalah .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
2.1 Batubara (coal) .....	6
2.1.1 Pembentukan Batubara .....	7
2.1.2 Lingkungan Pengendapan Batubara .....	13
2.1.3 Klasifikasi Batubara .....	16
2.1.4 Komposisi Batubara .....	18
2.2 Geologi Daerah Penelitian .....	20
2.2.1 Stratigrafi .....	20
2.2.2 Fisiografi dan Morfologi .....	22
2.3 Metode Tahanan Jenis .....	23
2.3.1 Sifat Listrik Batuan .....	24
2.3.2 Konduktivitas Listrik .....	27
2.3.3 Elektrisitas Dasar .....	27
2.3.4 Arus yang Mengalir pada Bumi yang Homogen Isotropis .....	29
A. Sumber Titik Arus .....	29
B. Elektroda Arus Ganda di Permukaan Medium Setengah tak Berhingga .....	30
2.3.5 Resistivitas Semu .....	32
2.3.6 Konfigurasi Wenner .....	34
2.3.7 Wenner Alpha .....	36
<b>BAB III METODOLOGI</b> .....	38
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	38
3.2 Peralatan Penelitian .....	38
3.3 Desain Akuisisi .....	39
3.4 Prosedur Pelaksanaan Penelitian .....	39
3.5 Flowchart .....	41
<b>BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN</b> .....	43

4.1 Pembahasan Umum.....	43
4.2 Pengukuran Koordinat Posisi.....	47
4.3 Hasil Pengolahan Data.....	47
4.3.1 Resistivitas Semu.....	48
4.3.2 Model Penampang 2D dari 4 Lintasan.....	49
4.4 Metode Geolistrik Resistivitas <i>Mapping</i> dengan Konfigurasi Wenner Alpha.....	49
4.5 Interpretasi Data.....	52
4.6 Interpretasi Kualitatif.....	52
4.6.1 Lintasan 1.....	53
4.6.2 Lintasan 2, 3, dan 4.....	53
4.7 Interpretasi Kuantitatif.....	53
4.7.1 Lintasan 1.....	54
4.7.2 Lintasan 2.....	55
4.7.3 Lintasan 3.....	57
4.7.4 Lintasan 4.....	58
4.7.5 Interpretasi Lintasan 1, 2, 3, 4.....	59
4.8 Model Penampang 3D dari 3 Lintasan.....	61
4.9 Potensi Sumber Daya Alam dalam al-Quran.....	62
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	65
5.1 Kesimpulan.....	65
5.2 Saran.....	65
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Lingkungan pengendapan batubara pada daerah delta.....	14
Gambar 2.2	Sketsa lingkungan pengendapan dan kondisi akumulasi gambut.....	16
Gambar 2.3	Peta geologi Tulungagung.....	20
Gambar 2.4	Silinder konduktor .....	25
Gambar 2.5	Pola arus listrik yang dipancarkan oleh elektroda arus tunggal di permukaan medium setengah tak berhingga .....	30
Gambar 2.6	Arus listrik dilewatkan pada elektroda arus A dan B. elektroda M dan N potensial .....	30
Gambar 2.7	Resistivitas semu .....	33
Gambar 2.8	Medium dua lapis .....	33
Gambar 2.9	Konfigurasi Wenner .....	35
Gambar 2.10	Susunan elektroda arus dan potensial pada konfigurasi wenner .....	36
Gambar 3.1	Lokasi dan desain akuisisi data geolistrik.....	39
Gambar 3.2	Diagram alir.....	41
Gambar 4.1	Hasil uji EDX.....	46
Gambar 4.2	Model penampang 2D lintasan 1.....	54
Gambar 4.3	Model penampang 2D lintasan 2.....	56
Gambar 4.4	Model penampang 2D lintasan 3.....	57
Gambar 4.5	Model penampang 2D lintasan 4.....	58
Gambar 4.6	Pola sebaran batubara pada lintasan 1, 2, 3 dan 4.....	61

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi peringkat batubara oleh ASTM .....	17
Tabel 4.1 Hasil interpretasi lithologi pada lintasan 1.....	55
Tabel 4.2 Hasil interpretasi lithologi pada lintasan 2.....	56
Tabel 4.3 Hasil interpretasi lithologi pada lintasan 3.....	57
Tabel 4.4 Hasil interpretasi lithologi pada lintasan 4.....	59



## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Data Line 1
- Lampiran 2 Data Line 2
- Lampiran 3 Data Line 3
- Lampiran 4 Data Line 4
- Lampiran 5 Alat dan Bahan Penelitian
- Lampiran 6 Proses Pengambilan Data Lapangan



## ABSTRAK

Azizah, Elvira. 2017. **Interpretasi Potensi Sebaran Batubara Menggunakan Metode Geolistrik di Lapangan “X”**. Skripsi. Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Drs. Abdul Basid, M.Si (II) Umayyatus Syarifah, M.A

---

**Kata Kunci:** Batubara, Metode Geolistrik, Nilai Resistivitas

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sebaran batubara dan struktur bawah permukaan. Survei yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan survei resistivitas geolistrik. Resistivitas geolistrik merupakan salah satu metode dalam geofisika yang memanfaatkan sifat aliran listrik di dalam bumi. Survei dilakukan dengan cara mengalirkan arus listrik DC yang mempunyai arus tegangan tinggi ke dalam tanah tanpa merusak material-material dalam tanah. Hasil survei diinterpretasikan dengan menggunakan pemodelan 2D dan 3D pada Res2dinv. Pada pemodelan dua dimensi, lapisan tanah yang mengandung batubara ditunjukkan skema warna merah hingga ungu tua dengan nilai resistivitas 200-610 ohm meter. Zona yang terdeteksi keberadaan sebaran batubara berada pada lintasan 2 dengan titik koordinat 08°16.157'-08°16.190' LS dan 111°45.351'-111°45.344' BT sepanjang 20 meter dari titik awal, serta lintasan 3 yang berada pada koordinat 08°16.160'-08°16.185 LS dan 111°45.361'-111°45.358' BT sepanjang 20 meter dari titik awal.

## ABSTRACT

Azizah, Elvira. 2017. **Interpretation of Potential of Coal Distribution Using Geoelectrical Method in Field "X"**. Undergraduate Thesis. Departmen Physics, Faculty of Science and Technology, State Islamic University Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisors: (I) Drs. Abdul Basid, M. Si (II) Umaiatus Syarifah, M.A  
**Keywords:** Coal, Geoelectrical Method, Resistivity Value

---

This study aims to find out the distribution of coal and subsurface structure. Surveys that have been done in this study was using geoelectrical resistivity survey. Geoelectrical resistivity is one of the methods in geophysics that utilizes the nature of electricity in the earth. Survey was done by flowing DC current that has high voltage current into the ground without damaging materials in the soil. Survey results were interpreted by using 2D and 3D modeling on Res2dinv. In two dimensional modeling, a coal-filled soil layer shown as red to purple color scheme with a resistivity value of 200-610 ohm meters. The detected zone of coal distribution is located on track 2 with the coordinate point  $08^{\circ} 16.157'$ - $08^{\circ} 16.190'$  'LS and  $111^{\circ} 45.351'$ - $111^{\circ} 45.344'$  'BT with leght of 20 meters from the starting point, and track 3 located at coordinates  $08^{\circ} 16.160'$ - $08^{\circ} 16.185'$  'LS and  $111^{\circ} 45.361'$ - $111^{\circ} 45.358'$  'BT with length of 20 meters from the starting point.

## ملخص

عزيزة، إفيرا. 2017. تفسير إمكانية توزيع الفحم بطريقة الجيو الكهربائية في الميدان "x". رسالة. قسم الفيزياء كلية العلم والتكنولوجيا جامعة مولانا ملك إبراهيم الإسلامية الحكومية. المربي : 1. الأستاذ عبد البسيط الماجستير 2. أمية الشريعة الماجستير.

## الكلمة الرئيسية: فحم، طريقة الجيو الكهربائية، قيمة المقاومة

البحث عن تفسير توزيع الفحم لمعرفة توزيع الفحم والتّركيب تحت السّطح. التخطيط الذي يُعمل في هذا البحث هو تخطيط الجيو الكهربائيّ المقاوميّ الذي هو طريقة في الجيو الفيزيائيّ الذي يدرس صفة النّيار الكهربائيّ في الأرض بإسالة نّيار كهربائيّ {دج} عنده جهد عالٍ إلى داخل الأرض بدون إفساد الموادّ في الأرض. تُفسر نتيجة التخطيط باستخدام تصميم ثنائي الأبعاد وثلاثة الأبعاد على ريس 2دينف. بناءً على التّفسير الذي قد عمله يُحصل النّتيجة أنّ طبقة الأرض المشتملة بالفحم محدّدة بلون الأحمر والبرفير الداكن على تصميم ثنائي الأبعاد بقيمة المقاومة 200 – 610 أوهم متراً. كانت المنطقة المكتشفة عن وجود توزيع الفحم في المسار الثاني في النقطة 08 درجة 16.157' – 08 درجة 16.190' خط العرض الجنوب و 111 درجة 45.351' – 111 درجة 45.344' خط الطول الشرق التي تكون في طوال عشرين متراً من النقطة الأولى، ثم في المسار الثالث في النقطة 08 درجة 16.160' – 08 درجة 16.185' خط العرض الجنوب و 111 درجة 45.361' – 111 درجة 45.358' خط الطول الشرق التي تكون في طوال عشرين متراً من النقطة الأولى.

## **BAB I PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Dewasa ini banyak penemuan-penemuan bahan tambang baik berupa logam maupun non logam yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar industri di belahan dunia khususnya Negara Kesatuan Republik Indonesia. Untuk mengikuti perkembangan tersebut maka perlu dilakukan kegiatan penyelidikan baik bersifat peninjauan umum maupun yang sifatnya tahap penyelidikan eksplorasi dan bila prospek menunjukkan potensi yang bisa dikembangkan maka selanjutnya kegiatan survei ditingkatkan lebih detail untuk mengungkap keberadaan bahan galian di lapangan “X” pada daerah tersebut.

Pemanfaatan batubara sebagai bahan baku industri menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan yang dipacu oleh kenaikan harga bbm yang semakin tidak menentu. Batubara banyak digunakan sebagai bahan pembangkit, sumber tenaga maupun sebagai bahan untuk industri kecil. Dari hasil penyelidikan dalam pencarian endapan mineral tertentu, dijumpai bahwa keterdapatan endapan mineral tertentu berada pada suatu tempat dan kondisi geologi tertentu. Hal tersebut dipengaruhi oleh proses kejadian mineral tersebut. Proses geologi yang berlangsung sering diikuti oleh pembentukan cebakan mineral dimana pada kondisi dan tempat tertentu cebakan tersebut sering bersifat ekonomis maupun non ekonomis.

Oleh karena itu, perlu diadakan survei dan penyelidikan eksplorasi untuk melihat kondisi tersingkapnya lapisan batubara tersebut dengan pemetaan geologi

setempat, dilanjutkan dengan kegiatan survei dan pengukuran geolistrik resistiviti untuk mengetahui keberadaan lapisan batubara di bawah permukaan tanah dan hubungannya dengan batuan sekitarnya pada lapangan X.

Melihat fenomena tersebut maka perlu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk melihat potensi sebaran batubara sehingga nantinya dapat diketahui bagaimana struktur bawah permukaan pada daerah yang diketahui terdapat singkapan batubara tersebut.

Sebagaimana firman Allah SWT dalam Surat ar-Rahman [55]: 33:

يَا مَعْشَرَ الْجِنِّ وَالْإِنسِ إِنِ اسْتَطَعْتُمْ أَنْ تَنْفُذُوا مِنْ أَقْطَارِ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ فَانفُذُوا لَا تَنْفُذُونَ إِلَّا بِسُلْطَانٍ ﴿٣٣﴾

“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).

Lafadz dari kata *إِلَّا بِسُلْطَانٍ* yakni mempunyai “*melainkan dengan kekuatan*”, maksudnya dengan perintah Allah (Katsir, 2004). Menurut Agus Purwanto (2008) kekuatan yang dimaksud pada ayat tersebut adalah kekuatan pikiran atau ilmu pengetahuan. Mengarungi langit dan menjelajah bumi sangat mungkin dilakukan asal mempunyai pengetahuan yang memadai. Dengan pengetahuan yang cukup maka kita dapat memahami apa yang tersimpan di bumi ini. Dari ayat di atas dapat dipahami bahwa sebagai hamba Allah kita bisa melakukan apapun termasuk meneliti, dengan meneliti kita bisa memanfaatkan atau mengeksplorasi dengan tujuan untuk mengetahui apa yang terjadi baik di langit maupun di bumi. Eksplorasi disini bisa termasuk pencarian bahan tambang dan mineral logam yang ada di dalam bumi. Karena semakin terbatasnya bahan

tambang tersebut termasuk batubara maka kita sebagai orang yang berilmu tidak akan pernah kehabisan ide untuk menemukan cebakan yang mengandung bahan tambang tersebut, sehingga sumber daya alam yang dimiliki di bumi akan dimanfaatkan dengan baik untuk kelestarian hidup manusia. Dalam bidang geofisika untuk dapat melakukan eksplorasi perlu menggunakan metode geofisika.

Metode Geolistrik merupakan salah satu metode yang digunakan dalam eksplorasi geofisika. Adapun fungsi lainnya adalah untuk eksplorasi batubara, emas, bijih besi, mangan dan *chromites*. Metode ini menggunakan penginjeksian arus listrik di bawah permukaan untuk mendapatkan data bawah permukaan bumi tentunya dengan menggunakan sifat-sifat kelistrikan batuan. Istilah lain dalam penyebutan metode geolistrik ini adalah metode *electrical resistivity*. Metode *resistivity* ini bekerja dengan menginjeksikan arus *Direct Current (DC)* atau arus searah ke dalam permukaan bumi dengan elektroda arus dan akan didapatkan beda potensialnya sebagai besaran fisis yang dicari. Selanjutnya mengukur voltase (beda tegangan) yang ditimbulkan di dalam bumi. Arus Listrik dan Tegangan disusun dalam sebuah susunan garis linier yang biasa disebut dengan konfigurasi elektroda. Beberapa susunan garis linier atau konfigurasi elektroda yang umum dipakai adalah *dipole-dipole*, *pole-pole*, *schlumberger*, dan *wenner*. Adapun konfigurasi elektroda yang lain yakni *wenner-schlumberger*, *pole-dipole* dan *square* atau persegi. Metode geolistrik ini bersifat tidak merusak lingkungan, biaya yang relatif murah dan mampu mendeteksi perlapisan tanah sampai pada kedalaman beberapa meter di bawah permukaan tanah. Metode ini dapat dimanfaatkan untuk survei analisis potensi sebaran batubara, khususnya untuk

mengetahui sebaran dan perlapisan tanahnya yang diketahui telah terdapat singkapan batubara tersebut.

### **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana interpretasi potensi sebaran batubara dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi wenner-alpha?
2. Bagaimana struktur bawah permukaan pada daerah yang diketahui terdapat singkapan batubara tersebut?

### **1.3 Tujuan**

1. Untuk mengetahui potensi sebaran batubara dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi wenner-alpha.
2. Untuk mengetahui struktur bawah permukaan pada daerah yang diketahui terdapat singkapan batubara tersebut.

### **1.4 Manfaat**

1. Memberikan informasi terkait potensi sebaran batubara pada lapangan X
2. Menambah wawasan serta pengetahuan terkait litologi batuan di daerah penelitian dengan menggunakan metode geolistrik tahanan jenis sehingga dapat dijadikan referensi untuk penelitian selanjutnya dalam geofisika.

### **1.5 Batasan Masalah**

1. Penelitian dilakukan di lapangan X.

2. Interpretasi potensi sebaran batubara menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi wenner-alpha dilakukan dengan jenis penyelidikan mapping (horizontal profiling).
3. Interpretasi dibantu dengan software *Res2dinv*, dan *Autocat*.
4. Penelitian ini dilaksanakan menggunakan 4 unit elektroda
5. Hal-hal yang mempengaruhi akuisisi data seperti cuaca dll diminimalisir.
6. Memaksimalkan bentangan pada lintasan dengan melihat kondisi lapangan.
7. Penelitian yang bertujuan untuk mengetahui potensi sebaran dan melihat struktur bawah permukaan pada lapangan "X".

## **BAB II KAJIAN PUSTAKA**

### **2.1 Batubara (*Coal*)**

Batubara dikenal sebagai “emas” hitam. Masyarakat mengenalnya sebagai batu hitam yang bisa terbakar. Hal itu tidak salah karena tampilan di lapangan menunjukkan perbedaan yang kontras antara batubara dan batuan sekitarnya. Batubara didefinisikan oleh beberapa ahli dan memiliki banyak pengertian di berbagai buku atau referensi. Di komunitas industri, definisi ini lebih spesifik lagi, yaitu batuan yang pada tingkat kualitas tertentu memiliki nilai ekonomis (Irwandy, 2014).

Elliot (1981) dalam Irwandy (2014), ahli geokimia batubara berpendapat batubara merupakan batuan sedimen yang secara kimia dan fisika adalah heterogen yang mengandung unsur-unsur karbon, hidrogen serta oksigen sebagai komponen unsur utama dan belerang serta nitrogen sebagai unsur tambahan. Zat lain, yaitu senyawa anorganik pembentuk debu (ash), tersebar sebagai partikel zat mineral yang terpisah di seluruh senyawa batubara. Secara ringkas, batubara bisa didefinisikan sebagai batuan karbonat berbentuk padat, rapuh, berwarna coklat tua sampai hitam, dapat terbakar, yang terjadi akibat perubahan tumbuhan secara kimia dan fisik.

Batubara adalah batuan sedimen (padatan) yang dapat terbakar, terbentuk dari sisa-sisa tanaman purba, berwarna coklat sampai hitam, yang sejak pengendapannya mengalami proses fisika maupun kimia yang mengakibatkan pengayaan pada kandungan karbonnya (Anggayana, 2002).

Endapan batubara adalah endapan yang mengandung hasil akumulasi material organik yang berasal dari sisa-sisa tumbuhan yang telah melalui proses litifikasi untuk membentuk lapisan batubara. Material tersebut telah melalui kompaksi, ubahan kima dan proses metamorfosis oleh peningkatan panas dan tekanan selama periode geologis. Bahan-bahan yang terkandung dalam lapisan batubara mempunyai berat lebih dari 50% atau volume bahan organik tersebut, termasuk kandungan lengas bawaan (*inherent moisture*), lebih dari 70% (BSN, 1998).

### **2.1.1 Pembentukan Batubara**

Terdapat dua proses utama yang berperan dalam proses pembentukan batubara, yaitu proses penggabutan (*peatification*) dan pembatubaraan (*coalification*). Gambut sendiri merupakan tahap awal dalam pembentukan batubara. Beberapa faktor yang berpengaruh dalam pembentukan rawa gambut menurut Bend (1992) dalam Diessel (1992):

1. Evolusi tumbuhan

Aneka ragam tumbuhan yang ditemui saat ini sebelumnya telah mengalami proses evolusi yang panjang dimulai dari jaman Devon. Dimulai dari satu jenis tumbuhan seperti alga atau ganggang pada jaman sebelum Devon menjadi bermacam-macam jenis tumbuh-tumbuhan pada waktu-waktu berikutnya. Proses evolusi ini perlu diketahui karena terdapat beberapa tumbuhan yang hanya hidup pada waktu tertentu saja sehingga beberapa tumbuhan ini dapat digunakan untuk interpretasi genesanya.

## 2. Iklim

Iklim pada suatu daerah banyak mempengaruhi terbentuknya gambut pada daerah tersebut. Hal ini dikarenakan iklim pada suatu daerah dapat mempengaruhi kecepatan tumbuhan untuk tumbuh, jenis tumbuhan yang tumbuh serta kecepatan dekomposisi tumbuhan. Di daerah beriklim tropis, dengan melimpahnya sumber air dan sinar matahari maka akan menghasilkan lapisan gambut yang banyak dan tebal yang terbentuk dari batang kayu besar. Peningkatan suhu daerah akan mempercepat laju pertumbuhan tanaman dan juga proses dekomposisinya (Taylor dkk., 1998).

## 3. Geografi dan struktur daerah

Gambut dan batubara akan terbentuk di daerah dengan kondisi kenaikan muka air yang lambat. Apabila kenaikan muka air tanah pada suatu daerah terlalu cepat, maka endapan rawa akan berubah menjadi limnik atau terjadi pengendapan sedimen marin. Sebaliknya apabila terlalu lambat maka material tumbuhan akan membusuk dan gambut yang terbentuk akan tererosi. Lalu adanya perlindungan rawa terhadap pantai atau sungai juga dibutuhkan agar sedimen yang terbentuk di rawa dapat terendapkan dan terjadi pembentukan gambut. Energi yang relatif rendah atau tenang juga akan mempengaruhi pembentukan gambut dan batubara, yaitu pada suplai sedimen yang ada sehingga gambut dapat terproses dan terbentuk tanpa banyak gangguan dari sedimen lain.

### A. Penggambutan (*Peatification*)

Gambut adalah sedimen organik yang dapat terbakar, berasal dari timbunan hancuran atau bagian tumbuhan dalam kondisi tertutup udara (di bawah air), tidak

padat, memiliki kandungan air lebih dari 75% (berat) dan kandungan mineral lebih kecil dari 50% dalam kondisi kering (Anggayana, 2000). Pembentukan gambut merupakan tahap awal pembentukan batubara. Dalam tahap ini proses yang paling penting adalah proses pembentukan *humic substance* (*humification*). Pembentukan *humic substance* (*humification*) ini dikontrol oleh beberapa faktor, yaitu kenaikan temperatur, suplai oksigen, fasies dan lingkungan alkali.

Proses penggabutan ini merupakan proses awal dalam pembentukan batubara, yang meliputi proses perubahan kimia (*biochemical coalification*) dan mikrobial. Dalam proses ini penggabutan akan bergantung pada faktor keberadaan air pada lingkungan pengendapan dan mikroorganisme (bakteri). Setelah proses tersebut kemudian dilanjutkan dengan proses perubahan geokimia (*geochemical coalification*), yang dalam prosesnya tidak melibatkan bakteri lagi.

Tumbuhan tersusun oleh berbagai unsur, yaitu C, H, O, dan N. Setelah mati tumbuhan akan mengalami proses degradasi biokimia. Adanya mikroorganisme (bakteri) menyebabkan terurainya unsur-unsur pada tumbuhan tersebut, sehingga akan memotong ikatan kimia tumbuhan tersebut dan menyebabkan tumbuhan akan mengalami pembusukan dan terurai menjadi humus. Unsur H, O, dan N akan terurai dan dilepaskan dalam bentuk air ( $H_2O$ ) dan  $NH_3$ . Sedangkan sebagian besar unsur C akan dilepaskan dalam bentuk gas  $CO_2$ , CO dan metana ( $CH_4$ ).

Semakin bertambahnya kedalaman maka suplai oksigen akan semakin berkurang. Hal ini mengakibatkan bakteri aerob tidak dapat bertahan hidup dan hanya terdapat bakteri anaerob. Karena jumlah bakteri hanya sedikit, pada kedalaman lebih dari 10 meter bisa dikatakan bakteri tidak memiliki peranan

penting lagi dan yang terjadi adalah proses kimiawi (polimerisasi, kondensasi, dan reaksi reduksi). Dengan bertambahnya kedalaman maka kandungan karbon (C) akan bertambah pula.

Pada tahap geokimia, lapisan sedimen akan semakin tertekan oleh lapisan sedimen di atasnya. Hal ini akan menyebabkan adanya kenaikan tekanan pada lapisan sedimen sehingga kandungan air akan berkurang dengan cepat. Kandungan air yang terdapat pada lapisan sedimen gambut dapat digunakan sebagai parameter tingkat diagenesa gambut yang baik. Kemunculan selulosa bebas, yaitu selulosa yang tidak bercampur dengan lignin juga dapat dijadikan parameter tingkat diagenesa gambut.

Dalam kenyataannya tidak seluruh bagian tumbuhan mengalami pembusukan. Akumulasi dari sisa-sisa tumbuhan yang tidak mengalami pembusukan inilah yang akan menjadi gambut. Gambut akan terbentuk apabila tumbuhan terendam air dengan cepat dan terhindar dari proses pembusukan yang diakibatkan oleh bakteri.

Selain menjadi gambut, maka proses yang akan bekerja selanjutnya adalah proses pematubaraan. Proses ini meliputi proses dan perubahan geokimia (*geochemical coalification*).

## **B. Pematubaraan (*coalification*)**

Proses pematubaraan meliputi perkembangan dari gambut (*peat*), menjadi batubara lignit (*brown coal*), *sub bituminous*, *bituminous*, dan *anthracite*. Proses ini dikontrol oleh beberapa hal yaitu waktu, tekanan dan temperatur.

Pada saat proses perubahan gambut menjadi lignit, proses yang terjadi adalah kenaikan temperatur dan penurunan porositas. Terjadinya proses kenaikan temperatur yang diikuti penurunan porositas ini diakibatkan oleh adanya pembebanan material-material sedimen di atasnya. Akibat tertekan sedimen di atasnya maka lapisan tersebut akan mengalami kompaksi dan terbentuklah lignit.

Apabila pada lapisan lignit terjadi peningkatan temperatur dan tekanan yang cukup lama dalam waktu geologi maka lignit ini akan menjadi batubara *sub bituminous* dan *bituminous*. Dalam proses perkembangannya, proses pembatubaraan ini akan mengalami peningkatan karbon (C) karena unsur-unsur lainnya seperti H, O dan N akan terlepas sebagai H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, dan N<sub>2</sub>.

Kemudian apabila batubara *bituminous* mengalami peningkatan temperatur yang cukup lama, maka unsur H dalam batubara akan terlepas dengan cepat. Peningkatan temperatur ini biasanya diakibatkan oleh adanya gradien geothermal dan tekanan *overbuden* pada lapisan sedimennya. Akibat unsur H yang terlepas pada batubara, maka lapisan batubara ini akan mengandung unsur H yang lebih sedikit dan terbentuklah tipe *antrachite*.

Menurut Sudarsono (2000), berdasarkan asal tumbuhan pembentuk gambut terdapat dua macam batubara, yaitu:

1. Batubara *autochtone*

Merupakan batubara yang gambutnya berasal dari tumbuh-tumbuhan yang tumbang ditempat tumbuhnya dan tidak mengalami transportasi ke tempat lain. Jenis batubara *autochtone* memiliki penyebaran yang luas dan merata serta memiliki kualitas yang lebih baik karena abunya yang relatif rendah.

## 2. Batubara *allochtone*

Merupakan batubara yang gambutnya berasal dari bagian tumbuhan yang terbawa aliran sungai dan terendapkan di daerah hilir sungai tersebut. Jenis batubara *allochtone* ini memiliki penyebaran tidak luas dan memiliki dan dijumpai pada beberapa tempat dan tidak merata. Kualitas batubara yang terbentuk dengan cara ini memiliki kualitas yang kurang baik karena banyak mengandung material pengotor yang tersangkut bersama pada saat tumbuhan tertransportasi dari tempat asalnya. Endapan batubara *allochtone* relatif lebih banyak mengandung mineral dibandingkan endapan *autochtone*.

Kenaikan temperatur dan waktu merupakan dua faktor utama penyebab proses pembatubaraan. Biasanya batubara dengan tingkat tinggi (*anthracite*) ditemukan berdekatan dengan intrusi-intrusi batuan beku. Terjadinya kontak metamorfisme intrusi batuan beku terhadap lapisan batubara ini membuat peringkat batubara ini semakin tinggi. Selain itu, peringkat batubara akan semakin tinggi akibat naiknya temperatur karena bertambahnya kedalaman lapisan batubara. Sedangkan semakin bertambahnya waktu apabila temperatur pembatubaraan tinggi, maka pada daerah yang terkena struktur geologi, seperti patahan atau lipatan, proses pembatubaraan akan semakin cepat karena adanya tekanan dan temperatur yang tinggi pada daerah tersebut.

### 2.1.2 Lingkungan Pengendapan Batubara

Pembentukan batubara tidak dapat dipisahkan dengan kondisi lingkungan dan geologi sekitarnya. Ketebalan, persebaran, komposisi dan kualitas batubara banyak dipengaruhi oleh lingkungan pengendapannya. Lingkungan yang memungkinkan untuk terbentuknya endapan batubara yaitu lingkungan yang memiliki tumbuhan yang cukup banyak, terdapat mikroorganisme (bakteri), dan digenangi air dalam kurun waktu cukup lama.

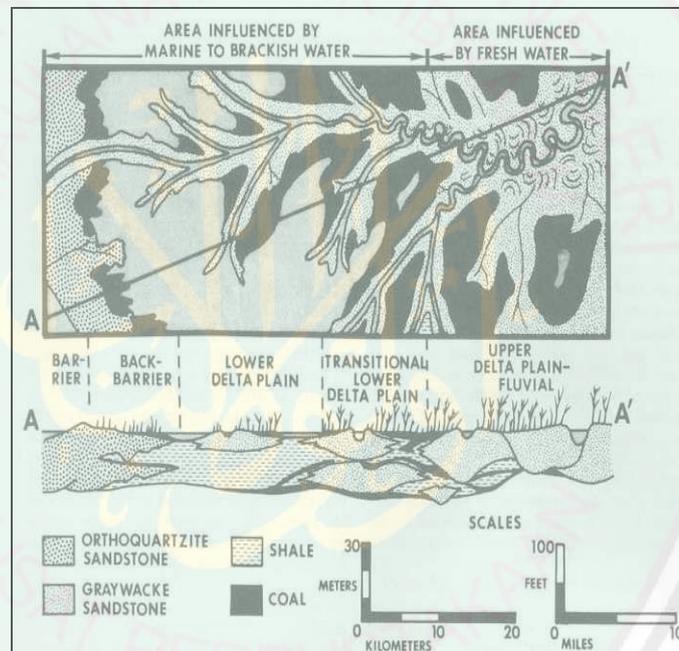
Lingkungan pengendapan rawa dibagi lagi menjadi dua jenis yaitu:

1. Rawa paralis, merupakan rawa yang terdapat di lingkungan tepi laut. Contoh seperti rawa pinggir laut, laguna, dan delta.
2. Rawa limnik, merupakan rawa yang terdapat di lingkungan tepi danau. Contohnya seperti rawa *meadow* dan tepi danau.

Batubara sendiri umumnya banyak ditemukan pada lingkungan pengendapan rawa paralis, terutama lingkungan pengendapan delta. Lingkungan pengendapan batubara di daerah delta (gambar 2.1) dapat dibagi menjadi empat bagian yaitu (Horne dkk, 1978):

1. Lingkungan *back barrier*, memiliki ciri-ciri endapan batubara dengan lapisan yang tipis, penyebaran lateral tidak menerus, dan memiliki kandungan sulfur yang tinggi.
2. Lingkungan *lower delta plain*, memiliki ciri-ciri endapan batubara dengan lapisan yang tipis, penyebaran luas, dan distribusi kandungan sulfur yang bervariasi.

3. Lingkungan transisi antara *lower* dan *upper delta plain*, memiliki ciri-ciri endapan batubara dengan lapisan tebal, penyebaran lateral luas, serta rendah sulfur.
4. Lingkungan *upper delta plain-fluvial*, memiliki ciri-ciri endapan batubara dengan lapisan cukup tebal, setempat, dan umumnya penyebaran lateral tidak merata dengan kandungan sulfur yang rendah.



Gambar 2.1 Lingkungan pengendapan batubara pada daerah delta (Horne dkk, 1978)

Untuk lingkungan pengendapan batubara berdasarkan lingkungan sedimennya (gambar 2.1) dapat dibagi menjadi empat yaitu (Diessel, 1992):

1. *Braided Plain*

*Braided plain* adalah dataran aluvial yang terdapat di antara pegunungan. Di daerah ini memiliki transportasi sedimen yang tinggi karena masih berada dekat dengan sumber air, sehingga endapan sedimennya pun berukuran kasar (>2mm).

Batubara yang terbentuk pada lingkaran ini memiliki penyebaran yang terbatas dan ketebalan sekitar 1,5 meter.

2. *Alluvial Valley dan Upper Delta Plain*

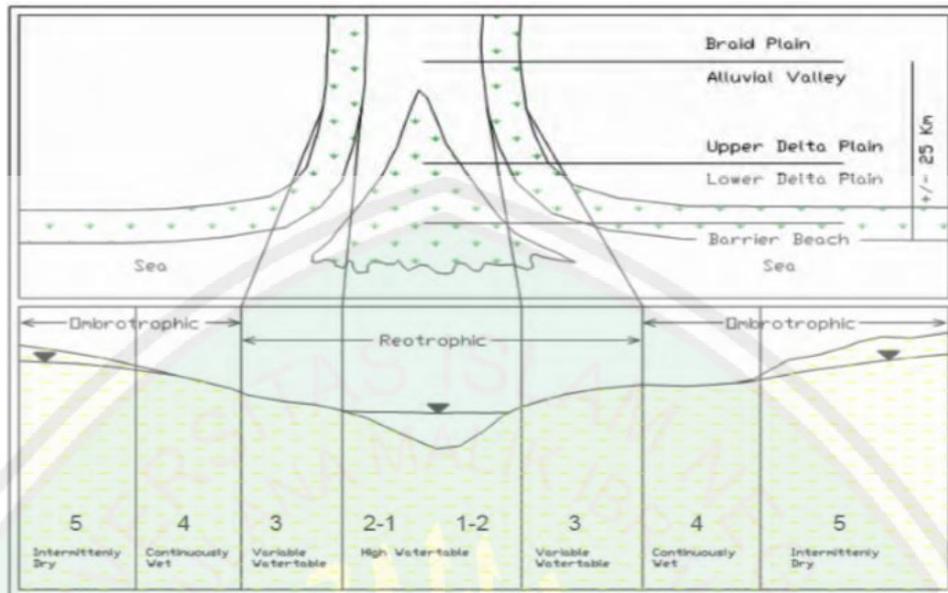
Kedua lingkungan ini memiliki kesamaan litofasies dan juga kondisi pembentukan batubaranya. Lingkungan ini merupakan transisi dari lembah dan dataran aluvial dengan dataran delta. Umumnya melewati daerah sungai meander (*meandering river*) lapisan batubaranya memiliki tebal bervariasi dan profil sedimen umumnya berupa perselingan batupasir dan lanau atau lempung.

3. *Lower Delta Plain*

Lingkungan *lower delta plain* dapat dibedakan dengan *upper delta plain* berdasarkan besarnya pengaruh pasang air laut terhadap proses sedimentasi. Batas keduanya yaitu daerah batas tertinggi dari air pasang. Endapan pada lingkungan ini terdiri dari batu lanau, batu lempung, dan serpih dengan sisipan batu pasir halus.

4. *Barrier Beach*

Morfologi garis pantai pada lingkungan ini dikontrol oleh rasio suplai sedimen dengan energi pantai, yaitu gelombang dan arus. Apabila nilai rasionya tinggi maka akan terbentuk lingkungan delta. Sedangkan apabila nilai rasionya rendah maka sedimentasi akan terdistribusi di sepanjang pantai.



Gambar 2.2 Sketsa lingkungan pengendapan dan kondisi akumulasi gambut (Diessel, 1992)

### 2.1.3 Klasifikasi Batubara

Klasifikasi saat ini umum digunakan yaitu klasifikasi yang dibuat oleh ASTM (*American Society for Testing and Materials*), parameter dasar yang digunakan dalam klasifikasi ASTM (ASTM, 1981 dalam Wood dkk, 1983):

1. Batubara berperingkat tinggi (*fixed carbon*  $\geq$  69%), parameter yang digunakan adalah jumlah karbon tertambat (*fixed carbon*) dan zat terbang (*volatile matter*).
2. Batubara berperingkat rendah (*fixed carbon*  $\leq$  69%), parameter yang digunakan adalah nilai kalori (*calorific value*)-nya.
3. Parameter tambahan, berupa sifat karakter penggumpalan (coking).

Tabel 2.1 Klasifikasi peringkat batubara oleh ASTM (ASTM, 1981 dalam Wood dkk, 1983).

Coal Rank		Vitrinite Reflectance (Random)	Volatile Matter (wt.% dmmf) <sup>1</sup>	Bed Moisture (wt %)	Calorific Value MJ/kg (Moist, mmf)	Hydro-carbon Generation	Principal Uses
Class	Group						
Anthracitic <sup>2</sup>	Meta-anthracite		2			Early gas-oil and gas-wet gas-dry gas	Space heating Chemical production
	Anthracite	2.50	8				
	Semianthracite	1.92	14				
Bituminous	Low Volatile Bituminous	1.51	22				Metallurgical coke production Cement production Thermal electric power generation
	Medium Volatile Bituminous	1.12	31		32.6		
	High Volatile A Bituminous	0.75	}	8-10	30.2		
	High Volatile B Bituminous	0.50-0.75			26.8		
High Volatile C Bituminous		24.4					
Subbituminous	Subbituminous A <sup>3</sup>			25	22.1	Thermal electric power generation Conversion to liquid and gaseous petroleum substitutes	
	Subbituminous B				19.3		
	Subbituminous C	0.42					
Lignitic	Lignite A			35	14.7	Thermal electric power generation Char production Space heating	
	Lignite B			75			
	Peat						

Keterangan:

1. dmmf-dry mineral matter free
2. non-agglomerating: if agglomerating, classified as low volatile bituminous
3. if agglomerating, classified as high volatile C bituminous

#### 2.1.4 Komposisi Batubara

Secara umum batubara terdiri dari unsur karbon (C), oksigen (O), dan hidrogen (H). Selain itu batubara juga ditemukan unsur belerang (S), nitrogen (N), silika (Si) dan beberapa unsur logam pengotor yang terjebak saat pembentukan batubara dan non bahan batubara (Irwandy, 2014).

Batubara dikenal istilah air dan *moisture*. Secara fisik, air yang terikat bisa dihilangkan dengan pemanasan. Sebagian *moisture* berupa komponen zat mineral yang tidak terikat pada batubara. Berdasarkan pembentukannya, *moisture* bisa dibagi menjadi *inherent moisture* dan *surface moisture*. *Inherent moisture* berasal dari pori-pori batubara yang terisi air secara alami, sedangkan *surface moisture* merupakan kandungan air yang berada di permukaan batubara saat ditimbang dan diproses. Dalam analisis terhadap batubara, ada beberapa jenis *moisture* yang ditentukan berdasarkan standar yang disusun secara umum, seperti *American Society for Testing and Materials (ASTM)* dan *International Organization for Standardization (ISO)*.

Abu mewakili mineral yang terkandung dalam batubara, selain zat anorganik yang mudah menguap (*inorganic volatile matter*). Abu terbentuk sebagai salah satu hasil sisa bakaran batubara yang terdiri dari berbagai oksida logam pembentuk batuan, seperti aluminium dan besi. Semakin tinggi kandungan abu, semakin rendah kualitas batubara. Kandungan abu yang tinggi berarti nilai kalorinya lebih rendah.

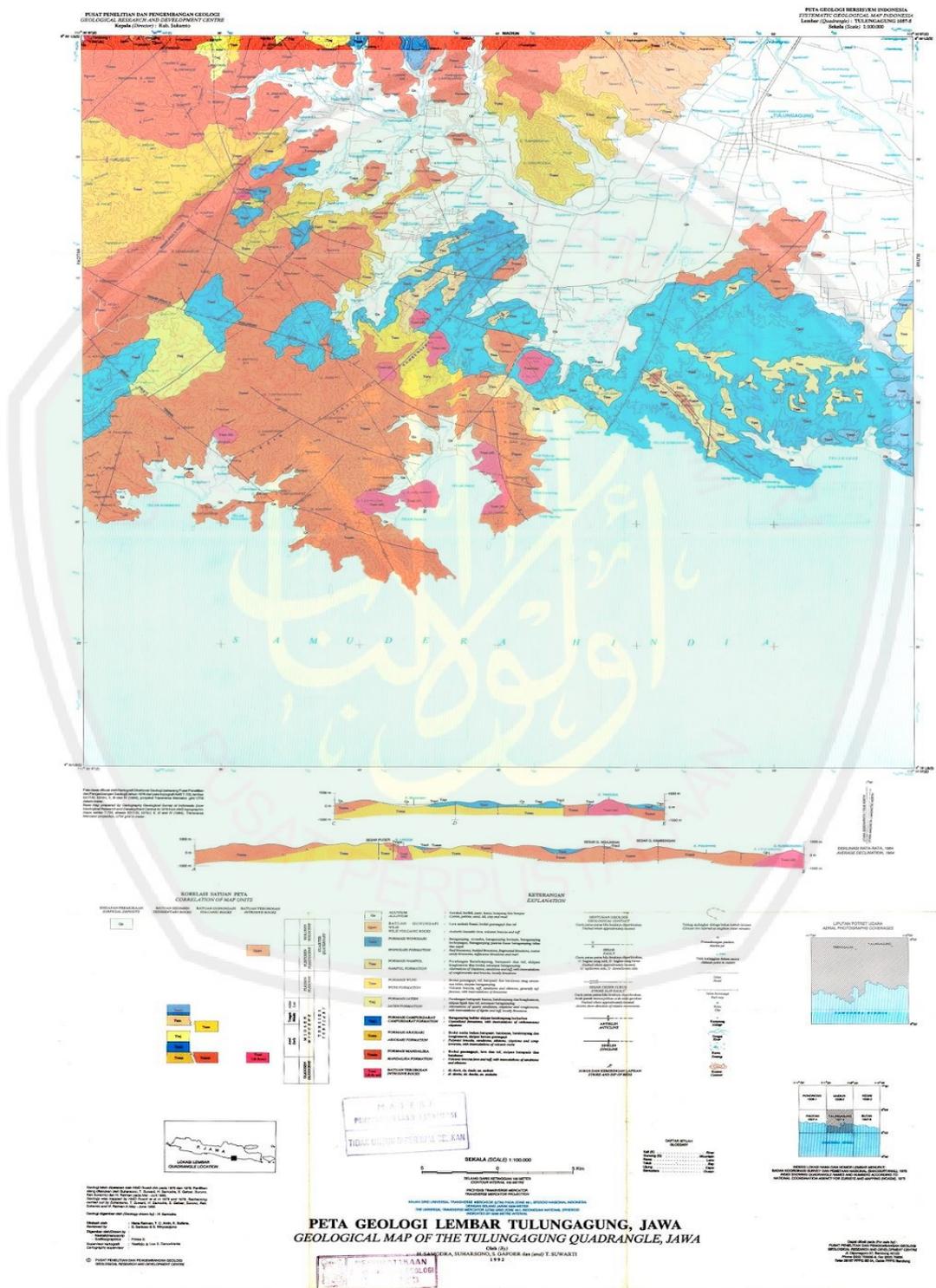
Zat terbang (*volatile matter*) adalah gabungan zat organik dan non organik yang mudah menguap saat pemanasan. Zat anorganik yang mudah menguap akan pecah menjadi gas karbon dioksida, sulfur dan air (berasal dari lempung).

Karbon tetap (*fixed carbon*) merupakan residu yang tersisa setelah *moisture* dan *volatile matter* dihilangkan. Nilai *fixed carbon* terdiri dari unsur-unsur dasar penyusun batubara, seperti karbon (C), hidrogen (H), dan oksigen (O). *Fixed carbon* menunjukkan nilai murni penyusun atau komposisi batubara sesungguhnya dan akan meningkat seiring meningkatnya rank batubara (Irwandy, 2014).



## 2.2 Geologi Daerah Penelitian

### 2.2.1 Stratigrafi



Gambar 2.3 Peta Geologi Tulungagung (Samodra, H. dan S. Gafoer, 1992)

Wilayah Tulungagung terdiri dari himpunan batuan Oligo Miosen kelompok Grendulu, yang terdiri dari Formasi Arjosari dan Formasi Mandalika. Formasi Arjosari (Toma) berupa runtunan endapan turbidit, yang ke arah mendatar berangsur berubah menjadi batuan gunung api Formasi Mandalika (Tomm). Kelompok Orbuculu ditindih selaras oleh Formasi Campurdarat (Tmcl) yang disusun oleh batuan karbonat berumur Miosen Awal. Ketiga Formasi di atas dipengaruhi oleh terobosan batuan beku bersusunan asam hingga menengah (Tomi; di, da, an), dan tertindih tak selaras oleh formasi-formasi Jaten, Wuni, dan Nampol. Formasi Jateng (Tmj) berumur akhir Miosen Awal dan merupakan kumpulan batuan klastika hasil rombakan batuan yang lebih tua. Batuan ini ditindih selaras oleh runtunan batuan gunungapi dan klastika gunungapi Formasi Wuni (Tmw) yang berumur awal Miosen Tengah. Formasi Nampol (Tmn) yang juga berumur awal Miosen Tengah disusun oleh batuan klastika menindih selaras Formasi Wuni.

Batuan intrusif (batuan terobosan), merupakan terobosan setempat mengubah batulempung menjadi lebih keras berwarna hitam, dan sebagian batugamping berubah menjadi pualam. Diduga batuan ini terbentuk pada Miosen Tengah dan batasnya adalah sebelum pembentukan Formasi Jaten.

Formasi Campurdarat, merupakan batu gamping hablur, bersisipan batulempung berkarbon. Sebagai sisipan lapisan ini mempunyai tebal antara 15 cm dan 50 cm dan umumnya berkembang di bagian atas. Formasi ini dipengaruhi oleh batuan terobosan, sehingga sebagian terpualamkan dan terpiritkan.

Batugamping dari satuan ini mirip dengan lensa batugamping dalam runtunan batuan klastika dan batuan gunungapi formasi-formasi Jaten, Wuni dan Ngampol.

Formasi Mandalika, merupakan breksi gunungapi berwarna kelabu kecoklatan hingga kelabu kehijauan, kompak, pejal terdiri dari komponen andesit, dasit, diorite, dan basal berukuran 3-30 cm, tebalnya beragam dari 5 sampai lebih dari 1-m. Setempat batuan ini banyak mengandung urat kuarsa yang arahnya tak teratur. Satuan ini berumur Oligo-Miosen yang ditindih oleh Formasi campurdarat, atau bersentuhan langsung dengan Formasi Jaten dan Formasi Wuni secara tak selaras.

Formasi Nampol berbentuk batulempung berwarna kecoklatan atau kelabu, berlapis, sebagian kompak dan keras, karbonan dan lignitan. Tebal lapisannya berkisar antara 20 dan 30 cm. satuan ini terbentuk di lingkungan laut dangkal yang berdekatan dengan daerah peralihan. Sebarannya hanya setempat-setempat, menempati perbukitan menggelombang di bagian Timur lembar.

### **2.2.2 Fisiografi dan Morfologi**

Secara fisiografi, menurut van Bemmelen (1949), daerah Tulungagung termasuk dalam lajur pegunungan selatan Jawa Timur, yang bagian utaranya berbatasan dengan Lajur Depresi yang ditmpati oleh G. Wilis.

Secara Morfologi daerah lembar dapat dibagi menajadi 3 satuan, perbukitan, perdaratan, dan karst. Satuan perbukitan menempati wilayah sekitar 35% luas lembar, berjulang antara 300 dan 980 m diatas permukaan laut. Puncak tertinggi pada satuan ini adalah G. Jawar (987 m). Satuan ini disusun oleh batuan

gunung api dan endapan turbidit Oligo-Miosen. Beberapa tonjolan bukit pada satuan ini dibentuk oleh batuan terobosan bersusunan asam hingga menengah.

Satuan perdaratan yang merupakan satuan terluas mencakup sekitar 50% luas lembar. Satuan ini disusun oleh endapan aluvial dan rata-rata berjulung 100 m di atas muka laut.

Satuan karst yang luasnya sekitar 15% luas lembar terutama tersebar di bagian timur, di sepanjang pantai selatan. Satuan ini rata-rata berjulung lebih dari 250 m di atas muka laut, disusun oleh batuan karbonat. Beberapa tinggian pada satuan ini disusun oleh batuan sedimen dan batuan gunungapi. Sungai-sungai pada satuan ini umumnya berlembah sempit dan curam. Kelurusan sungai dan pegunungan dikendalikan oleh struktur (Nahrowi dkk., 1978).

### **2.3 Metode Tahanan Jenis**

Metoda tahanan jenis merupakan salah satu metoda geolistrik yang mempelajari sifat-sifat aliran listrik di dalam bumi dan bagaimana cara mendeteksinya di permukaan bumi. Besaran fisis yang dipelajari adalah tahanan jenis batuan akibat adanya medan potensial dan arus yang terjadi di permukaan bumi. Pada dasarnya metode ini didekati dengan menggunakan konsep perambatan arus listrik di dalam medium yang isotropis, dimana arus listrik bergerak ke segala arah dengan nilai sama besar. Sehingga jika terjadi penyimpangan dari kondisi ideal (homogen isotropis), maka penyimpangan ini (anomali) yang justru yang diamati. Nilai tahanan jenis bawah permukaan ini berhubungan dengan sifat fisis batuan (antara lain derajat saturasi air, porositas,

dan permeabilitas formasi batuan) dan sejarah geologi batuan tersebut terbentuk (Telford, 1990).

### 2.3.1 Sifat Listrik Batuan

Resistivitas adalah karakteristik batuan yang menunjukkan kemampuan batuan tersebut untuk menghantarkan arus listrik. Aliran arus listrik dalam batuan dan mineral dapat digolongkan menjadi 3 macam, yaitu konduksi secara elektronik, konduksi secara elektrolitik dan konduksi secara dielektrik (Milsom, 2003).

Sifat konduktivitas listrik tanah dan batuan pada permukaan bumi sangat dipengaruhi oleh jumlah air, kadar garam/salinitas air serta bagaimana cara air didistribusikan dalam tanah dan batuan tersebut. Konduktivitas listrik batuan yang mengandung air sangat ditentukan terutama oleh sifat air, yakni elektrolit (larutan garam yang terkandung dalam air yang terdiri dari anion dan kation yang bergerak bebas dalam air). Adanya medan listrik eksternal menyebabkan kation dalam larutan elektrolit menuju kutub negatif sedangkan anion menuju kutub positif. Tentu saja batuan berpori ataupun tanah yang terisi air, nilai resistivitas ( $\rho$ ) listriknya berkurang dengan bertambahnya kandungan air. Begitu pula sebaliknya, nilai resistivitas listriknya akan bertambah dengan berkurangnya kandungan air (Telford, 1990).

#### a. Konduksi Elektronik

Konduksi ini terjadi jika batuan atau mineral mempunyai banyak elektron bebas sehingga arus listrik dialirkan dalam batuan atau mineral oleh elektron-elektron bebas tersebut. Aliran listrik ini juga dipengaruhi oleh sifat atau

karakteristik bebas tersebut. Aliran listrik ini juga dipengaruhi oleh sifat atau karakteristik masing-masing batuan yang dilewatinya. Salah satu sifat atau karakteristik batuan tersebut adalah resistivitas (tahanan jenis) yang menunjukkan kemampuan bahan untuk menghantarkan arus listrik. Semakin besar nilai resistivitas suatu bahan maka semakin sulit bahan tersebut menghantarkan arus listrik, begitu pula sebaliknya. Resistivitas mempunyai pengertian yang berbeda dengan resistansi (hambatan), dimana resistansi tidak hanya tergantung pada bahan tetapi bergantung pada faktor geometri atau bentuk bahan tersebut sedangkan resistivitas tidak bergantung pada faktor geometri (Lowrie, 2007).

Jika ditinjau sebuah silinder dengan panjang  $L$ , luas penampang  $A$  dan resistansi  $R$  seperti gambar 2.4



Gambar 2.4 Silinder konduktor (Lowrie, 2007)

Maka dapat dirumuskan:

$$R = \rho L/A \quad (2.1)$$

Dimana  $\rho$  adalah resistivitas ( $\Omega\text{m}$ ),  $L$  adalah panjang silinder konduktor (m),  $A$  adalah luas penampang silinder konduktor ( $\text{m}^2$ ), dan  $R$  adalah resistansi ( $\Omega$ ).

Sedangkan menurut hukum Ohm, resistansi  $R$  dirumuskan:

$$R = V/I \quad (2.2)$$

Dimana R adalah resistansi (ohm), V adalah beda potensial (volt), I adalah kuat arus (ampere). Dari kedua rumus tersebut didapatkan nilai resistivitas ( $\rho$ ) sebesar:

$$\rho = \frac{VA}{IL} \quad (2.3)$$

Banyak orang sering menggunakan sifat konduktivitas ( $\sigma$ ) batuan yang merupakan kebalikan dari resistivitas ( $\rho$ ) dengan satuan ohm/m

$$\sigma = 1/\rho = \frac{IL}{VA} = \left[ \frac{I}{A} \right] \left[ \frac{L}{V} \right] = \frac{J}{E} \quad (2.4)$$

dimana J adalah rapat arus (ampere/m<sup>2</sup>) dan E adalah medan listrik (volt/m) (Lowrie, 2007).

b. Konduksi Elektrolitik

Sebagian besar batuan merupakan konduktor yang buruk dan memiliki resistivitas yang sangat tinggi. Namun pada kenyataannya batuan biasanya bersifat porus dan memiliki pori-pori yang terisi oleh fluida, terutama air. Akibatnya batuan-batuan tersebut menjadi konduktor elektrolitik, dimana konduksi arus listrik dibawa oleh ion-ion elektrolitik dalam air. Konduktivitas dan resistivitas batuan porus bergantung pada volume dan susunan pori-porinya. Konduktivitas akan semakin besar jika kandungan air dalam batuan bertambah banyak, dan sebaliknya resistivitas akan semakin besar jika kandungan air dalam batuan berkurang. Menurut rumus Archie:

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

Dimana  $\rho_e$  adalah resistivitas batuan,  $\phi$  adalah porositas, S adalah fraksi pori-pori yang berisi air dan  $\rho_w$  adalah resistivitas air. Sedangkan  $\alpha$ , m dan n adalah konstanta, untuk nilai m disebut faktor sementasi. Untuk nilai n yang sama, Schlumberger menyarankan n = 2 (Lowrie, 2007).

c. **Konduktivitas Dielektrik**

Konduksi ini terjadi jika batuan atau mineral bersifat dielektrik terhadap aliran arus listrik, artinya batuan atau mineral tersebut mempunyai elektron bebas sedikit, bahkan tidak sama sekali. Elektron dalam batuan berpindah dan berkumpul terpisah dan mengalami pengkutuban dalam inti karena adanya pengaruh medan listrik, sehingga terjadi polarisasi (Lowrie, 2007).

**2.3.2 Konduktivitas Listrik**

Menurut Syekhfani (2014) dalam Agustina (2014), konduktivitas listrik digunakan untuk mengetahui tingkat kegaraman yang ada dalam tanah. Konduktivitas listrik adalah fenomena aliran listrik berasal dari muatan partikel (ion, koloid) yang membentuk kekuatan medan listrik. Komponen padatan dan cairan tanah, yang terdiri dari senyawa dan unsur mengandung ion (kation, anion) bermuatan positif (+) dan negatif (-), saat terjadi aliran listrik dari + ke - melalui media cair, akan muncul daya medan listrik yang berpengaruh terhadap mobilitas ion/koloid.

**2.3.3 Elektrisitas Dasar**

Hukum Ohm pertama kali dijelaskan oleh fisikawan Jerman Georg Simon Ohm, bahwa arus itu berbanding lurus dengan voltase V dan berbanding terbalik dengan resistansi R, atau (Burger, 1992):

$$i = \frac{V}{R} \quad (2.6)$$

Karena variasi material geologi dapat dijelaskan dengan nilai resistansi yang berbeda pada arus yang mengalir, maka dapat dilihat dengan jelas untuk

mengukur arus dan tegangan digunakan untuk pengukuran resistansi dan pengukuran perbedaan material pada lapisan permukaan. Dengan suatu kesimpulan bahwa resistansi tidak hanya bergantung pada material tapi juga bergantung pada suatu dimensi. Berdasarkan gambar 2.6 dapat diilustrasikan dua resistor dengan panjang ( $l$ ) yang berbeda dan *cross-sectional* pada area  $A$ . Jika resistor tersebut dibentuk dari material yang sama, maka dapat dilihat dengan jelas bahwa resistor tersebut tidak akan mempunyai nilai resistansi yang sama untuk mengalirkan arus. Seperti yang telah diketahui bahwa arus yang mengalir adalah perpindahan dari partikel pada unit waktu, maka dapat dianalogikan pada air. Pada sebuah pipa yang terbuka dari salah satu sisi tersebut dipenuhi dengan kerikil. Sebuah pompa menimbulkan tekanan yang berbeda pada pipa dan air yang mengalir. Kerikil menyebabkan suatu hambatan untuk mengalirkan bagian terbuka dari pipa. Jika menaruh sesuatu yang sama, akan tetapi bertambah panjang bagian yang dipenuhi oleh kerikil, hambatan untuk menaikkan aliran dan mengalirkan rata-rata dari air adalah dengan mengurangi. Jadi bagaimanapun jika kita meningkatkan diameter, resistansi untuk mengalirkan adalah dengan mengurangi dan mengalirkan air yang berlebih (Robert, 1992).

Pernyataan ini menyarankan bahwa resistansi dari hambatan pada gambar 2.6 bergantung pada panjang dan area *cross-sectional* dan juga pada properti dasar dari material yang digunakan pada pembuatannya. Yang mana kita istilahkan dengan *resistivity* dan ditandai dengan  $\rho$ , maka didapatkan (Robert, 1992):

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (2.7)$$

Satuan dari resistivitas adalah resistansi, panjang, yang biasa ditandai dengan  $\Omega\text{m}$ . Konduktansi merupakan kebalikan dari resistansi, dan konduktivitas merupakan kebalikan dari resistivitas (Robert, 1992).

### 2.3.4 Arus yang Mengalir pada Bumi yang Homogen Isotropis

#### A. Sumber Titik Arus

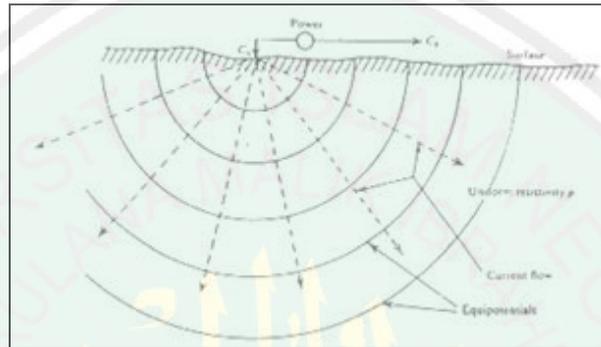
Karena metode resistivitas terdiri dari penerapan arus dan mengukur potensial, pertama dilakukan adalah dengan menganggap potensial berada pada titik  $P_1$  ketika arus dialiri pada titik  $C_1$ . Kita letakkan elektroda arus pada jarak yang sangat jauh dan mengasumsikan material yang sama pada resistivitas  $\rho$ . Karena udara memiliki resistivitas yang tak terhingga, tidak ada arus yang naik. Jadi arus yang mengalir keluar melalui bumi dengan kata lain pada seluruh arah untuk menggambarkan sebuah permukaan setengah bola karena pendistribusian arus itu sama dimanapun pada lapisan ini, yang mana pada jarak  $r$  dari elektroda arus  $C_1$ , potensial juga sama. Permukaan ini diketahui adalah permukaan ekuipotensial. Jika kita gambarkan sangat tipis kerangka dari ketebalan  $dr$  dan menggunakan persamaan (2.6) dan (2.7), kita dapat memberikan beda potensial kerangka pada sisi lain menjadi (Robert, 1992):

$$dV = i(R) = i \left( \rho \frac{l}{A} \right) = i \left( \rho \frac{dr}{2\pi r^2} \right) \quad (2.8)$$

pada persamaan (2.8) untuk menentukan potensial pada  $P_1$ . Pada penentuan titik potensial ini, bandingkan dengan potensial pada titik jauh tak terbatas, yang mana disepakati pada konvensi ditetapkan sama dengan nol. Yang memberikan jalan

untuk menetapkan  $V$  untuk integral, persamaan (2.8) melalui jarak  $D$  untuk elektroda arus yang tak terbatas (Robert, 1992):

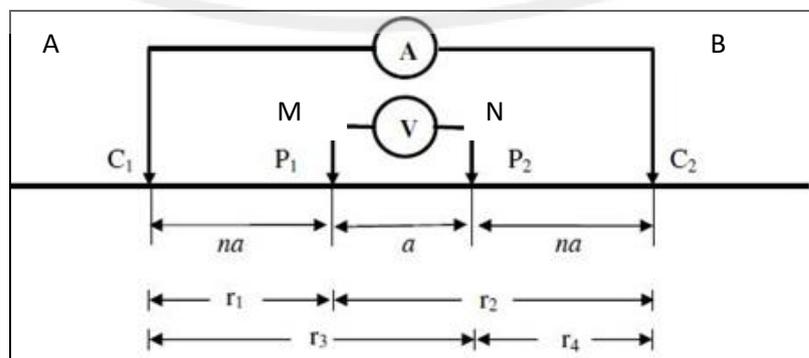
$$V = \int_D^{\infty} dV = \frac{i\rho}{2\pi} \int_D^{\infty} \frac{dr}{r^2} = \frac{i\rho}{2\pi D} \quad (2.9)$$



Gambar 2.5 Pola arus listrik yang dipancarkan oleh elektroda arus tunggal di permukaan medium homogen isotropis

### B. Elektroda Arus Ganda di Permukaan Medium Setengah Tak Berhingga

Apabila terdapat elektroda arus  $C_1$  yang terletak pada permukaan suatu medium homogen, terangkai dengan elektroda arus  $C_2$  dan diantaranya ada dua elektroda potensial  $P_1$  dan  $P_2$  yang dibuat dengan jarak tertentu seperti pada gambar 2.6, maka potensial yang berada di dekat titik elektroda tersebut bisa dipengaruhi oleh kedua elektroda arus.



Gambar 2.6 Arus listrik dilewatkan pada elektroda arus A dan B. Elektroda M dan N adalah elektroda potensial (Robert, 1992).

Karena potensial merupakan besaran skalar, maka potensial disebarkan titik oleh elektroda arus ganda akan merupakan jumlahan potensial oleh 2 elektroda arus tunggal.

Oleh karena itu dengan menggunakan persamaan (2.9), potensial di titik M oleh arus yang melewati elektroda A dan B (gambar 2.6) adalah (Waluyo, 2001):

$$V_M = \frac{i\rho}{2\pi} \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (2.10)$$

Tanda negatif pada persamaan (2.10) disebabkan oleh arus yang harus berlawanan pada elektroda arus ganda. Potensial pada titik N adalah (Waluyo, 2001):

$$V_N = \frac{i\rho}{2\pi} \left( \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \quad (2.11)$$

Dengan demikian beda potensial antara titik M dan N adalah (Waluyo, 2001):

$$\Delta V = V_M - V_N = \frac{i\rho}{2\pi} \left\{ \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left( \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\} \quad (2.12)$$

Dengan  $\Delta V$  : beda potensial antara  $P_1$  dan  $P_2$ .

$i$  : arus (A)

$\rho$  : resistivitas ( $\Omega\text{m}$ )

$r_1$  : jarak  $C_1$  ke  $P_1$  (m)

$r_2$  : jarak  $C_2$  ke  $P_1$  (m)

$r_3$  : jarak  $C_1$  ke  $P_2$  (m)

$r_4$  : jarak  $C_2$  ke  $P_2$  (m)

Untuk konfigurasi wenner,  $r_1 = r_4 = a$  dan  $r_2 = r_3 = 2a$ , maka persamaan (2.12) menjadi (Waluyo, 2001):

$$\Delta V = V_M - V_N = \frac{i\rho}{2\pi} \left\{ \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left( \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\} = \frac{i\rho}{2\pi a} \quad (2.13)$$

Sehingga:

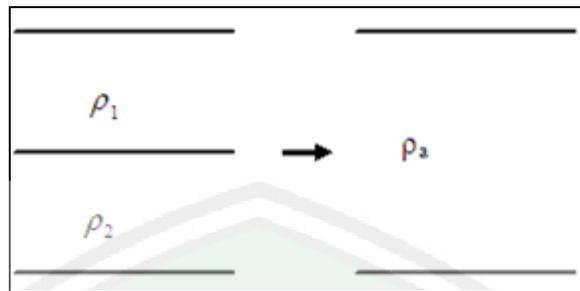
$$\rho = 2\pi a \left( \frac{\Delta V}{i} \right) \quad (2.14)$$

Persamaan (2.14) memberikan hubungan antara  $\rho$  dengan  $(\Delta V/I)$ . Faktor yang menghubungkan keduanya mempunyai harga yang hanya tergantung dari konfigurasi atau geometri dari elektroda-elektroda arus dan tegangan. Oleh karena itu faktor tersebut disebut faktor geometri (Waluyo, 2001).

Persamaan (2.14) diturunkan berdasar hukum ohm pada medium homogen setengah tak berhingga yang secara fisis tidak ada asumsi lain yang berlaku. Dengan demikian pengukuran dengan konfigurasi elektroda apapun (pada medium setengah tak berhingga) harus memberikan harga resistivitas yang sama, yaitu resistivitas medium yang sebenarnya (true resistivity) (Waluyo, 2001).

### 2.3.5 Resistivitas Semu

Resistivitas semu atau *apparent resistivity* adalah resistivitas yang tergantung pada spasi elektroda, dan bukan merupakan resistivitas medium sebenarnya karena bumi terdiri dari medium berlapis. Resistivitas semu yang dihasilkan oleh setiap konfigurasi akan berbeda walaupun jarak antar elektroda sama. Maka akan dikenal  $\rho_{aw}$  yaitu resistivitas semu untuk konfigurasi wenner dan  $\rho_{as}$  yaitu resistivitas semu untuk konfigurasi schlumberger pada umumnya. Resistivitas yang terukur sebenarnya adalah resistivitas semu ( $\rho_a$ ) (Reynold, 2005).



Gambar 2.7 Resistivitas semu (Burger, 1992).

Berdasarkan persamaan (2.13) besar resistivitas semu dapat dinyatakan dalam bentuk:

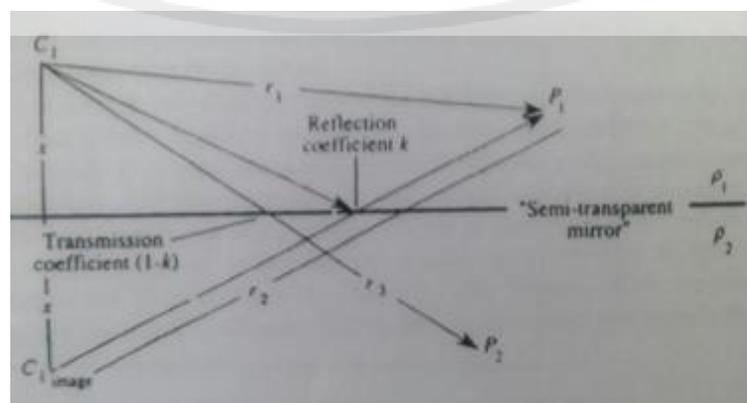
$$\rho = 2\pi \left[ \left( \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right) - \left( \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right]^{-1} \frac{\Delta V}{i} \quad (2.15)$$

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{i} \quad (2.16)$$

$$K = \frac{2\pi}{\left[ \left( \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right) - \left( \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right]} \quad (2.17)$$

Gambar 2.7 menjelaskan bahwa lapisan  $\rho_1$  dan  $\rho_2$  merupakan lapisan semu dari  $\rho_a$  yang bersifat homogen fiktif, atau bisa dikatakan  $\rho_1$  dan  $\rho_2$  mewakili medium berlapis yang ditinjau.

Meninjau medium dengan 2 lapisan.



Gambar 2.8 Medium dua lapis (Burger, 1992).

Potensial di titik  $p_1$

$$Vp_1 = \frac{i\rho_1}{2\pi r_1} + \frac{i\rho_1}{2\pi r_2} \quad (2.18)$$

Potensial di titik  $p_2$

$$Vp_2 = \frac{i(1-k)\rho_2}{2\pi r_3} \quad (2.19)$$

$Vp_1 = Vp_2$

$$\frac{i\rho_1}{4\pi r_1} + \frac{ik\rho_1}{4\pi r_2} = \frac{i(1-k)\rho_2}{4\pi r_3} \quad (2.20)$$

Sehingga didapatkan nilai  $k$

$$k = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1} \quad (2.21)$$

Hubungan antara  $\rho_a$  dan  $\rho_1, \rho_2$  pada gambar (2.6) yaitu

$$\rho_a = \frac{2\pi\Delta V}{i} \left\{ \frac{1}{\frac{1}{a} - \frac{1}{2a} - \frac{1}{2a} + \frac{1}{a}} \right\} \quad (2.22)$$

$$= \frac{2\pi a}{i} \Delta V$$

$$\rho_a = \frac{2\pi a}{i} \left\{ \frac{i\rho_1}{2\pi a} \left( 1 + 4 \sum_{n=1}^{\infty} \left( \frac{k^n}{\left(1 + \left(\frac{2nz}{a^2}\right)^{1/2}}\right)^{1/2}} - 2 \sum \frac{k^n}{\left(1 + \left(\frac{2nz}{a^2}\right)^{1/2}\right)^{1/2}} \right) \right) \right\} \quad (2.23)$$

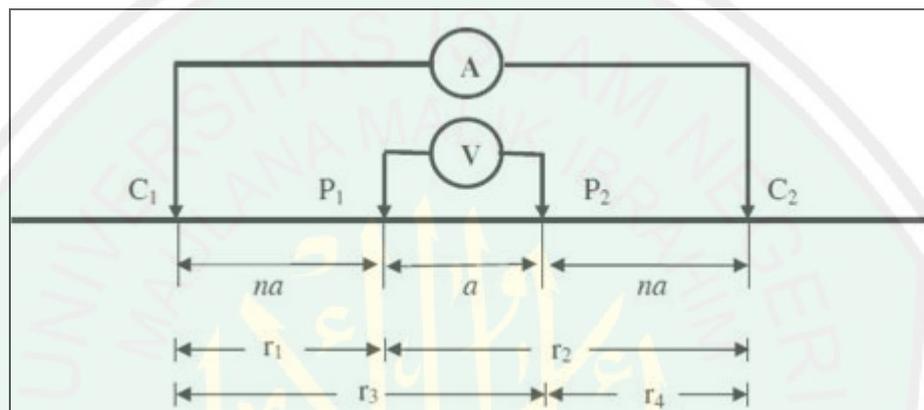
Keterangan:

- $\rho_a$  = resistivitas semu
- $i$  = arus (A)
- $a$  = spasi terkecil
- $k$  = koefisien refleksi
- $n$  = jumlah datum
- $z$  = kedalaman
- $\Delta V$  = beda potensial

### 2.3.6 Konfigurasi Wenner

Metode ini diperkenalkan oleh Wenner (1915). Konfigurasi Wenner cukup

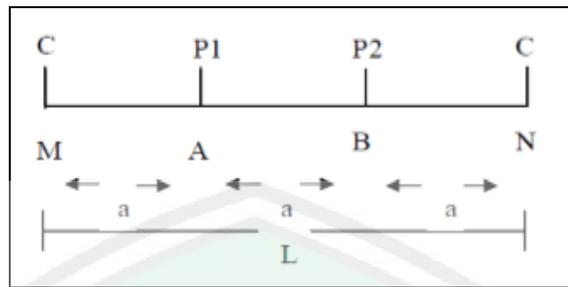
populer digunakan dalam pengambilan data geolistrik, baik 1D atau VES (Vertical Electrical Sounding) maupun mapping 2D atau ERT (Electrical Resistivity tomography). Nilai tahanan jenis semu didapat dengan faktor geometri (K) yaitu (Milsom, 2003):



Gambar 2.9 Konfigurasi Wenner (Milsom, 2003)

Konfigurasi Wenner merupakan salah satu konfigurasi yang sering digunakan dalam eksplorasi geolistrik dengan susunan jarak spasi sama panjang ( $r_1=r_4=a$  dan  $r_2=r_3=2a$ ). Jarak antara elektroda arus adalah tiga kali jarak elektroda potensial, jarak potensial dengan titik soundingsnya adalah  $a/2$ , maka jarak masing elektroda arus dengan titik soundingsnya adalah  $3a/2$ . Target kedalaman yang mampu dicapai pada metode ini adalah  $a/2$ . Dalam akuisisi data lapangan susunan elektroda arus dan potensial diletakkan simetri dengan titik sounding.

Pada konfigurasi Wenner jarak antara elektroda arus dan potensial adalah sama. Seperti pada gambar ini:



Gambar 2.10 Susunan elektroda arus dan potensial pada konfigurasi Wenner (Loke, 2004).

Dalam konfigurasi seperti pada gambar 2.10  $AM = AB = NB = a$ , maka faktor geometri konfigurasi Wenner adalah sebagai berikut:

$$K = \frac{2\pi}{\left[\frac{1}{a} - \frac{1}{2a}\right] - \left[\frac{1}{2a} - \frac{1}{a}\right]} \quad (2.24)$$

$$K = 2\pi a \quad (2.25)$$

Sehingga faktor geometri untuk konfigurasi Wenner adalah

$$K_w = 2\pi a \quad (2.26)$$

$$\rho = K_w \cdot R \quad (2.27)$$

Pengambilan data geolistrik yang ideal dilakukan pada permukaan tanah yang memiliki topografi landai, namun pada kenyataan di lapangan topografi bervariasi. Maka dari itu kemiringan permukaan tanah dapat diabaikan jika kemiringan  $<15^\circ$  (Milsom, 2003).

### 2.3.7 Wenner Alpha

Wenner Alpha memiliki konfigurasi elektroda potensial yang berada di antara elektroda arus yang tersusun dari  $C_1$ - $P_1$ - $P_2$ - $C_2$ . Jarak elektroda yang satu

dengan yang lainnya sama dengan  $a$ . Faktor geometri konfigurasi ini adalah  $K = 2\pi a$ . Keuntungan dan keterbatasan 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  $C_1$  dan  $P_1$  berkali-kali. Namun demikian untuk jarak C-P yang lebih pendek, daya tembus (penetrasi) lebih besar, sehingga berlaku untuk eksplorasi resistivitas dalam.
2. Karena bidang akuiptensial untuk benda homogen berupa bola, maka data-data lebih mudah diproses dan dimengerti. Disamping itu nilai error juga kecil.
3. Karena sensitif terhadap perubahan-perubahan ke arah lateral di permukaan, konfigurasi ini banyak digunakan untuk penyelidikan geotermal.

## **BAB III METODE PENELITIAN**

### **3.1 Waktu Penelitian**

Penelitian tentang Interpretasi Potensi Sebaran Batubara menggunakan Metode Geolistrik di Lapangan “X” dilaksanakan pada Bulan Mei-Agustus 2017.

### **3.2 Peralatan Penelitian**

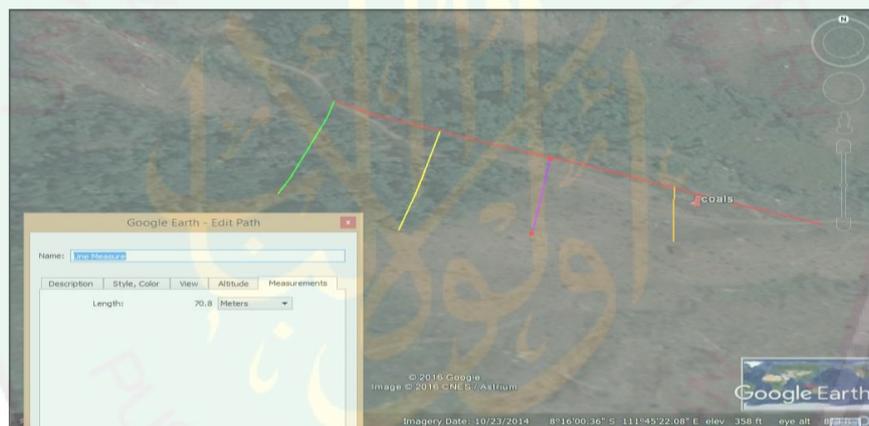
Peralatan yang digunakan dalam pengambilan data di lapangan menggunakan metode geolistrik tahanan jenis yaitu:

1. Resistivity Meter merek CAMPUS TIGRE (Swedia)
2. Elektroda Arus dan Potensial (@ 2 unit)
3. Kabel Arus dan Potensial (@ 2 unit)
4. Accu kering (26 Ampere/12 Volt)
5. Palu (2 Buah)
6. GPS Garmin N76, sebagai alat penentu posisi lintang, bujur dan ketinggian dari setiap titik ukur.
7. Rol meter, sebagai alat pengukur jarak
8. Kamera, sebagai alat pengambilan dokumentasi
9. HT (6 buah)
10. Kompas
11. Seperangkat komputer
12. Software MS. Excel
13. Software *Res2Dinv*
14. Software *Voxler*

15. Software *AutoCad*.
16. Peta geologi dan topografi daerah penelitian
17. Payung (1 buah)

### 3.3 Desain Akuisisi

- Konfigurasi : Wenner Alpha  
 Jumlah *Line* : 4 (1 membujur dan 3 melintang)  
 Panjang Bentangan : 102 m, 70 m, 56 m dan 62 meter



Gambar 3.1 Lokasi dan Desain Akuisisi Data Geolistrik

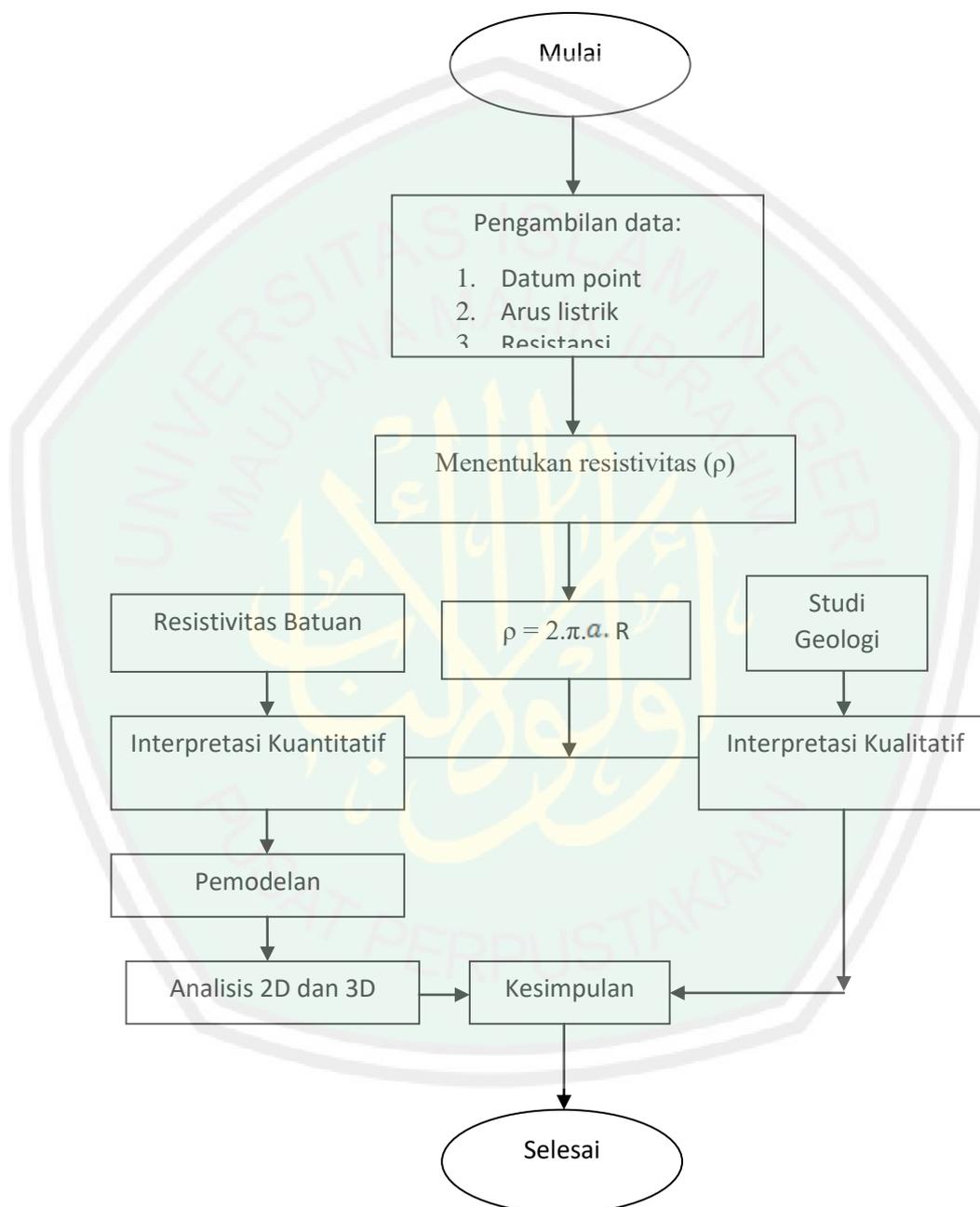
### 3.4 Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan dalam penelitian ini adalah sebelum melakukan pengambilan data di lapangan terlebih dahulu harus survei lokasi dan mengumpulkan referensi tentang potensi sebaran batubara baik secara geologi, topografi dan lain sebagainya maupun 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 Geolistrik tahanan jenis dengan konfigurasi Wenner Alpha. Data yang diperoleh

dari metode geolistrik tahanan jenis kemudian dilakukan pengolahan data berdasarkan prosedur pengolahan data masing-masing software, setelah itu dilakukan interpretasi dan analisa data dari hasil pengolahan data geolistrik tahanan jenis. Sedangkan hasil akhir dari metode tersebut bisa mengetahui interpretasi potensi sebaran batubara dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi wenner-alpha dan dapat mengetahui mengetahui struktur bawah permukaan pada daerah yang diketahui terdapat singkapan batubara tersebut



### 3.5 Flowchart



Gambar 3.2 Diagram Alir

Prosedur mapping horisontal untuk konfigurasi Wenner Alpha adalah berikut:

1. Menempatkan elektroda-elektroda arus AB dan tegangan MN dengan jarak yang sama ( $a_1$ )
2. Kemudian dicatat posisi koordinat datum point serta ketinggian.
3. Selanjutnya dicatat kuat arus listrik ( $i$ ), beda potensial ( $\Delta V$ ), dan nilai resistansi ( $R$ ) yang terukur pada alat *resistivity*.
4. Dipindah elektroda pada jarak ke 2 dengan jarak antar elektroda sebesar  $a_2$ . Mencatat kuat arus listrik dan nilai hambatan yang terukur. Arah bentangan antara A, N, M dan B berada pada satu lintasan lurus.
5. Lalu berpindah titik datum point berikutnya dan dilakukan sesuai urutan prosedur 1-4.

Data yang diambil berupa data primer, yaitu:

1. Jarak antar elektroda (jarak elektroda AB dan MN)
2. Jarak antar titik mapping horizontal
3. Besar arus yang diinjeksikan ( $i$ )
4. Beda potensial yang terjadi ( $\Delta V$ )
5. Nilai hambatan ( $R$ )

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pembahasan umum

Batubara merupakan batuan sedimen (padatan) yang dapat terbakar, terbentuk dari sisa-sisa tumbuhan purba, berwarna coklat sampai hitam, yang sejak pengendapannya mengalami proses fisika maupun kimia yang mengakibatkan pengayaan pada kandungan karbonnya (Anggayana, 2002).

Batubara pada lapangan "X" dengan persebaran cukup luas, dan sampai saat ini belum diproduksi. Jumlah cadangan diperkirakan sebesar 470.771 ton. Batubara ini melebar pada area sekitar pantai, sungai dan gunung-gunung. Singkapan pada daerah tersebut melebar pada gunung-gunung dan sungai yang berkisar antara kedalaman 2-15 meter dari permukaan.

Metode geofisika yang digunakan untuk menginterpretasi struktur bawah permukaan dan mengetahui potensi sebaran batubara adalah dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas. Penelitian dilakukan dengan mengambil 4 *line* (garis) dengan panjang *line* pertama 102 meter, *line* kedua 70 meter, *line* ketiga 56 meter dan *line* keempat 62 meter. Posisi antar *line* masing-masing berjarak 25 meter yakni *line* pertama, kedua dan ketiga saling berdampingan dari bibir sungai dengan memperhatikan acuan singkapan pada bibir sungai. Sedangkan posisi *line* 4 yakni cross (menyilang) pada bagian *line* pertama, kedua dan ketiga dengan memperhatikan acuan singkapan batubara yang terletak di bibir sungai. Konfigurasi yang digunakan pada penelitian ini adalah konfigurasi Wenner Alpha dengan posisi elektroda arus (C) dan elektroda potensial (P) secara berurutan C<sub>1</sub>-

$P_1$ - $P_2$ - $C_2$  dengan spasi antar elektroda 2 meter. Dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas ini akan diperoleh hasil penampang 2D dan 3D yang menunjukkan distribusi resistivitas batuan yang berada di bawah permukaan. Sehingga hasil yang diperoleh dari peneliti dapat menggambarkan daerah penelitian berdasarkan dari sifat listrik batuan yang ada di bawah permukaan bumi. Data resistivitas yang diperoleh nantinya akan dihubungkan dengan data geologi sebagai tahap interpretasi. Hal ini dikarenakan data geofisika yang diperoleh berupa nilai resistivitas batuan ini hanya memberikan informasi berdasarkan parameter fisis dari metode geolistrik.

Sebelum melakukan pengambilan data lapangan yakni melakukan survei pendahuluan dengan pemetaan geologi setempat, hal ini dilakukan untuk mengetahui kondisi geologi lokal daerah penelitian dengan melihat tingkat ketebalan lapisan dan pelapukan yang terjadi di daerah ini, serta memperhatikan struktur lokal (struktur mikro) maupun struktur geologi regional yang mengontrol daerah ini.

Kondisi geologi regional dan geologi lokal (setempat) daerah penelitian sangat menentukan dalam hal melihat potensi dan menghitung cadangan batubara yang ada di daerah tersebut. Adapun metode pemetaan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Penelusuran daerah-daerah yang memungkinkan terdapat singkapan batuan, khususnya singkapan lapisan batubara, misalnya di lokasi sungai, jalan, lereng, lembah atau puncak-puncak bukit.

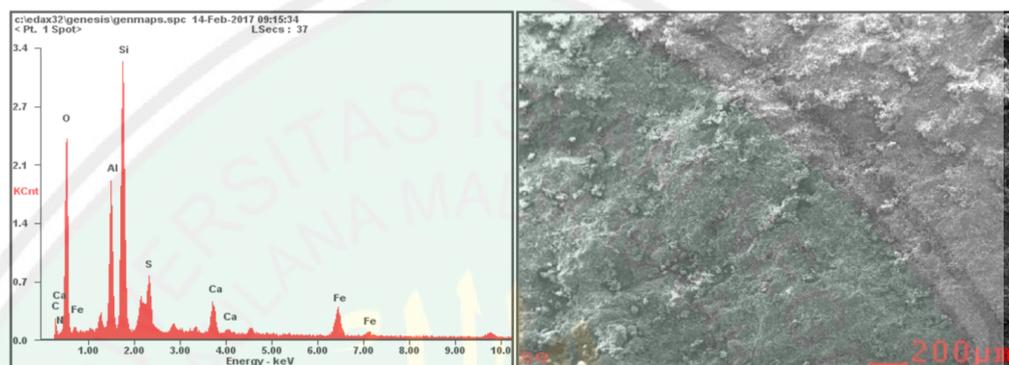
2. Pendeskripsian terhadap unsur-unsur geologi, khususnya litologi yang berkaitan dengan lapisan penutup dan pembawa batubara serta lapisan batubara itu sendiri.
3. Analisis kondisi bawah permukaan berdasarkan hubungan seluruh singkapan geologi (kedudukan batuan: strike/dip) dan pengaruh struktur geologi serta akan dinasabahkan dengan pemodelan dan penampang horizontal hasil pengukuran geolistrik *resistivity*.

Selain melakukan survei pendahuluan maka untuk mengetahui apakah sampel benar-benar batubara atau bukan maka kami membutuhkan pengujian sampel melihat topografi seperti ciri-ciri permukaan dan teksturnya, morfologi seperti bentuk dan ukuran dari partikel penyusuk objek, komposisi seperti unsur dan senyawa yang terkandung dalam objek, dan informasi kristalografi seperti bagaimana susunan dari butir-butir di dalam objek yang diamati maka dibutuhkan adanya uji sampel batubara menggunakan SEM EDX.

Prinsip kerja SEM adalah menembakkan permukaan benda dengan berkas elektron berenergi tinggi. Permukaan benda yang dikenai berks tersebut atau menghasilkan elektron sekunder segala arah. Tetapi ada satu arah dimana berkas dipantulkan dengan intensitas tinggi. Detektor di dalam SEM mendeteksi elektron yang dipantulkan dan menentukan lokasi berkas yang dipantulkan dengan intensitas tinggi. Arah tersebut memberi informasi profil permukaan benda seperti seberapa landai dan kemana arah kemiringan (Farihatin, 2014).

Pengujian EDX bertujuan untuk mengetahui kandungan sampel yang mengambil pada daerah "X". Pengujian struktur permukaan dapat diketahui

dengan perbesaran mencapai 10.000 kali. Pengujian dilaksanakan di Laboratorium Sentral Universitas Negeri Malang. Hasil kandungan yang ada pada batubara didapatkan sebagai berikut:



Gambar 4.1 Hasil uji EDX

Hasil pengujian EDX yang diperoleh yaitu dengan kandungan C sebanyak 7,35 %, N sebanyak 4,26 %, kandungan S sebanyak 3,40 %, kandungan O sebanyak 55,22 % dan kandungan Si sebanyak 15,66 %. Dari grafik energi tersebut dapat dilihat bahwa nilai yang paling besar yaitu pada silika, karena pada sampel batubara terdapat banyak pengotor berupa pasir dan diketahui. Berdasarkan hasil kandungan unsur batubara pada karbon (C) yang memiliki kandungan sebesar 7,35 % yang artinya unsur utama dalam batubara tersebut sangat sedikit atau kurang dari 10 % yang mana bisa diartikan bahwa peringkat batubara tersebut adalah berupa lignit yang diakibatkan karena kenaikan temperatur dan penurunan porositas, dan terjadinya proses tersebut diakibatkan oleh adanya pembebanan material-material dan sedimen di atasnya. Akibat tertekan sedimen di atasnya maka lapisan tersebut akan mengalami kompaksi dan terbentuklah lignit.

## 4.2 Pengukuran Koordinat Posisi

Pengukuran koordinat posisi ini merupakan pengukuran dimana titik ukur dari metode resistivitas dilakukan dengan menggunakan GPS Garmin N76. Target titik ukur yang dicari adalah 4 lintasan. Posisi dari keempat lintasan tersebut adalah sebagai berikut:

1. *Line 1*: berada di samping sungai dan berada paling barat daripada *line* yang lain dengan posisi  $08^{\circ} 16. 141'$ - $08^{\circ} 16. 186'$  LS dan  $111^{\circ} 45. 342'$ - $111^{\circ} 45. 336'$  BT.
2. *Line 2*: berada pada jarak 25 meter dari *line* sebelumnya dan mengacu singkapan yang berada di samping sungai dengan posisi  $08^{\circ} 16. 157'$ - $08^{\circ} 16. 190'$  LS dan  $111^{\circ} 45. 351'$ -  $111^{\circ} 45. 344'$  BT.
3. *Line 3*: berada pada jarak 25 meter dari *line* sebelumnya dan mengacu pada singkapan yang berada di samping sungai dengan posisi  $08^{\circ} 16. 160'$ - $08^{\circ} 16. 185'$  LS dan  $111^{\circ} 45. 361'$ - $111^{\circ} 45. 358'$  BT.
4. *Line 4*: berada pada sepanjang bibir sungai dengan koordinat posisi  $08^{\circ} 16. 166'$ - $08^{\circ} 16. 163'$  LS dan  $111^{\circ} 45. 338'$ - $111^{\circ} 45. 365'$  BT.

## 4.3 Hasil Pengolahan Data

Proses pengolahan data resistivitas yang telah dilakukan selanjutnya digunakan untuk mengetahui pola sebaran batubara dengan melihat hasil resistivitasnya, selain itu juga untuk mengidentifikasi struktur litologi bawah permukaan yang berada di lapangan "X".

### 4.3.1 Resistivitas Semu

Pengambilan data resistivitas telah dilakukan di lapangan “X” telah memperoleh data sebanyak 642 titik pengukuran dari 4 lintasan dengan rincian masing-masing lintasan dengan rincian masing-masing lintasan 249 titik pengukuran, 153 titik pengukuran, 111 titik pengukuran, dan 129 titik pengukuran. Interval jarak antara elektroda adalah 2 meter dengan pergeseran sebanyak 6 kali ( $n=1, 2, 3, 4, 5, 6$ ).

Metode geolistrik tahanan jenis (resistivitas) didasarkan pada anggapan bahwa bumi mempunyai sifat homogen isotropis. Dengan asumsi ini, tahanan jenis yang terukur merupakan tahanan jenis yang sebenarnya dan tidak tergantung pada spasi elektroda. Namun pada kenyataannya bumi tersusun atas lapisan-lapisan dengan resistivitas yang berbeda-beda, sehingga potensial yang terukur seolah-olah merupakan harga resistivitas untuk satu lapisan saja. Resistivitas yang terukur sebenarnya adalah resistivitas semu ( $\rho_{\alpha}$ ) (Reynold, 2005).

Nilai resistivitas semu dapat diperoleh dari perhitungan di lapangan dengan mengetahui nilai R (resistansi). Nilai resistansi yang terukur bukan nilai untuk satu lapisan saja, akan tetapi untuk beberapa lapisan sehingga nilai resistansi sangat bervariasi. Hal ini disebabkan nilai resistansi pada tiap titik pengukuran yang diperoleh dikarenakan potensial yang terukur dipengaruhi oleh lapisan-lapisan di dalam bumi. Lapisan-lapisan dalam bumi tersusun atas berbagai macam jenis batuan yang memiliki variasi nilai konduktifitas yang berbeda-beda, dimana nilai konduktivitas berbanding terbalik dengan nilai resistivitasnya. Semakin besar nilai konduktivitas maka akan semakin kecil nilai resistivitasnya, begitu halnya

dengan semakin besarnya nilai resistivitas maka semakin sulit suatu batuan dalam menghantarkan listrik.

#### 4.3.2 Model Penampang 2D dari 4 Lintasan

Data dari keempat lintasan yang diperoleh selanjutnya dihitung nilai resistivitas semu dengan mengalikan nilai resistansi dan faktor geometri dari konfigurasi Wenner Alpha ( $K=2\pi a$ ). Kemudian mengolah data menggunakan software *Res2dinv* untuk mendapatkan nilai resistivitas yang sebenarnya. Hasil yang diperoleh dari software *Res2dinv* berupa model penampang stratigrafi yang dihasilkan dari inverse data nilai resistivitas dan memiliki nilai *error* (dalam bentuk presentase). Nilai *error* yang dihasilkan bisa dikarenakan adanya nilai ekstrim suatu data yang diakibatkan oleh kesalahan pembacaan atau dikarenakan kondisi alam.

#### 4.4 Metode Geolistrik Resistivitas *Mapping* dengan Konfigurasi Wenner Alpha

Pengambilan data pada konfigurasi Wenner Alpha ini terdiri dari 4 lintasan yakni lintasan 1, 2, 3, dan 4 dengan panjang lintasan 102 meter, 70 meter, 56 meter dan 62 meter. Dengan panjang bentangan atau spasi antar elektroda sebagai berikut:

- a. Line 1 panjang lintasan 102 meter
  1. n1: panjang spasi antar elektroda sebesar 2 meter dan diperoleh data sebanyak 49 datum point.

2. n2: panjang spasi antar elektroda sebesar 4 meter diperoleh data sebanyak 46 datum point.
3. n3: panjang spasi antar elektroda sebesar 6 meter diperoleh data sebanyak 43 datum point.
4. n4: panjang spasi antar elektroda sebesar 8 meter diperoleh data sebanyak 40 datum point.
5. n5: panjang spasi antar elektroda sebesar 10 meter diperoleh data sebanyak 37 datum point.
6. n6: panjang spasi antar elektroda sebesar 12 meter diperoleh data sebanyak 34 datum point.

Sehingga jumlah data yang diperoleh pada line 1 sebanyak 249 data.

b. Line 2 panjang lintasan 70 meter

1. n1: panjang spasi antar elektroda sebesar 2 meter diperoleh data sebanyak 33 datum point.
2. n2: panjang spasi antar elektroda sebesar 4 meter diperoleh data sebanyak 30 datum point.
3. n3: panjang spasi antar elektroda sebesar 6 meter diperoleh data sebanyak 27 datum point.
4. n4: panjang spasi antar elektroda sebesar 8 meter diperoleh data sebanyak 24 datum point.
5. n5: panjang spasi antar elektroda sebesar 10 meter diperoleh data sebanyak 21 datum point.

6. n6: panjang spasi antar elektroda sebesar 12 meter diperoleh data sebanyak 18 datum point.

Sehingga data yang diperoleh pada line line 2 sebanyak 153 data.

c. Line 3 panjang lintasan 56 meter.

1. n1: panjangspasi antar elektroda sebesar 2 meter diperoleh data sebanyak 26 datum point.
2. n2: panjang spasi antar elektroda sebesar 4 meter diperoleh data sebanyak 23 datum point.
3. n3: panjang spasi antar elektroda sebesar 6 meter diperoleh data sebanyak 20 datum point.
4. n4: panjang spasi antar elektroda sebesar 8 meter diperoleh data sebanyak 17 datum point.
5. n5: panjang spasi antar elektroda sebesar 10 meter diperoleh data sebanyak 14 datum point.
6. n6: panjang spasi antar elektroda sebesar 12 meter diperoleh data sebanyak 11 datum point.

Sehingga data yang diperoleh pada line 3 sebanyak 111 data.

d. Line 4 panjang lintasan 62 meter

1. n1: panjang spasi antar elektroda sebesar 2 meter diperoleh data sebanyak 29 datum point.
2. n2: panjang spasi antar elektroda sebesar 4 meter diperoleh data sebanyak 26 datum point.

3. n3: panjang spasi antar elektroda sebesar 6 meter diperoleh data sebanyak 23 datum point.
4. n4: panjang spasi antar elektroda sebesar 8 meter diperoleh data sebanyak 20 datum point.
5. n5: panjang spasi antar elektroda sebesar 10 meter diperoleh data sebanyak 17 datum point.
6. n6: panjang spasi antar elektroda sebesar 12 meter diperoleh data sebanyak 14 datum point.

Sehingga data yang diperoleh pada line 4 sebanyak 129 data dan jumlah keseluruhan data berjumlah 642 data. Selain data-data diatas juga diukur posisi lintang dan bujur setiap titik datum.

#### **4.5 Interpretasi Data**

Dalam menentukan lithologi bawah permukaan bumi pada lintasan 1, 2, 3, dan 4 di lapangan "X" dilakukan melalui 2 tahap yakni interpretasi kualitatif dan interpretasi kuantitatif.

#### **4.6 Interpretasi Kualitatif**

Interpretasi kualitatif dilakukan dengan cara membaca pola anomali resistivitas atau tahanan jenis yang selanjutnya dihubungkan dengan tatanan geologi dan tabel resistivitas batuan, sehingga secara umum dapat memberikan gambaran struktur geologi bawah permukaan daerah penelitian. Berdasarkan hasil pemetaan, yaitu peta bawah permukaan pada lokasi penelitian yang terbagi dalam 4 lintasan diperoleh penafsiran.

#### **4.6.1 Lintasan 1**

Lintasan 1 (panjang lintasan 102 meter) setelah mengoreksi dengan data geologi daerah penelitian yaitu diduga terdiri atas: lempung, batuan lanau, batuan breksi gunung api, lava dan tuf.

#### **4.6.2 Lintasan 2, 3 dan 4**

Lintasan 2 (panjang lintasan 70 meter berada disebelah timur 25 meter dari lintasan 1) lintasan 3 (panjang lintasan 56 meter berada disebelah timur 25 meter dari lintasan 2) dan lintasan 4 (panjang lintasan 62 meter berada di bibir sungai dan menyilang pada lintasan 1, 2 dan 3) setelah dikorelasikan dengan data geologi, hasilnya diduga bahwa kandungan batumannya tidak jauh berbeda dengan lintasan 1. Dari peta penampang bawah permukaan dapat diinterpretasikan bahwa terdapat beberapa batuan terdiri atas lempung, batu pasir, tuf, breksi serta karbonan dan lignitan, yang tebal lapisannya berkisar antara 20 dan 30 cm.

#### **4.7 Interpretasi Kuantitatif**

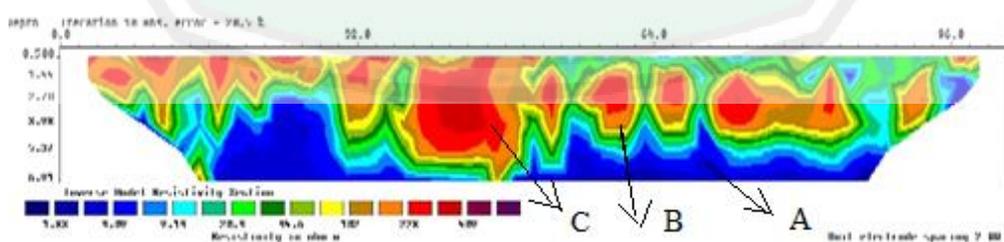
Interpretasi kuantitatif dilakukan dengan menganalisis penampang pola anomali resistivitas sepanjang lintasan tertentu yang telah ditentukan. Interpretasi kuantitatif dilakukan berdasarkan hasil dari penafsiran kualitatif, sehingga dapat menentukan bagian-bagian penampang anomali yang menarik untuk ditafsirkan struktur geologi bawah permukaannya. Namun dalam interpretasi kuantitatif terdapat ambiguitas karena beragam model yang dihasilkan, disebabkan adanya faktor geometri, rapat massa, dan kedalaman yang tidak pasti. Maka dari itu perlu

adanya data pendukung berupa data geologi daerah penelitian serta data geofisika lainnya.

Dalam penelitian ini, data pendukung yang digunakan dalam interpretasi kuantitatif adalah data geologi (peta geologi daerah penelitian) dan data nilai tahanan jenis batuan, sehingga gambaran struktur bawah permukaan daerah penelitian dapat diuraikan di bawah ini.

#### 4.7.1 Lintasan 1

Sesuai dengan hasil interpretasi kualitatif sebelumnya bahwa pada lintasan ini terdapat macam-macam jenis batuan sedimen. Namun pada interpretasi kuantitatif yang akan dibahas adalah formasi batuan yang ada di sepanjang lintasan tersebut. Setelah dikorelasikan dengan data geologi diduga bahwa penampang bawah permukaan lintasan 1 yang berada pada koordinat  $08^{\circ}16.141'$ - $08^{\circ}16.186'$  LS dan  $111^{\circ}45.342'$ - $111^{\circ}45.336'$  BT terdapat pola sebaran batubara yang ditunjukkan dengan warna merah dan ungu. Dari proses pengolahan data maka didapatkan model penampang 2 dimensi seperti berikut:



Gambar 4.2 Model Penampang 2D Lintasan 1

Kedalaman pola sebaran yang terdeteksi berkisar dari 0.5 meter sampai dengan kedalaman 6.91 meter dengan pola sebaran tidak menentu atau terpetak-

petak. Nilai error yang dihasilkan 20,5 % dengan iterasi 10. Interpretasi lapisan bawah permukaan berdasarkan pemodelan yang dihasilkan:

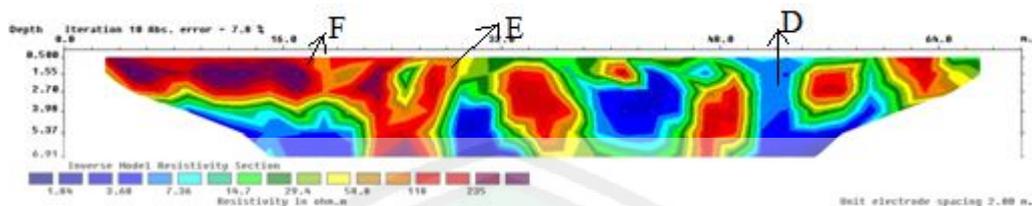
Tabel 4.1 Hasil interpretasi lithologi pada lintasan 1 (sumber acuan: Telford, 1990).

No.	Skala Warna	Nilai Tahanan Jenis ( $\Omega m$ )	Jenis Batuan/Material
1.		1,83 – 9,14	Pasir, lempung, batu kapur, magnetit, pirit.
2.		9,15 – 45,6	Lempung, batu pasir, lempung pasiran
3.		45,7 – 610	Batu gamping, batu pasir, batu bara

Berdasarkan hasil gambar 4.2 maka interpretasi dari penampang resistivitas tersebut yaitu ditunjukkan pada titik A yang berwarna biru merupakan jenis batuan lempung, titik B berwarna kuning hingga orange termasuk kedalam batu pasir, dan titik C berwarna merah merupakan batubara.

#### 4.7.2 Lintasan 2

Lintasan 2 berada pada koordinat 08°16.157'-08°16.190' LS dan 111°45.351'-111°45.344' BT yang berada di bagian timur lintasan 1. Setelah dikorelasikan dengan data geologi dan dari pengolahan data maka didapatkan model penampang 2D dengan persebaran yang diperoleh dominan berada pada bagian kiri yakni pada bagian bibir sungai dengan nilai error 7,8 % dengan iterasi 10, sebagai berikut:



Gambar 4.3 Model Penampang 2D Lintasan 2

Hasil interpretasi lapisan bawah permukaan berdasarkan pemodelan yang dihasilkan:

Tabel 4.2 Hasil interpretasi lithologi pada lintasan 2 (sumber acuan: Telford, 1990).

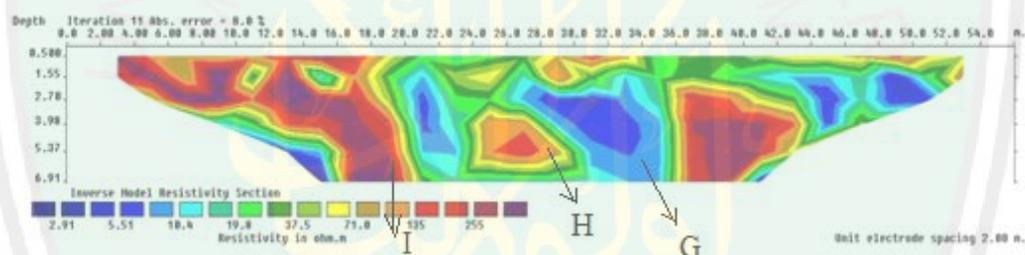
No.	Skala Warna	Nilai Tahanan Jenis ( $\Omega m$ )	Jenis Batuan/Material
1.		1,84-7,36	Lempung, pirit.
2.		7,37-29,4	Lempung
3.		29,5-360	Lempung, Batubara, batu gamping

Berdasarkan hasil gambar 4.3 interpretasi dari penampang resistivitas tersebut yaitu titik D menunjukkan jenis batuan/material lempung, titik E menunjukkan jenis batuan batu pasir, dan titik F yang berwarna merah dan ungu menunjukkan jenis batuan batubara. Warna merah dan ungu ini menunjukkan rating atau tingkat batubara yang berbeda. Dimana warna merah pada batubara menunjukkan tingkat batubara lignit dan warna ungu menunjukkan batubara dengan tingkat *bituminous*. Semakin kompak batubara tersebut maka tingkat

klasifikasi semakin tinggi dan semakin besar pula nilai resistivitas yang dimiliki batubara tersebut.

### 4.7.3 Lintasan 3

Lintasan 3 berada pada koordinat 08°16.160'-08°16.185' LS dan 111°45.361'-111°45.358' BT. Lintasan ini berada 25 meter dari lintasan 2 dan posisinya sejajar dengan lintasan 1 dan lintasan 2. Setelah dikorelasikan dengan data geologi dan telah diolah datanya, didapatkan model penampang 2D sebagai berikut:



Gambar 4.4 Model Penampang 2D Lintasan 3

Pola sebaran yang dihasilkan dari lintasan 3 lebih banyak ditemukan pada bagian kiri yakni bagian bibir sungai sampai dengan panjang bentangan 20 meter dan kedalaman mencapai 6,91 meter, nilai error yang dihasilkan mencapai 8,0 % dengan iterasi 11. Interpretasi lapisan bawah permukaan berdasarkan pemodelan yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

Tabel 4.3 Hasil interpretasi lithologi pada lintasan 3 (sumber acuan: Telford, 1990).

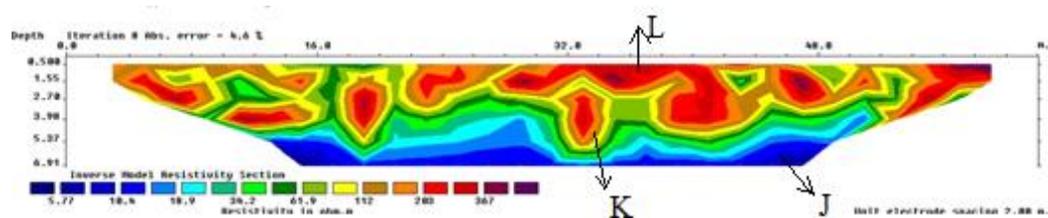
No.	Skala Warna	Nilai Tahanan Jenis ( $\Omega$ )	Jenis Batuan/Material
1.		2,91-10,4	Lempung, pirit.

2.		10,5-37,5	Lempung pasir
3.		37,6-255	Kerikil, batu gamping, batubara

Berdasarkan hasil gambar 4.4 interpretasi dari penampang resistivitas yaitu pada titik G yang menunjukkan warna biru menunjukkan jenis batuan/mineral batuan lempung, titik H berwarna kuning hingga orange menunjukkan jenis batuan berupa batu pasir, dan titik I berwarna merah dan ungu menunjukkan jenis batuan berupa batubara. Warna merah merupakan jenis batubara lignit sedangkan warna ungu menunjukkan jenis batubara *bituminous*. Jika dilihat dari lintasan 2 dan 3 ini maka akan membentuk suatu pola yang berkesinambungan antara batubara lintasan 2 dan lintasan 3.

#### 4.7.4 Lintasan 4

Lintasan 4 berada pada koordinat  $08^{\circ}16.166'-08^{\circ}16.163'LS$  dan  $111^{\circ}45.338'-111^{\circ}45.365'BT$ . lintasan ini berada melintang melintasi lintasan 1, lintasan 2 dan lintasan 3 dan sejajar dengan sungai, dimana jarak antara sungai 25 meter dari lintasan 4. Setelah dikorelasikan dengan data geologi dan telah diolah datanya, didapatkan model penampang 2D sebagai berikut:



Gambar 4.5 Model Penampang 2D Lintasan 4

Pola sebaran yang dihasilkan menyebar sampai pada bentangan 62 meter dan dengan kedalaman 5,50 meter dengan nilai *error* yang diperoleh 4,6% iterasi 8. Interpretasi bawah permukaan berdasarkan pemodelan yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

Tabel 4.4 Hasil interpretasi lithologi pada lintasan 4 (sumber acuan: Telford, 1990).

No.	Skala Warna	Nilai Tahanan Jenis ( $\Omega m$ )	Jenis Batuan/Material
1.		5,77-18,9	Lempung, pasir
2.		18,10-61,9	Lempung, pasir
3.		61,10-450	Lempung pasir, batubara.

Berdasarkan hasil gambar 4.5 interpretasi dari penampang resistivitas yaitu pada titik J menunjukkan jenis batuan lempung, titik K menunjukkan jenis batuan pasir, dan titik L menunjukkan jenis batuan berupa batubara. Lokasi lintasan 4 ini tidak terlihat adanya singkapan batubara karena berada pada jalan di samping sungai sehingga sebaran batubara disini cenderung merata dari titik awal hingga akhir koordinat.

#### 4.7.5 Interpretasi Lintasan 1, 2, 3 dan 4

Dari hasil keempat lintasan menggunakan software Res2dinv diperoleh 3 gambar. Gambar pertama adalah gambar yang menunjukkan hasil model data yang terukur di lapangan. Gambar kedua merupakan hasil dari model yang dibuat oleh software yang diperoleh dari hasil perhitungan untuk mendekati bentuk dari model pertama. Sedangkan gambar ketiga adalah hasil inversi dari gambar kedua,

dengan nilai *error* merupakan perbedaan dari gambar pertama dan gambar kedua. Semakin kecil nilai *error* yang dihasilkan maka data yang diperoleh semakin mendekati model struktur bawah permukaan yang sebenarnya.

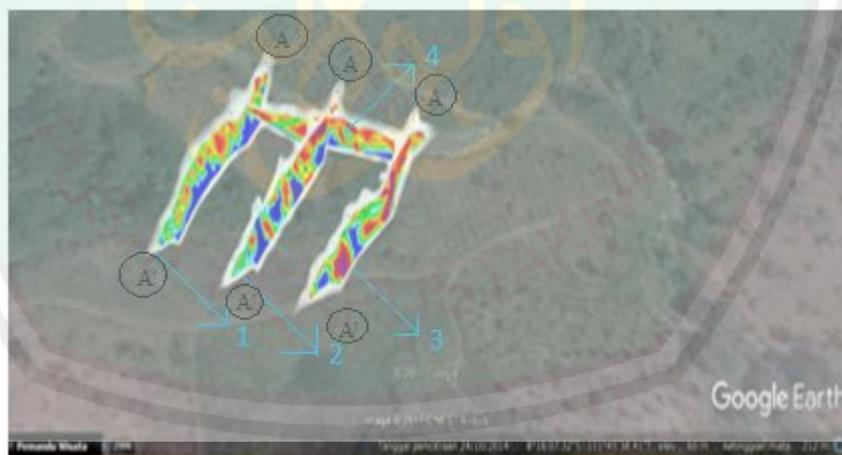
Nilai dari resistivitas yang didapat dari model penampang merupakan hasil dari pengolahan yang dapat diketahui dengan melihat skala warna yang berada di bawahnya. Pendugaan dari keberadaan potensi batubara didasarkan pada pengukuran nilai resistivitas batubara di lapangan sekitar 360 ohm meter. Pada lintasan pertama warna ungu diduga menunjukkan potensi nilai resistivitas batubara, sedangkan untuk lintasan kedua, ketiga dan keempat diduga warna oranye sampai ungu menunjukkan potensi nilai resistivitas batubara.

Potensi batubara yang teridentifikasi pada lintasan pertama mencapai kedalaman dari 0,5-5,37 meter dengan arah distribusi potensi sebaran batubara dari utara ke selatan dengan persebaran menerus dan rata di bagian atas lapisan. Untuk lintasan kedua, kedalaman yang terdeteksi diprediksi jauh lebih dalam yaitu dari sekitar 0,5-6,91 meter. Distribusi persebaran batubara pada lintasan kedua mengarah dari utara ke selatan, akan tetapi persebaran dapat terlihat sampai pada perpotongan lintasan dengan lintasan 4. Pada lintasan ketiga persebaran mengarah dari utara ke selatan mencapai pada kedalaman 0,5-6,91 meter yang terlihat sampai pada perpotongan dengan lintasan lintasan 4. Sedangkan lintasan empat distribusi potensi sebaran batubara mengarah dari timur ke barat dengan persebaran menerus dan rata di bagian atas lapisan yang mencapai kedalaman sekitar 0,5-5,37 meter.

Pada penelitian ini kedalaman yang berhasil teridentifikasi mencapai 6,91 meter pada lintasan 1, 2, 3, dan 4. Dari keempat lintasan nilai error yang dihasilkan kebanyakan dibawah 10 % yang idealnya dalam geolistrik bisa dikatakan mendekati keadaan yang sebenarnya. Namun pada lintasan pertama dihasilkan nilai *error* yang ekstrim yakni mencapai 20,5 % hal ini dikarenakan adanya nilai ekstrim suatu data yang diakibatkan oleh kondisi alam atau kesalahan pembacaan.

#### 4.8 Model Penampang 3D dari Tiga Lintasan

Gambar 4.11 menunjukkan hasil 3D yang diolah dengan menggunakan software *Res2dinv*. Sebaran batubara paling banyak tersebar di sebelah utara atau di samping sungai.



Gambar 4.6 Pola sebaran batubara pada lintasan 1, 2, 3 dan 4

Gambar 4.11 menunjukkan hasil 3D dengan menggunakan topografi yang diolah dengan software *AutoCad*. Dari hasil bentukan 3D tersebut, dapat diketahui pola sebaran batubara pada area tersebut. Gambar ini menunjukkan hasil gabungan lintasan 1, 2, dan 3. Jarak antara lintasan 1 dengan lintasan 2 sejauh 25

meter, jarak antara lintasan 2 dan 3 yaitu 25 meter, sedangkan lintasan 4 memotong lintasan 1, 2, dan 3.

Berdasarkan dari gambar diatas, terdapat pola kesinambungan dari setiap perpotongan lintasan. Pada lintasan 1 dengan jarak 20 meter dari titik A terdapat perpotongan dengan lintasan 4. Di lintasan 1 pada titik perpotongan tersebut terdapat adanya batubara yang berkesinambungan dengan pada lintasan 4. Pada lintasan 2 dengan jarak 10 meter dari titik A terdapat perpotongan dengan lintasan 4. Di lintasan 2 ini titik perpotongan tersebut terdapat adanya batubara yang berkesinambungan dengan lintasan 4. Dan terakhir pada lintasan 3 dengan jarak 5 meter dari titik A terdapat perpotongan dengan lintasan 4 dimana lintasan 3 ini berkesinambungan dengan batubara lintasan 4.

#### 4.9 Potensi Sumber Daya Alam dalam al-Quran

Ilmu Geofisika berperan dalam membantu eksplorasi sumberdaya alam seperti minyak dan gas bumi. Penelitian ini membahas tentang mengetahui arah penyebaran batubara, seperti yang diisyaratkan dalam Q.S al-Baqarah (2): 24 telah disebutkan bahwa:

فَإِنْ لَّمْ تَفْعَلُوا وَلَنْ تَفْعَلُوا فَاتَّقُوا النَّارَ الَّتِي وَقُودُهَا النَّاسُ وَالْحِجَارَةُ أُعِدَّتْ لِلْكَافِرِينَ (٢٤)

“Maka jika kamu tidak dapat membuat (nya) dan pasti kamu tidak akan dapat membuat (nya), peliharalah dirimu dari neraka yang bahan bakarnya manusia dan batu, yang disediakan bagi orang-orang kafir” (Q.S. al-Baqarah (2): 24).

Kata حجر merupakan bentuk jamak dari kata والحجارة yang artinya batu belerang hitam. Diriwayatkan dari Ibnu Mas’ud dan Al Farra’. Disebutkan jenis batu ini karena memiliki keistimewaan dari batu-batu lain yang dapat menambah beratnya siksaan, yaitu: cepat menyala, berbau busuk, banyak asap, sangat

melengket di badan panasnya sangat kuat apabila telah panas (Al Qurthubi, 2007). Berdasarkan tafsir tersebut menjelaskan bahwa karakteristik dari batu yang ada di neraka yaitu sama dengan karakteristik batubara yaitu batuan yang cepat menyala dan hitam. Batu api atau bara yang terbentuk dari magma yang muncat dari dasar bumi kemudian membeku menjadi batu api dan terkadang magma ini juga bisa muncul ke permukaan bumi dan menjadi batu api yang terdapat di bagian atas bumi.

Batu dapat digunakan sebagai bahan bakar. Jika dianalogikan terhadap kehidupan manusia, kata “batu” dapat diartikan sebagai batubara. Batubara dapat digunakan sebagai bahan bakar pengganti minyak dan gas bumi yang semakin hari semakin terbatas persediaannya.

Dari hasil penelitian ini menggunakan data geolistrik resistiviti dengan menggunakan konfigurasi wenner alpha dapat membuktikan indikasi keberadaan batubara, baik secara kedalaman maupun secara arah penyebarannya. Lapisan batubara yang arah penyebarannya memanjang dan pada bagian bibir sungai tampak singkapan batubara tersebut, mulai dari permukaan bumi sampai ke dalam perut bumi yang terdiri dari berbagai macam tingkatan batuan seperti *limestone*, *sandstone*, *shale*, maupun *coal* yang memiliki unsur fisika dan kimia tertentu. Tingkatan kondisi batu tersebut terdiri dari berbagai macam batuan-batuan yang secara garis besar terbagi ke dalam tiga kelompok, yaitu batuan sedimen, batuan metamorf, dan batuan beku. Batu api atau bara termasuk ke dalam batuan sedimen yang terbentuk dari magma yang muncat dari dasar bumi kemudian membeku menjadi batu api dan terkadang megma ini juga bisa muncul ke permukaan bumi

dan menjadi batu api yang terdapat di bagian atas bumi. Dalam Q.S Fathir (35):

27 Allah SWT berfirman:

أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ ثَمَرَاتٍ مُخْتَلِفًا أَلْوَانُهَا وَمِنَ الْجِبَالِ جُدَدٌ بَيْضٌ وَحُمْرٌ مُخْتَلِفٌ  
أَلْوَانُهَا وَغَرَابِيبُ سُودٌ ﴿٢٧﴾

*“Tidakkah kamu melihat bahwasanya Allah menurunkan hujan dari langit lalu Kami hasilkan dengan hujan itu 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).*

kata (غرابيب) *gharabib* adalah bentuk jamak dari kata (غريب) *ghirbib* yaitu yang pekat (sangat) hitam. Sebenarnya istilah yang lumrah dipakai adalah (سود غرا) sud *gharabib*/hitam pekat, tetapi redaksi ayat ini membalikinya untuk menggambarkan kerasnya kepekatan itu.

Berdasarkan tafsir di atas, dapat diketahui bahwa suatu struktur lapisan bumi memiliki garis warna yang bermacam-macam. Warna lapisan yang bermacam-macam ini disebabkan karena adanya perbedaan materi-materi yang dikandung oleh bebatuan lapisan itu. Warna hitam dan putih menunjukkan tingkat warna gelap hingga terang dan warna merah yang beraneka macam warnanya dapat diartikan dengan gradasi warna.

Karena dalam penelitian ini memanfaatkan sifat listrik batuan, maka warna yang berbeda-beda tersebut ditunjukkan dengan variasi dari nilai resistivitas batuan yang ada di bawah permukaan bumi. Berdasarkan hasil penelitian, warna *oranye* menunjukkan struktur batuan yang menjadi tempat akumulasi batubara dan warna merah hingga ungu mengindikasikan adanya batubara dalam bumi. Selain itu juga terdapat warna biru yang mengindikasikan adanya air atau lempung pasiran.

Al-Quran telah memberikan isyaratnya yang berkaitan dengan bebatuan dan unsur logam yang terdapat pada lapisan bebatuan pembentuk bumi. Diantaranya, al-Quran menyebutkan tentang pembentukan warna pada bebatuan yang terdapat di lapisan bumi yang berbentuk batu, yang mempunyai pengaruh pada warna logam yang dikandungnya. Berdasarkan al-Quran pembentukan warna-warna bebatuan disebabkan oleh reaksi kimia, seperti larutan air, pencairan, zat hidrat dan asam karbon, dan seterusnya. Sedangkan warna “hitam pekat” dapat diartikan sebagai lapisan batubara yang dibedakan menjadi tiga yaitu *anthracitic*, *bituminous* dan *lignitic* yang mempunyai nilai resistivitas yang berbeda-beda.



## **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 batubara di lapangan "X" memiliki arah persebaran batubara, pada lintasan 1 pada koordinat  $08^{\circ}16.141'-08^{\circ}16.186'$  LS dan  $111^{\circ}45.342'-111^{\circ}45.336'$  BT, lintasan 2 pada koordinat  $08^{\circ}16.157'-08^{\circ}16.190'$  LS dan  $111^{\circ}45.351'-111^{\circ}45.344'$  BT, dan lintasan 3 pada koordinat  $08^{\circ}16.160'-08^{\circ}16.185'$  LS dan  $111^{\circ}45.361'-111^{\circ}45.358'$  BT memiliki arah persebaran hanya pada tepi sungai dari utara ke selatan sedangkan pada lintasan 4 pada koordinat  $08^{\circ}16.166'-08^{\circ}16.163'$  LS dan  $111^{\circ}45.338'-111^{\circ}45.365'$  BT memiliki arah persebaran dari awal titik lintasan hingga akhir titik lintasan.
2. Secara umum struktur litologi bawah permukaan di lapangan "X" didominasi oleh batuan lempung, batu breksi, lava, tuff, batu pasir, lempung pasiran, pirit, magnetit, dan batubara.

### **5.2 Saran**

Dari hasil kesimpulan yang diperoleh, maka saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Survei dengan geolistrik resistivitas ini merupakan survei pendahuluan untuk mengetahui pola sebaran batubara di lapangan “X”, maka sebaiknya perlu dilakukan survei dengan menggunakan metode lain untuk melengkapi hasil yang diperoleh.
2. Cakupan pengukuran di lapangan “X” ini lebih diperlebar untuk melihat sisi bagian lainnya dan bagaimana kedalaman serta ketebalan yang diperoleh di wilayah lain.



## DAFTAR PUSTAKA

- Abu Bakar, Bahrun. 2007. *Tafsir Ibnu Kasir*. Bandung: Sinar Baru Algensindo.
- Al-Jazairi, Syaikh Abu Bakar Jabir. 2009. *Tafsir Al-Qur'an Al-Aisar Jilid 7*. Jakarta: Darus Sunnah.
- Al Qurthubi, Syaikh Imam. 2007. *Tafsir Al Quthubi*. Jakarta: Pustaka Azzam.
- Agustina. 2014. pH *EH dan EC Indikator Uji Kesuburan Tanah*. (Online). <http://C.Agustina-Notes.html>. Diakses pada tanggal 22 Februari 2017.
- Anggayana, K. 2002. *Genesa Batubara*. Bandung: Departemen Teknik Pertambangan. Institut Teknologi Bandung.
- Arif, Irwandy. 2014. *Batubara Indonesia*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Burger, H Robert. 1992. *Exploration Geophysics of the Shallow Subsurface*. United States of America: Prentice Hall P T R.
- Diesel, C.F.K. 1992. *Coal Bearing Depositional Systems*, Springer-Verlag, Berlin.
- Horne, J.C. 1978. *Depositional Models in Coals Exploration and Mine Planning Applachian Region*, APPG Bulletin. v.62. p. 2379 – 2411.
- Katsir, Tafsir Ibnu. 2004. *Tafsir Ibnu Katsir Jilid 7*. Bogor: Pustaka Imam Asy-Syafi'i.
- Koesoemadinata, R.P. 1976. *Tertiary Coal Basins of Indonesia. Prepare for 10 th Annual of CCOP*. Jakarta: Geological Survey of Indonesia.
- Koesoemadinata, R.P. 1985. *Prinsip-prinsip Sedimentasi*. Bandung: Departemen Teknik Geologi. ITB.
- Loke, M.H. 2004. *Tutorial 2-D and 3-D Electrical Imaging Surveys*. Penang: Geotomo Software.
- Lowrie, William. 2007. *Fundamentals of Geophysics*. USA: Cambridge University Press, p293-320.

- Milsom, John. 2003. *Field Geophysics, 3rd Edition*. England: John Willey & Sons Ltd.
- Nahrowi, T.Y., Suratman S. Namida & S. Hidayat. 1978. *Geologi Pegunungan Selatan, Jawa Timur*, PIT IX. Ikatan Ahli Geologi Indonesia.
- Reynolds, Jhon M. 2005. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. USA: JhonWiley & Sons, p 156-160.
- Samodra, H. dan S. Gafoer. 1990. *Laporan Geologi Lembar Pacitan, Jawa, skala 1:100.000*. Bandung: Pusat penelitian dan Pengembangan Geologi. (Laporan terbuka).
- Santoso, Joko. 2002. *Pengantar Teknik Geofisika*. Bandung: ITB, p 99-110.
- Sudarsono, A.S. 2000. *Pengantar Preparasi dan Pencucian Batubara*. Bandung: ITB.
- Telford, M. W., Gerdart, L. P., Sheriff, R. E, Keys, D. A. 1990. *Applied Geophysics*. USA: Cambrige University Press.
- Waluyo. 2001. *Teori dan Aplikasi Metode Resistivitas*. Yogyakarta: UGM Press.
- Wood, G.H.Jr. Kehn, T.M., Carter, M.D. & Cullberston, W.C., 1983, *Coal Resources Classification System of The U.S*. Geological Survey. Alexandria: United States Department of Interior.

## LAMPIRAN 1

**Data Line 1**

No	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
	Eelektroda													elevasi
	C1	P1	P2	C2		R	x	a	n	K	i	p		
18		0	2	4	6	12.825	3	2	1	12.56	20	161.082		84
19		2	4	6	8	12.267	5	2	1	12.56		154.07352		80.2
20		4	6	8	10	8.19	7	2	1	12.56		102.8664		79.9
21		6	8	10	12	9.22	9	2	1	12.56		115.8032		80.7
22		8	10	12	14	6.87	11	2	1	12.56		86.2872		81.1
23		10	12	14	16	7.554	13	2	1	12.56		94.87824		82.6
24		12	14	16	18	7.778	15	2	1	12.56		97.69168		82.7
25		14	16	18	20	9.321	17	2	1	12.56		117.07176		81.7
26		16	18	20	22	8.532	19	2	1	12.56		107.16192		81.2
27		18	20	22	24	6.013	21	2	1	12.56		75.52328		81.1
28		20	22	24	26	3.657	23	2	1	12.56		45.93192		81.3
29		22	24	26	28	2.673	25	2	1	12.56		33.57288		81.5
30		24	26	28	30	2.166	27	2	1	12.56		27.20496		81.8
31		26	28	30	32	6.918	29	2	1	12.56		86.89008		79.4
32		28	30	32	34	6.918	31	2	1	12.56		86.89008		79.4
33		30	32	34	36	6.516	33	2	1	12.56		81.84096		80.3
34		32	34	36	38	11.681	35	2	1	12.56		146.71336		81.4
35		34	36	38	40	9.849	37	2	1	12.56		123.70344		82.9
36		36	38	40	42	16.435	39	2	1	12.56		206.4236		89.4
37		38	40	42	44	15.181	41	2	1	12.56		190.67336		91.8
38		40	42	44	46	13.47	43	2	1	12.56		169.1832		91.1
39		42	44	46	48	11.595	45	2	1	12.56		145.6332		90.7
40		44	46	48	50	11.603	47	2	1	12.56		145.73368		89

## LAMPIRAN 2

**Data Line 2**

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
2	elektroda				R	x	a	n	k	i	p				Elevasi
3	C1	P1	P2	C2											
3	0	2	4	6	10.264	3	2	1	12.56		128.9158		257.8317	3	84.7
4	2	4	6	8	12.468	5	2	1	12.56		156.5981		313.1962	5	84.5
5	4	6	8	10	14.217	7	2	1	12.56		178.5655		357.131	7	83.9
6	6	8	10	12	15.855	9	2	1	12.56		199.1388		398.2776	9	83.1
7	8	10	12	14	15.137	11	2	1	12.56		190.1207		380.2414	11	83.1
8	10	12	14	16	14.12	13	2	1	12.56		177.3472		354.6944	13	81
9	12	14	16	18	16.319	15	2	1	12.56		204.9666		409.9333	15	80.2
10	14	16	18	20	12.374	17	2	1	12.56		155.4174		310.8349	17	80.4
11	16	18	20	22	10.051	19	2	1	12.56		126.2406		252.4811	19	79.3
12	18	20	22	24	9.765	21	2	1	12.56		122.6484		245.2968	21	78.5
13	20	22	24	26	9.765	23	2	1	12.56		122.6484		245.2968	23	79.4
14	22	24	26	28	9.491	25	2	1	12.56		119.207		238.4139	25	80.1
15	24	26	28	30	4.234	27	2	1	12.56		53.17904		106.3581	27	80
16	26	28	30	32	4.364	29	2	1	12.56		54.81184		109.6237	29	80.3
17	28	30	32	34	3.037	31	2	1	12.56		38.14472		76.28944	31	85.4
18	30	32	34	36	2.465	33	2	1	12.56		30.9604		61.9208	33	86.2
19	32	34	36	38	2.319	35	2	1	12.56		29.12664		58.25328	35	86.3
20	34	36	38	40	3.254	37	2	1	12.56		40.87024		81.74048	37	86.5
21	36	38	40	42	2.04	39	2	1	12.56		25.6224		51.2448	39	86.6
22	38	40	42	44	2.724	41	2	1	12.56		34.21344		68.42688	41	86.8
23	40	42	44	46	1.492	43	2	1	12.56		18.73952		37.47904	43	86.5
24	42	44	46	48	1.069	45	2	1	12.56		13.42664		26.85328	45	86.8
25	44	46	48	50	1.355	47	2	1	12.56		17.0188		34.0376	47	86.9

### LAMPIRAN 3

Data Line 3

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Elektroda				R	X	a	n	k	i	p		Elevasi
2	C1	P1	P2	C2									
3	0	2	4	6	12.702	3	2	1	12.56		159.5371		74.7
4	2	4	6	8	11.311	5	2	1	12.56		142.0662		77.8
5	4	6	8	10	9.421	7	2	1	12.56		118.3278		77.2
6	6	8	10	12	8.153	9	2	1	12.56		102.4017		73.4
7	8	10	12	14	8.146	11	2	1	12.56		102.3138		75.3
8	10	12	14	16	9.657	13	2	1	12.56		121.2919		76.2
9	12	14	16	18	6.623	15	2	1	12.56		83.18488		75.6
10	14	16	18	20	6.688	17	2	1	12.56		84.00128		76.2
11	16	18	20	22	3.44	19	2	1	12.56		43.2064		75.6
12	18	20	22	24	2.249	21	2	1	12.56		28.24744		76.1
13	20	22	24	26	1.855	23	2	1	12.56		23.2988		77
14	22	24	26	28	3.686	25	2	1	12.56		46.29616		77.8
15	24	26	28	30	2.639	27	2	1	12.56		33.14584		79.1
16	26	28	30	32	1.374	29	2	1	12.56		17.25744		80
17	28	30	32	34	4.513	31	2	1	12.56		56.68328		81.3
18	30	32	34	36	2.501	33	2	1	12.56		31.41256		82.3
19	32	34	36	38	1.649	35	2	1	12.56		20.71144		82.5
20	34	36	38	40	3.064	37	2	1	12.56		38.48384		82.7
21	36	38	40	42	2.026	39	2	1	12.56		25.44656		83.6
22	38	40	42	44	2.305	41	2	1	12.56		28.9508		82.7
23	40	42	44	46	2.501	43	2	1	12.56		31.41256		82.8
24	42	44	46	48	2.186	45	2	1	12.56		27.45616		83.3
25	44	46	48	50	2.021	47	2	1	12.56		25.38376		84.6

### LAMPIRAN 4

Data Line 4

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Elektroda												
2	C1	P1	P2	C2	R	x	a	n	k	i	p		elevasi
3	0	2	4	6	8.587	3	2	1	12.56		107.8527		82.7
4	2	4	6	8	10.441	5	2	1	12.56		131.139		83.1
5	4	6	8	10	10.427	7	2	1	12.56		130.9631		82
6	6	8	10	12	6.879	9	2	1	12.56		86.40024		81.6
7	8	10	12	14	8.319	11	2	1	12.56		104.4866		81
8	10	12	14	16	6.575	13	2	1	12.56		82.582		80.4
9	12	14	16	18	5.868	15	2	1	12.56		73.70208		79.4
10	14	16	18	20	6.31	17	2	1	12.56		79.2536		80.9
11	16	18	20	22	5.424	19	2	1	12.56		68.12544		80.6
12	18	20	22	24	7.145	21	2	1	12.56		89.7412		80.7
13	20	22	24	26	8.202	23	2	1	12.56		103.0171		79.5
14	22	24	26	28	10.227	25	2	1	12.56		128.4511		79.4
15	24	26	28	30	12.304	27	2	1	12.56		154.5382		80.4
16	26	28	30	32	9.523	29	2	1	12.56		119.6089		80.2
17	28	30	32	34	13.239	31	2	1	12.56		166.2818		80.9
18	30	32	34	36	14.78	33	2	1	12.56		185.6368		81.1
19	32	34	36	38	13.771	35	2	1	12.56		172.9638		80.4
20	34	36	38	40	17.525	37	2	1	12.56		220.114		79.8
21	36	38	40	42	14.877	39	2	1	12.56		186.8551		78.2
22	38	40	42	44	11.426	41	2	1	12.56		143.5106		77.6
23	40	42	44	46	12.545	43	2	1	12.56		157.5652		78.3
24	42	44	46	48	9.437	45	2	1	12.56		118.5287		77.5
25	44	46	48	50	8.448	47	2	1	12.56		106.1069		77

**LAMPIRAN 5**



**Alat dan Bahan Penelitian**



**Proses pengambilan data lapangan**







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 : ELVIRA AZIZAH  
NIM : 13640015  
Fakultas/ Jurusan : Sains dan Teknologi/Fisika  
Judul Skripsi : Interpretasi Potensi Sebaran Batubara Menggunakan Metode Geolistrik di Lapangan "X"  
Pembimbing I : Drs. Abdul Basid, M.Si  
Pembimbing II : Umayyatus Syarifah, M. A

No	Tanggal	HAL	Tanda Tangan
1	28 Maret 2017	Konsultasi Bab I	
2	30 Maret 2017	Konsultasi Bab II dan III	
3	4 Juli 2017	Konsultasi Pengolahan Data	
4	2 Agustus 2017	Konsultasi Pengolahan Data	
5	18 September 2017	Konsultasi Pembahasan	
6	23 September 2017	Konsultasi Bab IV dan Bab V	
7	25 September 2017	Konsultasi Agama	
8	27 Agustus 2017	Konsultasi Agama	
9	3 Oktober 2017	Konsultasi semua bab, abstrak dan ACC	
10	4 Oktober 2017	Konsultasi Agama dan acc	

Malang,.....  
Mengetahui,  
Ketua Jurusan Fisika,

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