

**IDENTIFIKASI SEBARAN BATUBARA MENGGUNAKAN
METODE GEOLISTRIK POLARISASI TERINDUKSI (IP) (STUDI
KASUS DAERAH KLATAK KECAMATAN BESUKI KABUPATEN
TULUNGAGUNG)**

SKRIPSI

Oleh:

MUHAMAD ZAINUL MUHLISIN

NIM. 13640079



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2019**

**IDENTIFIKASI SEBARAN BATUBARA MENGGUNAKAN
METODE GEOLISTRIK POLARISASI TERINDUKSI (IP) (STUDI
KASUS DAERAH KLATAK KECAMATAN BESUKI KABUPATEN
TULUNGAGUNG)**

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:
MUHAMAD ZAINUL MUHLISIN
NIM. 13640079**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2019**

HALAMAN PERSETUJUAN

**IDENTIFIKASI SEBARAN BATUBARA MENGGUNAKAN
METODE GEOLISTRIK POLARISASI TERINDUKSI (IP) (STUDI
KASUS DAERAH KLATAK KECAMATAN BESUKI KABUPATEN
TULUNGAGUNG)**

Oleh:

Muhamad Zainul Muhlisin
NIM.13640079

Telah Diperiksa dan Disetujui
Pada tanggal 05 Agustus 2019

Dosen Pembimbing I,



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

Dosen Pembimbing II,



Ahmad Abtokhi, M. Pd
NIP. 19761003 200312 1 004

Mengetahui,
Ketua Jurusan



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

HALAMAN PENGESAHAN

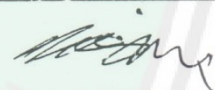
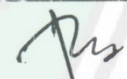
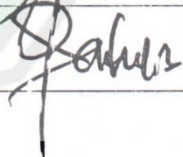
IDENTIFIKASI SEBARAN BATUBARA MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK POLARISASI TERINDUKSI (IP) (STUDI KASUS DAERAH KLATAK KECAMATAN BESUKI KABUPATEN TULUNGAGUNG)

SKRIPSI

Oleh:

Muhamad Zainul Muhlisin
NIM. 13640079

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana (S.Si)
Pada Tanggal 26 Agustus 2019

Penguji Utama	:	<u>Irjan, M.Si</u> NIP. 19691231 200604 1 003	
Ketua Penguji	:	<u>Farid Samsu Hananto, M.T</u> NIP. 19740513 200312 1 001	
Sekretaris Penguji	:	<u>Drs. Abdul Basid, M.Si</u> NIP. 19650504 199003 1 003	
Anggota Penguji	:	<u>Ahmad Abtokhi, M.Pd</u> NIP. 19761003 200312 1 004	

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Fisika



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

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhamad Zainul Muhlisin
NIM : 13640079
Jurusan : Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Identifikasi Sebaran Batubara Menggunakan Metode Geolistrik Polarisasi Terinduksi (IP) (Studi Kasus Daerah Klatak Kecamatan Besuki Kabupaten Tulungagung)

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan maka saya bersedia untuk mempertanggung jawabkan, serta diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, 26 Agustus 2019
Yang Membuat Pernyataan,



Muhamad Zainul Muhlisin
NIM. 13640079

MOTTO

“Visi Tanpa Eksekusi Adalah Halusinasi”



HALAMAN PERSEMBAHAN

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

- *Kedua orang tua, Bapak Nuratin dan Ibu Sudiawarti serta semua keluarga yang telah memberikan dukungan, restu, serta selalu mendoakan disetiap langkah penulis.*
- *Teman-teman dan para sahabat Fisika, terimakasih atas kebersamaan dan persahabatan serta pengalaman selama ini.*

KATA PENGANTAR

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

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

1. Prof. Dr. H. 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 yang telah banyak meluangkan waktu, nasehat dan Inspirasinya sehingga dapat melancarkan dalam proses penulisan Skripsi.
4. Abdul Basid, M.Si selaku Dosen Pembimbing I Skripsi yang telah banyak meluangkan waktu dan pikirannya dan memberikan bimbingan, bantuan serta pengarahan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
5. Ahmad Abtokhi, M.Pd selaku Dosen Pembimbing II Skripsi yang telah banyak meluangkan waktu dan pikirannya dan memberikan bimbingan, bantuan serta pengarahan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan
6. Segenap Dosen, Laboran dan Admin Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah bersedia mengamalkan ilmunya, membimbing dan memberikan pengarahan serta membantu selama proses perkuliahan.
7. Kedua orang tua, Bapak Nuratin dan Ibu Sudiawarti dan semua keluarga yang telah memberikan dukungan, restu, serta selalu mendoakan disetiap langkah penulis.
8. Teman-teman dan para sahabat Fisika 2013, terimakasih atas kebersamaan dan persahabatan serta pengalaman selama ini.

9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

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

Malang, 20 November 2019

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
2.1 Batubara.....	5
2.1.1 Proses Pembentukan Batubara	6
2.1.2 Jenis Batubara	13
2.1.3 Sifat Batubara	14
2.1.4 Lingkungan Pengendapan Batubara	15
2.1.5 Klasifikasi Batubara	18
2.1.6 Komposisi Batubara	19
2.1.7 Batubara Dalam Al-Qur'an	20
2.2 Sifat Listrik Batuan	21
2.3 Aliran Listrik di Dalam Bumi	23
2.4 Metode Geolistrik.....	27
2.5 Metode Geolistrik Induksi Polarisasi (IP)	28
2.5.1 Sumber Penyebab Fenomena IP	29
2.5.2 Pengukuran Fenomena IP	29
2.5.3 Mineral-Mineral yang Menimbulkan Fenomena IP	33
2.6 Konfigurasi Wenner Alpha	33
2.7 Geologi Daerah Penelitian	35
2.7.1 Statigrafi	35
2.7.2 Fisiografi dan Morfologi	37

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Daerah Penelitian	38
3.2 Alat Penelitian	38
3.3 Pengambilan Data Penelitian	39
3.4 Pengolahan Data	39
3.5 Interpretasi Data	40
3.6 Diagram Alir Penelitian	41

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Akuisisi Data	42
4.2 Interpretasi Data	43
4.2.1 Hasil Inversi Lintasan 1	43
4.2.2 Hasil Inversi Lintasan 2	44
4.2.3 Hasil Inversi Lintasan 3	45
4.2.4 Hasil Inversi Lintasan 4	46
4.3 Lapisan Bumi Dalam Al-Qur'an	49

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	50
5.2 Saran	51

DAFTAR PUSTAKA**LAMPIRAN-LAMPIRAN**

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Lingkungan Pengendapan Batubara pada Daerah Delta	16
Gambar 2.2	Sketsa Lingkungan Pengendapan dan Kondisi Akumulasi Gambut	17
Gambar 2.3	Silinder Konduktor	21
Gambar 2.4	Titik Permukaan Sumber Arus yang Terinjeksi pada Tanah Homogeny.....	24
Gambar 2.5	Sumber Titik Arus pada Permukaan Sebuah Medium Homogeny	25
Gambar 2.6	Konfigurasi Elektrode Arus dan Potensial pada Permukaan Medium Homogen Isotropis	26
Gambar 2.7	Perubahan Bentuk pada Bidang Equipotensial dan Garis Aliran Arus Untuk dua Titik Sumber Arus pada Permukaan Tanah Homogen	27
Gambar 2.8	Distribusi Ion Stabil Sebelum Injeksi Arus dan Kondisi Ion Terpolarisasi Sesaat Akibat Arus	28
Gambar 2.9	Konsep Pengukuran Polarisasi Terinduksi Kawasan Waktu	30
Gambar 2.10	Susunan Elektroda Arus dan Potensial pada Konfigurasi Wenner	34
Gambar 2.11	Peta Geologi Tulungagung	35
Gambar 3.1	Lokasi Penelitian di Daerah Tulungagung	38
Gambar 3.2	Diagram Alir	41
Gambar 4.1	Model Penampang 2D Lintasan 1	43
Gambar 4.2	Model Penampang 2D Lintasan 2	44
Gambar 4.3	Model Penampang 2D Lintasan 3	45
Gambar 4.4	Model Penampang 2D Lintasan 4	46
Gambar 4.5	Pola Sebaran Batubara pada Lintasan 1, 2, 3 dan 4	47

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Klasifikasi Peringkat Batubara oleh ASTM	18
Tabel 4.1	Hasil Interpretasi Lithologi pada Lintasan 1	44
Tabel 4.2	Hasil Interpretasi Lithologi pada Lintasan 2	45
Tabel 4.3	Hasil Interpretasi Lithologi pada Lintasan 3	46
Tabel 4.4	Hasil Interpretasi Lithologi pada Lintasan 4	47



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Hasil Penelitian
Lampiran 2 Dokumentasi Penelitian
Lampiran 3 Bukti Konsultasi Skripsi



ABSTRAK

Muhlisin, M. Zainul. 2019. Identifikasi Sebaran Batubara Menggunakan Metode Geolistrik Polarisasi Terinduksi (IP) (Studi Kasus Daerah Klatak Kecamatan Besuki Kabupaten Tulungagung). Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Pembimbing: (I) Drs. Abdul Basid, M. Si. (II) Ahmad Abtokhi, M. Pd.

Kata Kunci: Metode Geolistrik; Batubara, *Chargeability*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui struktur bawah permukaan dan potensi sebaran batubara di daerah klatak kecamatan besuki kabupaten tulungagung. Survei yang digunakan adalah survei induksi polarisasi (IP) geolistrik yang merupakan salah satu metode dalam ilmu geofisika yang digunakan untuk interpretasi bawah permukaan tanah. Pengambilan data dilakukan dengan mengambil 4 lintasan di sekitar area singkapan batubara dengan menggunakan seperangkat alat *Resistivitymeter Merk M.A.E*. Pengolahan data diproses dengan menggunakan *software Res2dinv*. Hasil Inversi menunjukkan sebaran batubara di bawah permukaan dengan nilai *chargeability* yaitu 0,021 msec sampai 232 msec dan mendapatkan kedalaman hingga 15.7 meter. Struktur bawah permukaan secara umum tersusun oleh breksi, breksi gunungapi, batu pasir, lempung dan batubara.

ABSTRACT

Muhlisin, M. Zainul. 2019. An Identification of Coal Distribution by Using the Induced Polarization (IP) Geoelectric Method (Case Study of Klatak Area Besuki District, Tulungagung Regency). Thesis. Department of Physics, Faculty of Science and Technology, State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim of Malang.

Advisor: (I) Drs. Abdul Basid, M. Si. (II) Ahmad Abtokhi, M. Pd.

Keywords: Geoelectric Method; Coal, *Chargeability*.

This study to determine the subsurface structure and the potential distribution of coal in the Klatak of Besuki Subdistrict, Tulungagung City. The survey conducted an polarization induction (IP) survey of geoelectric which is one of the methods in geophysical science used for interpretation of subsurface. The data collected by taking 4 tracks around the coal around of area by using a set of resistivitymeters Merk M.A.E. Data processing is processed using Res2dinv software. The inversion results show the distribution of coal below the surface with a chargeability value of 0.021 msec to 232 msec and get a depth of up to 15.7 meters. Subsurface structures are generally composed of breccia, volcanic breccia, sandstone, clay and coal.

ملخص البحث

مخلص, محمد زينول. 2019. تحديد توزيع الفحم باستخدام الطريقة الجيولوجية للاستقطاب المستحث (IP) (دراسة حالة klatak في منطقة Besuki الفرعية، وصاية على العرش Tulungagung). البحث الجامعي. قسم الفيزياء ، كلية العلوم والتكنولوجيا ، جامعة الإسلامية الحكومية مولانا مالك إبراهيم مالانج. المشرف: (1) عبد الباسط، الماجستير (2) أحمد أبطخي ، الماجستير.

الكلمات الرئيسية: الطريقة الجيوكهربائية ، الفحم، Chargeability

تم إجراء البحوث الجيوفيزيائية باستخدام الطرق الجيوكهربائية لتحديد توزيع الفحم في منطقة klatak في منطقة Besuki الفرعية ، Tulungagung وصاية على العرش. كان المسح الذي أجري في هذه الدراسة هو استخدام مسح تحريض الاستقطاب الجيوكهربائي (IP) والذي يعد أحد الأساليب في العلوم الجيوفيزيائية المستخدمة للتفسير السطحي تحت الأرض. يتم جمع البيانات من خلال أخذ 4 مسارات حول منطقة الفحم الناتج باستخدام مجموعة من أجهزة قياس المقاومة $M.A.E$. تتم معالجة معالجة البيانات باستخدام برنامج $Res2dinv$. تظهر نتائج الانعكاس توزيع الفحم تحت السطح مع قيمة شحن من 0.021 ميلي ثانية إلى 232 ميلي ثانية والحصول على عمق يصل إلى 15.7 متر. تتكون الهياكل السطحية عمومًا من بريكاس ، بريكاس بركاني ، حجر رملي ، طين وفحم.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Batubara merupakan sumber energi yang sangat penting untuk dijadikan sebagai pembangkit listrik dan bahan bakar lainnya. Di Indonesia pemanfaatan energi alternative seperti batubara harus dioptimalkan mengingat potensi batubara yang dimiliki Indonesia sangat besar.

Indonesia adalah salah satu produsen batubara terbesar di Dunia dan menempati peringkat ke-9 untuk cadangan batubara global. Pada saat sektor pertambangan batubara dibuka kembali pada tahun 1990an Indonesia mengalami peningkatan jumlah produksi untuk ekspor dan penjualan di dalam negeri. Namun penjualan di dalam Negeri tidak berjalan sesuai harapan karena konsumsi batubara masih sangat kecil di Indonesia.

Setelah beberapa tahun pemerintah kemudian berhasil meningkatkan penjualan batubara dalam Negeri dengan menyadarkan konsumen bahwa energi alternatif seperti batubara harus dimanfaatkan karena Indonesia memiliki cadangan batubara yang sangat besar guna untuk dimanfaatkan berbagai kebutuhan sehari-hari.

Identifikasi sebaran batubara di daerah Klatak Kecamatan Besuki Kabupaten Tulungagung sangat penting dilakukan untuk mengetahui pola sebaran batubara di wilayah tersebut. Maka dari itu diperlukan suatu metode yang dapat digunakan untuk memprediksi sebaran dan struktur bawah permukaan di area sebaran batubara. Salah satu metode geofisika yang dapat digunakan adalah metode Geolistrik Induksi Polarisasi (IP).

Geolistrik adalah salah satu metode dalam bidang geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi. Pendeteksian diatas permukaan meliputi pengukuran medan potensial, arus, dan elektromagnetik yang terjadi baik secara alamiah maupun akibat penginjeksian ke dalam bumi. Metode geolistrik induksi polarisasi (IP) adalah salah satu dari jenis metode geolistrik yang digunakan untuk mempelajari keadaan bawah permukaan dengan cara mempelajari sifat aliran listrik di dalam batuan di bawah permukaan bumi. Metode ini dapat mendeteksi adanya anomali potensial induksi meskipun dalam jumlah yang sangat kecil, yang tidak terdeteksi oleh metode lain.

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.

يَا مَعْشَرَ الْجِنَّ وَالْإِنْسِ إِنِ اسْتَطَعْتُمْ أَنْ تَنْفُذُوا مِنْ أَقْطَارِ السَّمَاوَاتِ
وَالْأَرْضِ فَانْفُذُوا ۚ لَا تَنْفُذُونَ إِلَّا بِسُلْطَانٍ

“Hai jama'ah jin dan manusia, jika kamu sanggup menembus (melintasi) penjuru langit dan bumi, maka lintasilah, kamu tidak dapat menembusnya kecuali dengan kekuatan.” (Ar Rahman : 33)

Lafadz “illa bisulthon” mempunyai “melainkan dengan kekuatan”, maksudnya dengan perintah Allah (Katsir, 2004). 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 termanfaatkan dengan baik untuk kelestarian hidup manusia. Dalam bidang geofisika untuk dapat melakukan eksplorasi perlu menggunakan metode geofisika.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana struktur bawah permukaan di area penelitian?
2. Bagaimanakah potensi sebaran batubara di area penelitian?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui struktur bawah permukaan di area penelitian.
2. Untuk mengetahui potensi sebaran batubara di area penelitian.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Penelitian ini dapat digunakan oleh pemangku kepentingan sebagai informasi sebaran batubara berupa, letak dan kedalaman di area penelitian.
2. Memberikan pengetahuan tentang teknik dan aplikasi Metode Geolistrik Induksi Polarisasi (IP).

1.5 Batasan Masalah

1. Penelitian ini menggunakan metode geolistrik Induksi Polarisasi (IP).
2. Penelitian dilakukan di daerah Klatak Kecamatan Besuki Kabupaten Tulungagung.
3. Wilayah penelitian berada pada koordinat $08^{\circ}.15.975'$ LS - $111^{\circ}.45.394'$ BT.
4. Penelitian dilakukan untuk mengetahui sebaran batubara di daerah Klatak Kecamatan Besuki Kabupaten Tulungagung.
5. Interpretasi dibantu dengan software *Res2dinv*.



BAB II KAJIAN PUSTAKA

2.1 Batubara

Sumber energi yang selama ini banyak digunakan atau dimanfaatkan dalam berbagai macam bidang kehidupan salah satunya adalah batubara. Pada dasarnya, batubara merupakan bahan bakar fosil dan termasuk ke dalam katagori batuan sedimen.

Batubara merupakan batuan sedimen 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).

Para ahli geokimia berpendapat bahwa batubara merupakan batuan sedimen yang secara kimia dan fisika adalah hetrogen yang mengandung unsur-unsur karbon, hidrogen serta oksigen sebagai komponen unsur utama dan belerang serta hidrogen sebagai unsur tambahan. Secara singkat batubara biasa didefinisikan sebagai batuan karbonat berbentuk padat, rapuh, berwarna coklat tua sampai hitam, dapat terbakar, yang terjadi akibat perubahan tumbuhan secara kimia dan fisik (Irwandy, 2014).

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 sudah melalui kompaksi, ubahan kimia dan proses metamorphosis 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%.

Batubara adalah substansi hidrogen yang dapat terbakar dan terbentuk dari banyak komponen yang mempunyai sifat saling berbeda. Batubara dapat didefinisikan sebagai satuan sedimen yang terbentuk dari dekomposisi tumpukan tanaman selama kira-kira 300 juta tahun. Dekomposisi tanaman ini terjadi karena proses biologi dengan mikroba dimana banyak oksigen dalam selulosa diubah menjadi karbondioksida (CO_2) dan air (H_2O). Kemudian perubahan yang terjadi dalam kandungan bahan tersebut disebabkan oleh adanya tekanan, pemanasan yang kemudian membentuk lapisan tebal sebagai akibat pengaruh panas bumi dalam jangka waktu berjuta-juta tahun, sehingga lapisan tersebut akhirnya memadat dan mengeras. Pola yang terlihat dari proses perubahan hingga menjadi batubara yaitu dengan terbentuknya karbon. Kenaikan kandungan karbon dapat menunjukkan tingkatan batubara. Dimana tingkatan batubara yang paling tinggi adalah antrasit, sedang tingkatan yang lebih rendah dari antrasit akan lebih banyak mengandung hidrogen dan oksigen (Purnamasari, 2000).

2.1.1 Proses Pembentukan Batubara

Proses pembentukan batubara sangatlah kompleks dan membutuhkan waktu berjuta-juta tahun lamanya. Pada umumnya terdapat dua proses yang berperan dalam proses pembentukan batubara, yaitu proses penggambutan (*peatification*) dan pembatubaraan (*coalification*). Beberapa faktor yang berpengaruh dalam pembentukan rawa gambut (Diesel, 1992).

1. Evolusi tumbuhan

Sebagaimana hewan, tumbuhan juga melakukan evolusi selama masa kehidupannya di bumi. Evolusi tumbuhan dimulai dari tingkat yang paling rendah (protista) sampai tumbuhan sejati (tingkat tinggi). Evolusi tumbuhan sejalan dengan skala waktu pembentukan geologi. Perjalanan evolusi tumbuhan menjadi hal terpenting karena fungsi utamanya dalam menyokong kehidupan di bumi sebagai organisme autotrof yang mampu memproduksi makanan sendiri dan sebagai penyedia energi untuk organisme heterotrof. Evolusi tumbuhan juga berpengaruh dalam skala waktu geologi bumi.

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 yang

besar. Peningkatan suhu daerah akan mempercepat laju pertumbuhan tanaman dan juga proses dekomposisinya.

3. Geografi dan struktur daerah

Gambut 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 maka material tumbuhan akan membusuk dan gambut yang terbentuk akan tererosi. 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*)

Proses penggambutan merupakan proses awal dalam pembentukan batubara, yang meliputi proses perubahan kimia (*biochemical coalification*) dan microbial. Dalam proses ini penggambutan 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.

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% dan kandungan mineral lebih kecil 50% dalam kondisi kering (Anggayana, 2002).

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 pembatubaraan. Proses ini meliputi proses dan perubahan geokimia (*geochemical coalification*).

B. Pembatubaraan (*coalification*)

Tahap pembatubaraan (*coalification*) merupakan gabungan proses biologi, kimia, dan fisika yang terjadi karena pengaruh pembebanan dari sedimen yang menutupinya, temperatur, tekanan, dan waktu terhadap komponen organik dari gambut. Pada tahap ini prosentase karbon akan meningkat, sedangkan prosentase hidrogen dan oksigen akan berkurang. Proses ini akan menghasilkan batubara dalam berbagai tingkat kematangan material organiknya mulai dari lignit, sub bituminus, bituminus, semi antrasit, antrasit, hingga meta antrasit.

Proses pembatubaraan 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 H₂, O₂, dan N₂.

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 geotermal 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*.

Berdasarkan asal tumbuhan pembentuk gambut terdapat dua macam batubara, yaitu (Sudarsono, 2000).

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 Jenis Batubara

Jenis batubara berdasarkan mutu atau tingkatannya dapat dikelompokkan menjadi beberapa bagian, yaitu:

a. Lignit

Lignit adalah batubara yang berwarna hitam dan memiliki tekstur seperti kayu. Lignit merupakan batubara peringkat rendah dimana kedudukan lignit dalam tingkat klasifikasi batubara berada pada daerah transisi dari jenis gambut ke batubara.

b. *Sub-bitumine*

Batubara jenis ini merupakan peralihan antara jenis lignit dan *bitumine*. Batubara jenis ini memiliki warna hitam yang mempunyai kandungan air, zat terbang, dan oksigen yang tinggi serta memiliki kandungan karbon yang rendah. Sifat-sifat ini menunjukkan bahwa batubara jenis *sub-bitumine* ini merupakan batubara tingkat rendah.

c. *Bitumine*

Batubara jenis ini merupakan batubara yang berwarna hitam dengan tekstur ikatan yang baik.

d. Antrasit

Antrasit merupakan batubara dengan tingkatan paling tinggi yang mempunyai kandungan karbon lebih dari 93% an kandungan zat terbang kurang dari 10%. Antrasit umumnya lebih keras, kuat dan seringkali berwarna hitam mengkilat seperti kaca (Purnamasari, 2000).

2.1.3 Sifat Batubara

Batubara merupakan suatu campuran padatan yang heterogen dan terdapat di alam dalam tingkat atau *grade* yang berbeda mulai dari lignit, *sub-bitumine*, *bitumine* dan antrasit.

- Sifat batubara jenis *bitumine/ sub-bitumine*:
 - Warna hitam mengkilat, kurang kompak
 - Nilai kalor tinggi, kandungan karbon relatif tinggi
 - Kandungan air sedikit
 - Kandungan abu sedikit
 - Kandungan sulfur sedikit
- Sifat batubara jenis lignit:
 - Warna hitam, sangat rapuh
 - Nilai kalor rendah, kandungan karbon sedikit
 - Kandungan air tinggi
 - Kandungan abu banyak
 - Kandungan sulfur banyak
- Sifat batubara jenis antrasit
 - Warna hitam sangat mengkilat, kompak
 - Nilai kalor sangat tinggi, kandungan karbon sangat tinggi
 - Kandungan air sangat sedikit
 - Kandungan abu sangat sedikit
 - Kandungan sulfur sangat sedikit (Sukandarrumidi, 1995).

2.1.4 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.

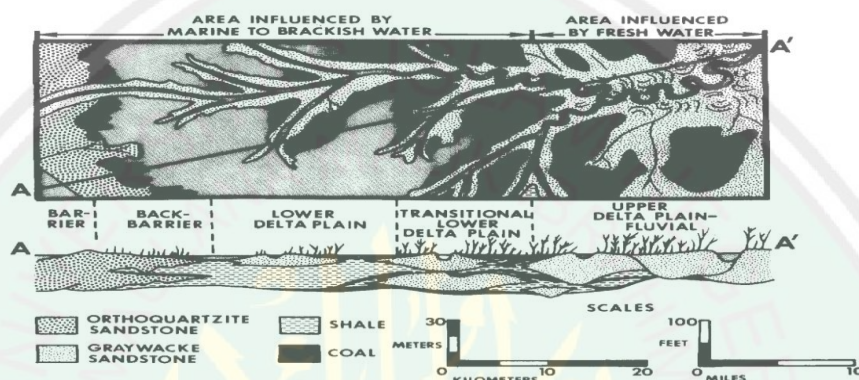
Lingkungan pengendapan rawa dibagi lagi menjadi dua jenis yaitu:

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 berukuran kasar (>2mm). Batubara yang terbentuk pada lingkungan 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

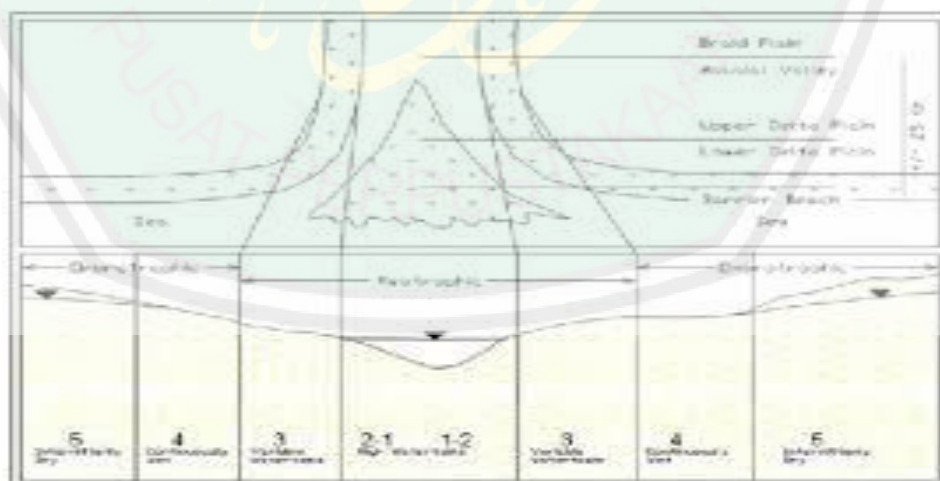
dataran aluvial dengan dataran delta. Umumnya melewati daerah sungai meander (*meandering river*) lapisan batubaranya memiliki tebal bervariasi dan profil sedimen umumnya berupa perselingan batupasir dan lanau atau lempung.

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)

2.1.5 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.

Tabel 2.1 Klasifikasi Peringkat Batubara oleh ASTM (Wood dkk, 1983).

Coal Rank		Vitrinite Reflectance (random)	Volatile Matter (%)	Bed Moisture (wt %)	Calorific Value MJ/kg (moist,mmf)	Hydrocarbon Generation	Principal Uses	
Class	Group							
Anthracitic ²	Meta-antracite	2.50	— 2				Space Heating Chemical Production	
	Anthracite		— 8					
	Semianthracite		— 14					
Bituminous	Low Volatile Bituminous	1.92	— 14			Wet Gas - Oil and Gas	Metallurgical Coke Production Cement Production Thermal Electric Power Generation	
	Medium Volatile Bituminous	1.51	— 22					
	High Volatile A Bituminous	1.12	— 31					
	High Volatile B Bituminous	0.75	0.50					— 32.6
	High Volatile C Bituminous	0.75						— 30.2
	Subbituminous A ³	0.50?						— 8.10
	Subbituminous	Subatuminous B	0.42					
Subatuminous C		— 24.4						
Lignite A		— 25		— 22.1				
Lignitic	Lignite B			— 35	14.7		Thermal Electric Power Generation Char Production Space heating	
	Peat			— 75				

2.1.6 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).

2.1.7 Batubara Dalam Al-Qur'an

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.

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 mencuat dari dasar bumi kemudian membeku menjadi batu api dan terkadang

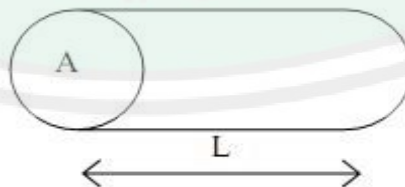
magma ini juga bisa muncul ke permukaan bumi dan menjadi batu api yang terdapat di bagian atas bumi.

2.2 Sifat Listrik Batuan

Aliran arus listrik didalam batuan/mineral dapat digolongkan menjadi tiga macam yaitu konduksi secara elektronik, konduksi secara elektrolitik dan konduksi secara dielektrik (Telford, 1990).

1. Kondisi secara elektronik

Terjadi jika batuan/mineral mempunyai banyak elektron bebas sehingga arus listrik dialirkan dalam batuan/mineral tersebut oleh elektron-elektron bebas itu. 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), dimana resistivitas (tahanan jenis) merupakan karakteristik bahan yang mampu menunjukkan kemampuan batuan tersebut untuk menghantarkan arus listrik. Resistivitas mempunyai pengertian yang berbeda dengan resistansi (hambatan), dimana resistansi tidak hanya tergantung pada bahan tetapi juga bergantung pada faktor geometri atau bentuk bahan tersebut. Sedangkan resistivitas tidak bergantung pada faktor geometri.



Gambar 2.3 Silinder Konduktor (Rahmawati, 2009).

Jika ditinjau silinder konduktor dengan panjang L , luas penampang A , dan resistansi R , maka dapat dirumuskan:

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

dimana ρ adalah resistivitas (Ωm), L adalah panjang silinder konduktor (m), A adalah luas penampang silinder konduktor (m^2), dan R adalah resistansi (Ω).

Sedangkan menurut hukum Ohm, resistansi R dirumuskan:

$$R = \frac{V}{I} \quad (2.2)$$

dimana R adalah resistansi (ohm), V adalah beda potensial (volt), I adalah kuat arus (ampere).

Dari kedua rumus tersebut didapatkan nilai resistivitas (ρ) sebesar

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

Banyak orang sering menggunakan sifat konduktifitas (σ) batuan yang merupakan kebalikan dari resistivitas (ρ) dengan satuan mhos/m.

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

dimana J adalah rapat arus (ampere/m^2) dan E adalah medan listrik (volt/m) (Sulistyowati, 2009).

2. Konduksi elektrolitik

Terjadi jika batuan/mineral bersifat pori-pori tersebut terisi oleh cairan-cairan elektrolitik. Pada kondisi ini arus listrik dibawa oleh ion-ion elektrolit. Konduktivitas dan resistivitas batuan porous 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 (Sulistyowati, 2009).

3. Konduksi dielektrik

Terjadi jika batuan/mineral bersifat dielektrik terhadap aliran arus listrik, artinya batuan atau mineral tersebut mempunyai elektron bebas sedikit bahkan tidak sama sekali. Tetapi karena adanya pengaruh medan listrik dari luar maka elektron dalam bahan berpindah dan berkumpul terpisah dari inti sehingga terjadi polarisasi. (Sulistyowati, 2009).

2.3 Aliran Listrik di Dalam Bumi

1. Elektroda berarus tunggal di dalam bumi

Apabila sebuah elektroda arus yang kecil diinjeksikan kedalam medium yang homogen isotropik, maka rangkaian arus dengan elektroda lainnya biasa diletakkan di permukaan dan sangat jauh agar pengaruhnya terhadap elektroda pertama dapat diabaikan. Dalam sistem koordinat bola persamaan *Laplace* dapat dituliskan sebagai berikut (Telford, 1990).

Dalam sistem simetri, potensial adalah fungsi r , dimana r adalah jarak dari elektrode pertama. Berdasarkan persamaan *Laplace* pada koordinat bola, dinyatakan

$$\nabla^2 V = \frac{d^2 V}{dr^2} + \left(\frac{2}{r} \right) \frac{dV}{dr} = 0 \quad (2.5)$$

dengan mengalikan persamaan di atas dengan r^2 dan mengintegalkannya, maka diperoleh

$$\frac{dV}{dr} = \frac{A}{r^2} \quad (2.6)$$

dan diintegrasikan lagi diperoleh

$$V = -\frac{A}{r} + B \quad (2.7)$$

dimana A dan B adalah konstan, jika $V=0$ ketika $r \rightarrow \infty$, maka diperoleh $B=0$.

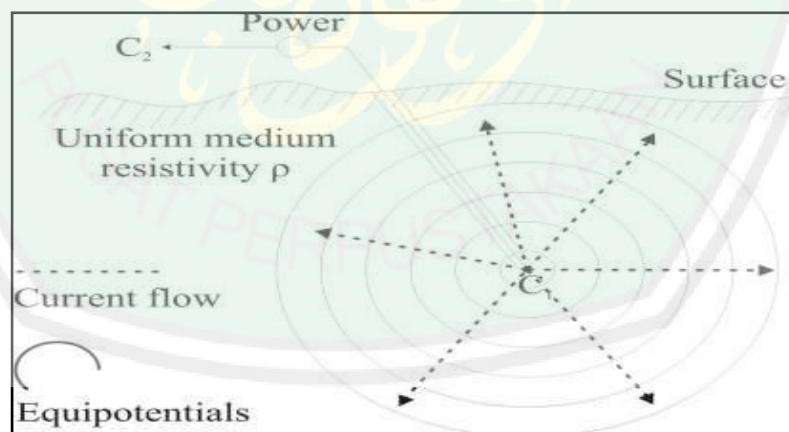
Arus mengalir secara radial keluar ke semua arah dari titik elektroda. Arus total yang melintas pada permukaan bola diberikan oleh persamaan

$$I = 4\pi r^2 J = -4\pi r^2 \sigma \frac{dV}{dr} = -4\pi \sigma A \quad (2.8)$$

dari persamaan $j = -\sigma \nabla V$ dan $\frac{dV}{dr} = \frac{A}{r^2}$ diperoleh $A = -\frac{I\rho}{4\pi}$ Maka

$$V = \left(\frac{I\rho}{4\pi} \right) \frac{1}{r} \text{ atau } \rho = 4\pi \frac{V}{I} \quad (2.9)$$

Pada bidang equipotensial, disetiap ortogonal pada garis aliran arus, akan menjadi permukaan bola dengan $r = \text{konstan}$. Diilustrasikan pada gambar di bawah ini:



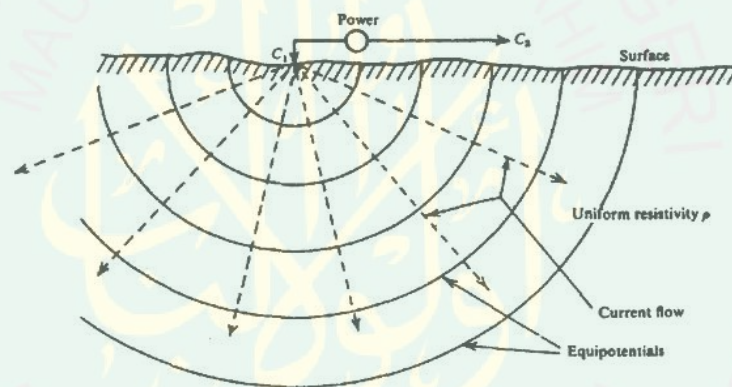
Gambar 2.4 Titik Permukaan Sumber Arus yang Terinjeksi pada Tanah Homogeny (Telford, 1990).

2. Elektroda berarus tunggal di permukaan bumi

Jika titik elektroda yang didalamnya mengalir I ampere yang diletakkan pada permukaan medium homogen isotropik dan jika udara di atas memiliki konduktivitas 0 (nol), maka sistem tiga titik yang digunakan dalam tampilan resistivitas permukaan. Selanjutnya elektroda arus kembali pada jarak yang besar. (Telford, 1990).

$$\frac{\partial V}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left(-\frac{A}{r} \right) = -\frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{A}{r} \right) \frac{\partial r}{\partial z} = \frac{Az}{r^2} = 0 \quad (2.10)$$

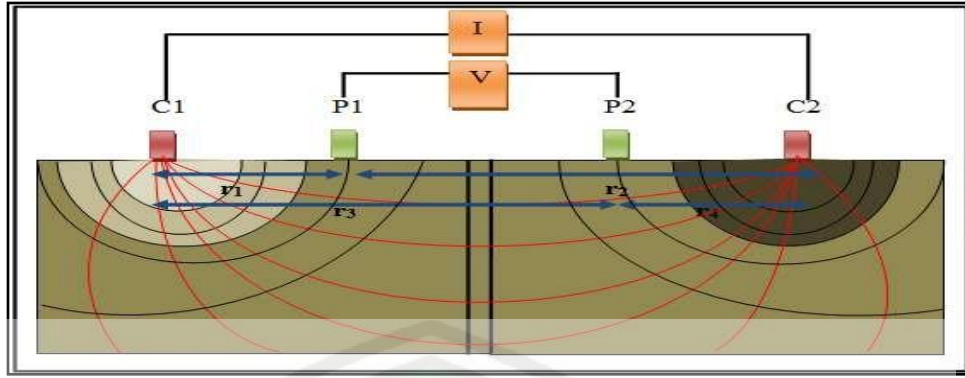
Potensial yang sama pada permukaan setengah bola di dalam tanah dapat ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 2.5 Sumber Titik Arus pada Permukaan Sebuah Medium Homogeny (Telford, 1990)

3. Dua arus elektroda di permukaan bumi

Jika jarak antara kedua elektroda terbatas (Gambar 2.6) potensial listrik pada titik-titik yang berdekatan di permukaan akan dipengaruhi oleh kedua elektroda arus tersebut.



Gambar 2.6 Konfigurasi Elektroda Arus dan Potensial pada Permukaan Medium Homogen Isotropis (Loke dan Barker, 1996).

Nilai potensial listrik adalah respon dari dua elektroda yang merupakan penjumlahan harga potensial dari masing-masing elektroda. Apabila jarak antara kedua elektroda terhingga, maka potensial pada suatu titik permukaan dipengaruhi oleh kedua elektroda. Sehingga potensial yang disebabkan oleh C_1 dan P_2 adalah:

$$V_1 = -\frac{A_1}{r_1} \text{ dimana } A_2 = -\frac{I\rho}{2\pi} = -A_1 \quad (2.11)$$

Demikian juga potensial yang disebabkan C_2 dan P_1 adalah:

$$V_2 = -\frac{A_2}{r_2} \text{ dimana } A_2 = -\frac{I\rho}{2\pi} = -A_1, \quad (2.12)$$

Tanda berlawanan disebabkan arus pada kedua elektroda sama tetapi arahnya berlawanan). Sehingga potensial pada titik P_1 adalah:

$$V_1 + V_2 = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (2.13)$$

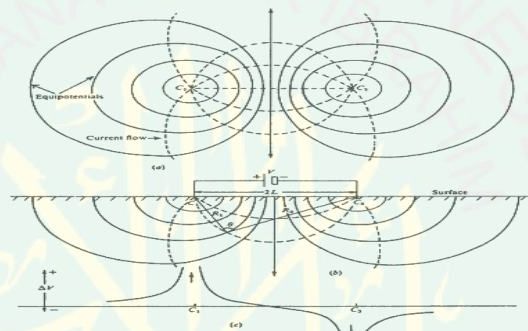
Dengan cara yang sama maka dapat menentukan potensial di titik P_2 . Sehingga, diperoleh beda potensial antara P_1 dan P_2 adalah:

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left\{ \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\} \quad (2.14)$$

Hubungan yang tersusun pada empat elektroda yang menyebar secara normal digunakan dalam resistivitas medan gaya. Pada konfigurasi ini garis aliran arus dan bidang equipotensial yang berubah bentuk disebabkan oleh dekatnya elektroda arus yang kedua C2. Potensial yang sama diperoleh melalui hubungan

$$\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} = \text{konstan} \quad R_1^2 + R_2^2 - 2R_1R_2 \cos\theta = 4L^2 \quad (2.15)$$

Ditunjukkan pada gambar di bawah ini dengan garis arus orthogonal. Perubahan bentuk dari equipotensial terbukti dalam wilayah diantara arus elektroda.



Gambar 2.7 Perubahan Bentuk pada Bidang Equipotensial dan Garis Aliran Arus Untuk Dua Titik Sumber Arus pada Permukaan Tanah Homogen (Telford, 1990).

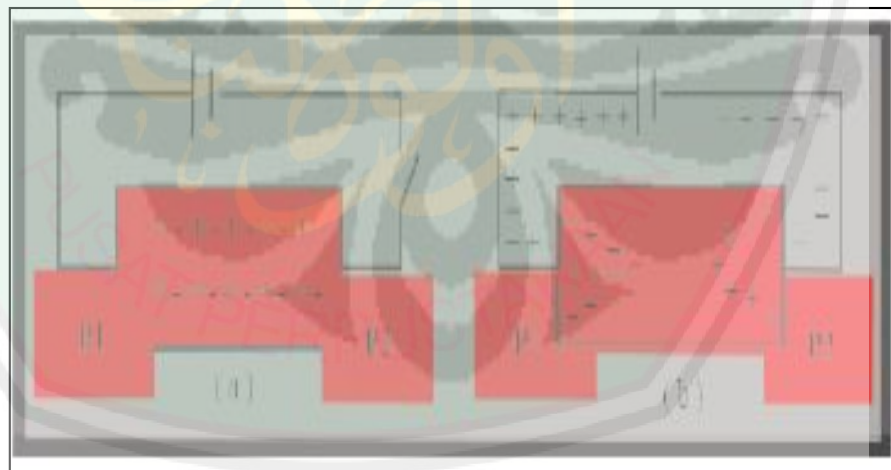
2.4 Metode Geolistrik

Metode geolistrik merupakan salah satu metode geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi dengan cara pendeteksian di permukaan bumi. Diantaranya meliputi pengukuran potensial, pengukuran arus medan elektromagnetik yang terjadi baik secara alami maupun akibat injeksi arus ke dalam bumi.

Metode geolistrik mempunyai banyak macam, termasuk di dalamnya yaitu, Metode Potensial Diri / *Self Potensial* (SP), Metode Resistivitas Tahanan jenis, Arus *Telluric*, *Magnetotelluric*, Potensial Terimbas.

2.5 Metode Geolistrik Induksi Polarisasi (IP)

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



Gambar 2.8 Distribusi Ion Stabil Sebelum Injeksi Arus dan Kondisi Ion Terpolarisasi Sesaat Akibat Arus (Eddy, 2010).

Fenomena pengutuban ini dilihat pada contoh rangkaian batuan yang mengandung mineral misalkan rangkaian tersebut dialiri arus searah (DC) kemudian diukur beda potensial (ΔV) antara titik p1 dan p2. Setelah itu injeksi

arus dimatikan pada waktu t nol, ternyata pada beda potensial pada kedua titik tersebut tidak langsung nol (hilang) tetapi perlahan-lahan turun dalam selang waktu (detik hingga menit) sampai nilainya nol. Grafik peluruhan potensial tegangan yang dihasilkan ketika arus telah dimatikan ditunjukkan pada gambar 2.8 (Eddy, 2010).

2.5.1 Sumber Penyebab Fenomena IP

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

- a. Perbedaan kecepatan ion-ion yang bergerak di dalam *fluida* dari pori-pori batuan.
- b. Perbedaan nilai konduktivitas ion dan konduktivitas listrik batuan yang mengandung mineral logam.

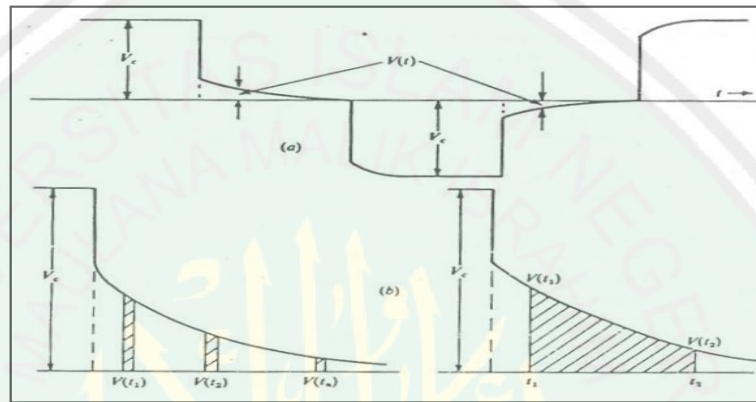
Kedua faktor tersebut yang menjadi penyebab terjadinya fenomena IP pada batuan.

2.5.2 Pengukuran Fenomena IP

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

1. Time domain

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



Gambar 2.9 Konsep Pengukuran Polarisasi Terinduksi Kawasan Waktu. (Ariski, 2004).

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

Terdapat dua sumber penyebab polarisasi pada batuan. Sumber pertama adalah *membrane polarization*. Faktor yang mengakibatkan adanya polarisasi

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

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

a. Efek induksi polarisasi

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

$$IP\ Effect = \frac{V_s(t_1)}{V_p} \times 100\% \quad (2.16)$$

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

b. *Chargeability* (M)

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

$$M = \frac{1}{V_p} \int_{t_1}^{t_2} V_s(t) dt \quad (2.17)$$

dimana V dan V(t) memiliki satuan yang sama yaitu dalam volt atau millivolt dan M dalam millisecond.

2. *Frequency domain*

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

Terdapat dua sumber penyebab polarisasi pada batuan. Sumber pertama adalah *membrane polarization*. Faktor yang mengakibatkan adanya polarisasi pada *membrane polarization* adalah adanya penyempitan pori-pori pada batuan dan adanya *clay*. Penyempitan pori-pori akan menyebabkan terhambatnya ion-ion pada batuan sehingga arus akan dapat tersimpan dalam beberapa waktu tertentu. Sedangkan adanya *clay* menyebabkan terkumpulnya ion-ion positif, hal ini dikarenakan sifat *clay*

yang berupa ion negatif. Sumber kedua adalah polarisasi elektroda. Polarisasi elektroda terjadi karena adanya mineral logam dalam pori-pori batuan. Hal ini akan mengakibatkan tertahannya arus listrik ketika melalui pori-pori tersebut. Pada umumnya, akuifer air tanah yang mengandung *freshwater* akan menunjukkan nilai *chargeability* sebesar 0 msec. Apabila akuifer tersebut merupakan air asin umumnya akan memiliki nilai *chargeability* sebesar 0.2 msec.

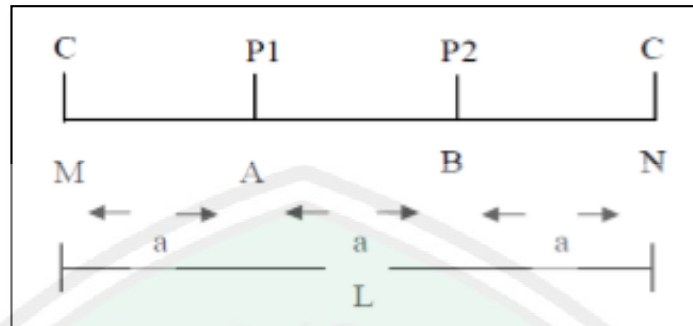
2.5.3 Mineral-Mineral yang Menimbulkan Fenomena IP

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

2.6 Konfigurasi Wenner Alpha

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

Pada konfigurasi Wenner jarak antara elektroda arus dan elektroda potensial adalah sama, seperti pada (gambar 2.10).

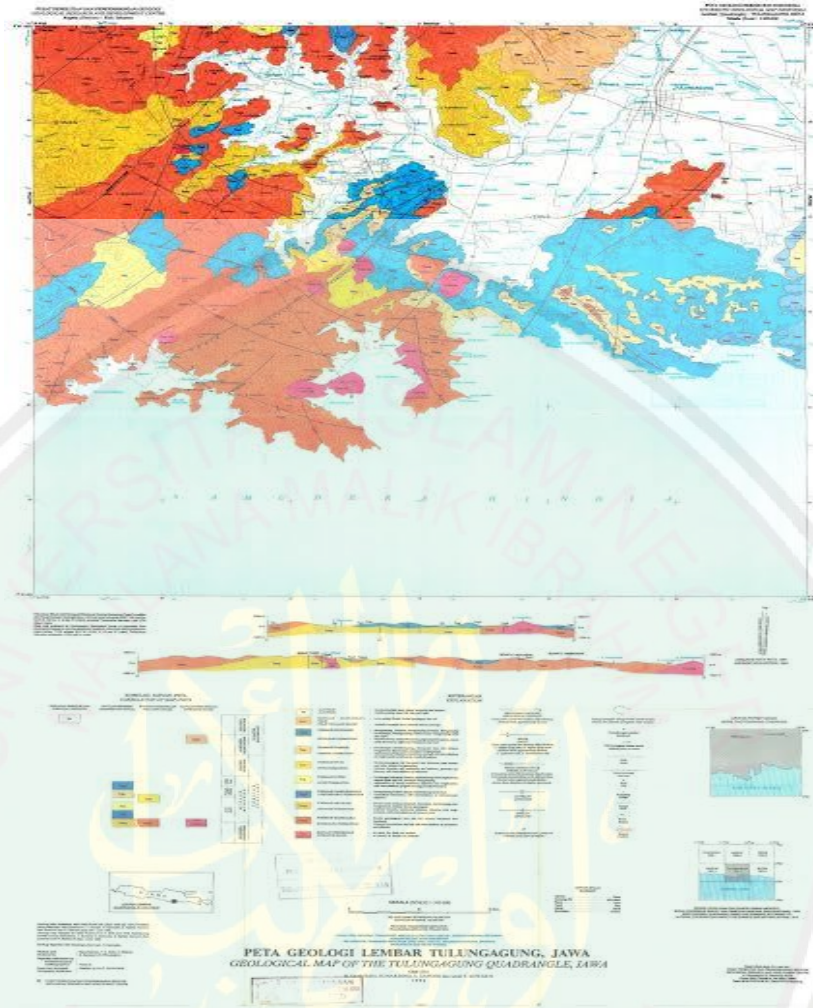


Gambar 2.10 : Susunan Elektroda Arus dan Potensial pada Konfigurasi Wenner (Loke, 2004).

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

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

2.7 Geologi Daerah Penelitian



Gambar 2.11 Peta Geologi Tulungagung (Samodra, H. dan S. Gafoer, 1992).

2.7.1 Stratigrafi

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 batu lempung 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. Batu gamping dari satuan ini mirip dengan lensa batu gamping dalam runtunan batuan klastika dan batuan gunungapi formasi-formasi Jaten, Wuni dan Nampol.

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 batu lempung 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.

2.7.2 Fisiografi dan Morfologi

Secara fisiografi, menurut Van Bemmelen, daerah Tulungagung termasuk dalam lajur pegunungan selatan Jawa Timur, yang bagian utaranya berbatasan dengan Lajur Depresi yang ditempati oleh G. Wilis.

Secara Morfologi daerah lembar dapat dibagi menjadi 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.

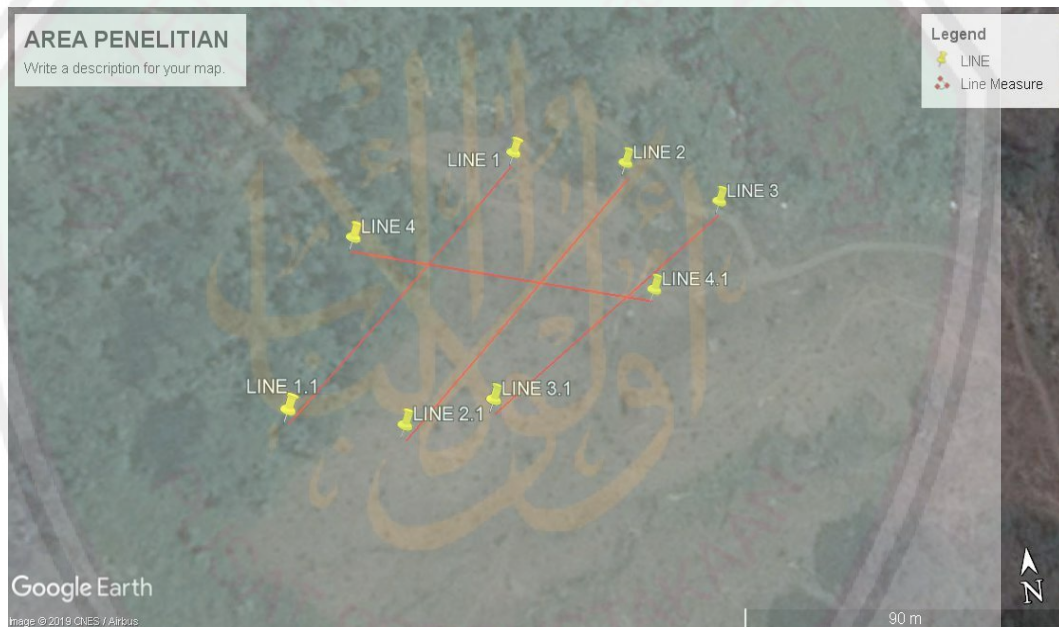
Satuan perdaratan yang merupakan satuan terluas mencakup sekitar 50% luas lembar. Satuan ini disusun oleh endapan aluvial dan rata-rata berjulang 100 m di atas muka laut.

Satuan karst yang luasnya sekitar 15% luas lembar terutama tersebar di bagian timur, di sepanjang pantai selatan. Satuan ini rata-rata berjulang 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).

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Daerah Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di daerah Klatak Kecamatan Besuki Kabupaten Tulungagung Jawa Timur. Pengambilan data akan dilakukan di sekitar area singkapan batubara. Pengolahan hasil penelitian dilakukan di Laboratorium Geofisika Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.



Gambar 3.1 : Lokasi Penelitian di Daerah Tulungagung

3.2 Alat Penelitian

1. Seperangkat alat geofisika resistivitymeter multi channel MAE
2. Elektroda
3. Aki
4. Meteran

5. HT
6. Palu geologi
7. Kabel konektor aki
8. GPS
9. Kabel elektroda

3.3 Pengambilan Data Penelitian

Dalam proses pengambilan data, sebelum kami melakukan pengambilan data di lapangan terlebih dahulu kami melakukan survei lokasi guna untuk mendapatkan referensi tentang wilayah penelitian. Hal ini akan mempermudah kami dalam pengambilan data lapangan. Setelah itu, dilakukan pengambilan data penelitian dengan menggunakan metode Induksi Polarisasi (IP) dengan konfigurasi Wenner Alpha.

3.4 Pengolahan Data

Data yang sudah didapatkan kemudian dilakukan pengolahan data menggunakan *software res2dinv* untuk menampilkan data 2D. Data yang sudah didapatkan kemudian di input ke *software res2dinv* berupa posisi datum pada panjang bentangan line (*X-lock*), spasi elektroda (*a*), jumlah data (*n*), nilai resistivitas (ρ_a) dan nilai *chargeability* (*M*) pada masing-masing lintasan. Nilai resistivitas yang didapatkan di lapangan merupakan nilai resistivitas semu yang akan diinversi menjadi nilai resistivitas batuan sesungguhnya oleh *software res2dinv*. Setelah melakukan input data maka program akan membaca data yang sudah di masukkan dan kemudian akan menampilkan hasil inversinya berupa

penampang kondisi lapisan bawah permukaan daerah penelitian, nilai *error*, kedalaman dan nilai *chargeability*.

3.5 Interpretasi Data

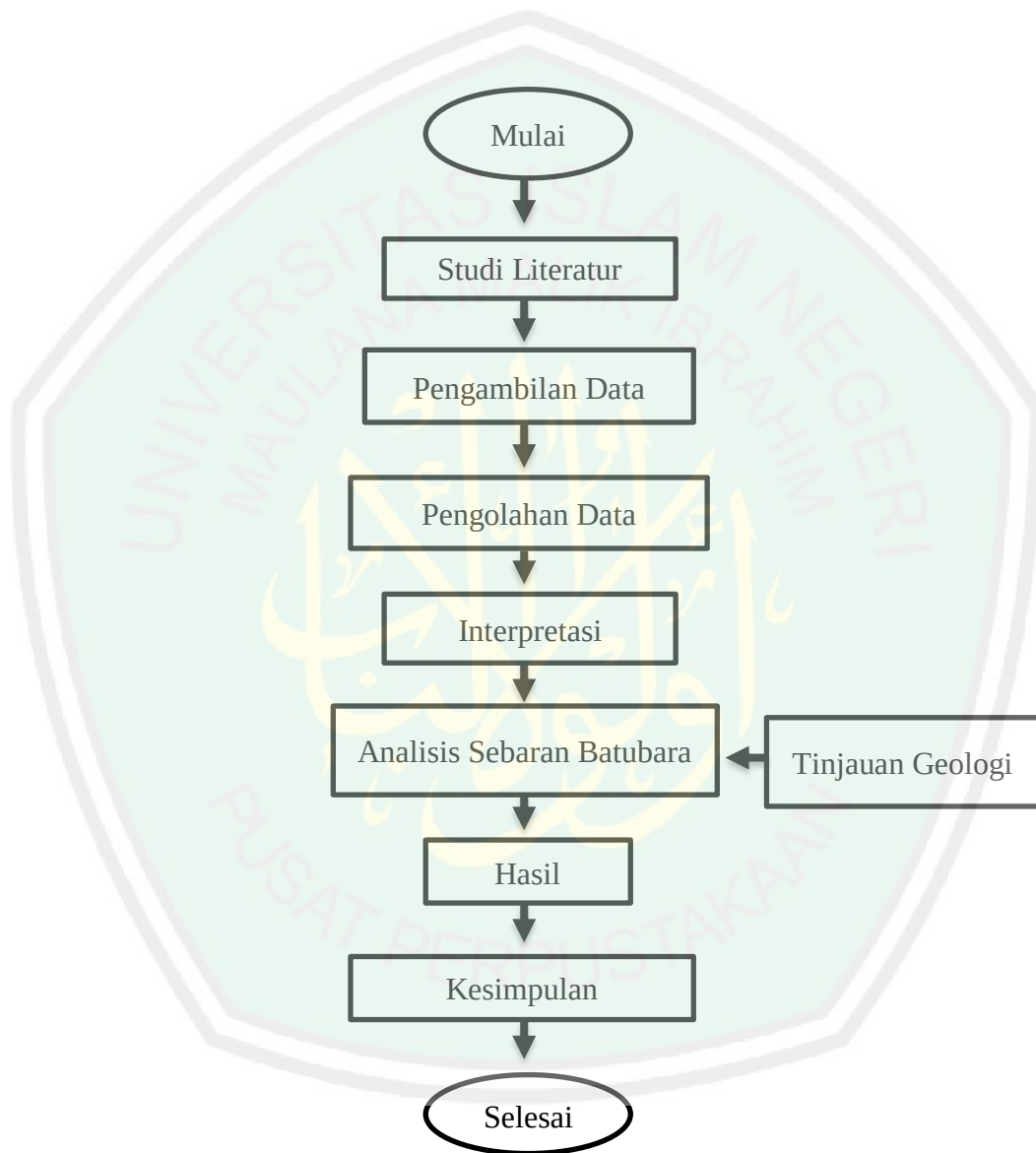
Pada tahapan interpretasi data, data pendukung yang digunakan adalah data geologi daerah penelitian dan data nilai *chargeability* yang sudah diolah, dari hasil konversi menggunakan *software res2dinv* kemudian akan memperoleh suatu gambar struktur bawah permukaan yang menggambarkan struktur bawah permukaan daerah penelitian.

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

Untuk pengolahan data menjadi model penampang 3D, terlebih dahulu hasil *pseudosection* dimasukkan ke *software correldraw*. Kemudian ketiga hasil *pseudosection* dimodelkan sesuai dengan letak lintasan sehingga didapatkan model penampang 3D.

Penampang 2D dan 3D yang menunjukkan nilai *chargeability* suatu batuan yang berada di bawah permukaan sehingga dari hasil yang diperoleh peneliti dapat menggambarkan daerah penelitian berdasarkan dari sifat batuan yang ada dipermukaan bumi. Data *chargeability* yang diperoleh nanti akan diinterpretasi dihubungkan dengan data geologi. Hal ini dikarenakan data geofisika yang diperoleh berupa nilai *chargeability* batuan ini hanya memberikan informasi berdasarkan parameter dari metode geolistrik.

3.6 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.2 Diagram Alir

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Akuisisi Data

Tahapan akuisisi data merupakan tahapan pelaksanaan yang sangat penting sehingga prosedur pengukuran ini perlu diperhatikan dengan baik dan sangat teliti. Pengambilan data di lapangan menggunakan metode geolistrik Induksi Polarisasi (IP) konfigurasi Wenner dengan alat resistivitymeter multi channel yang mana hanya menancapkan tanpa menggeser elektroda secara berkala karena sudah di program oleh alat resistivitymeter. Parameter yang didapatkan dari pengukuran ini berupa nilai arus (I), tegangan (V), dan *chargeability* (M), nilai yang dihasilkan dari proses pengukuran ini tersimpan dalam format DAT (yang digunakan sebagai pemrosesan data dengan *Res2dinv*).

Area penelitian berada di sekitar singkapan batubara di daerah Klatak Kecamatan Besuki Kabupaten Tulungagung. Dalam penelitian ini diambil 4 lintasan pengukuran di area singkapan batubara yaitu:

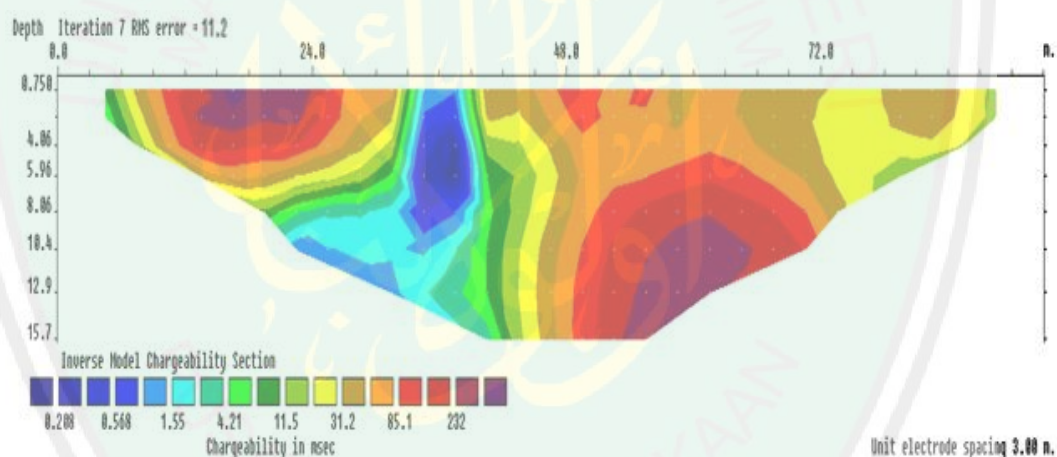
1. Lintasan 1 berada di samping sungai yang berarah utara-selatan sepanjang 100 meter pada koordinat 08°.15.975' LS 111°.45.394' BT - 08°.16.008' LS 111°.45.358' BT.
2. Lintasan 2 berada di samping sungai yang berarah utara-selatan sepanjang 100 meter pada koordinat 08°.15.978' LS 111°.45.411' BT - 08°.16.012' LS 111°.45.374' BT.
3. Lintasan 3 berada di samping sungai yang berarah utara-selatan sepanjang 100 meter pada koordinat 08°.15.985' LS 111°.45.425' BT - 08°.16.010' LS 111°.45.387' BT.

4. Lintasan 4 berada di samping sungai yang berarah timur-barat sepanjang 100 meter yang memotong pada lintasan 1, 2 dan 3 pada koordinat $08^{\circ}.15.985' \text{ LS } 111^{\circ}.45.369' \text{ BT}$ - $08^{\circ}.15.997' \text{ LS } 111^{\circ}.45.413' \text{ BT}$.

4.2 Interpretasi Data

4.2.1 Hasil Inversi Lintasan 1

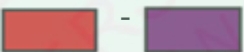
Lintasan 1 berada pada koordinat $08^{\circ}.15.975' \text{ LS } 111^{\circ}.45.394' \text{ BT}$ - $08^{\circ}.16.008' \text{ LS } 111^{\circ}.45.358' \text{ BT}$. Setelah diolah dengan *software res2Dinv*, diperoleh nilai *chargeability* bawah permukaan antara 0.208 msec sampai 232 msec. Kedalaman yang terdeteksi yaitu hingga kedalaman 15.7 meter. Jumlah iterasi yang digunakan pada lintasan ini sebanyak 7 kali dengan *RMS error* 11.2 %.



Gambar 4.1 Model Penampang 2D Lintasan 1

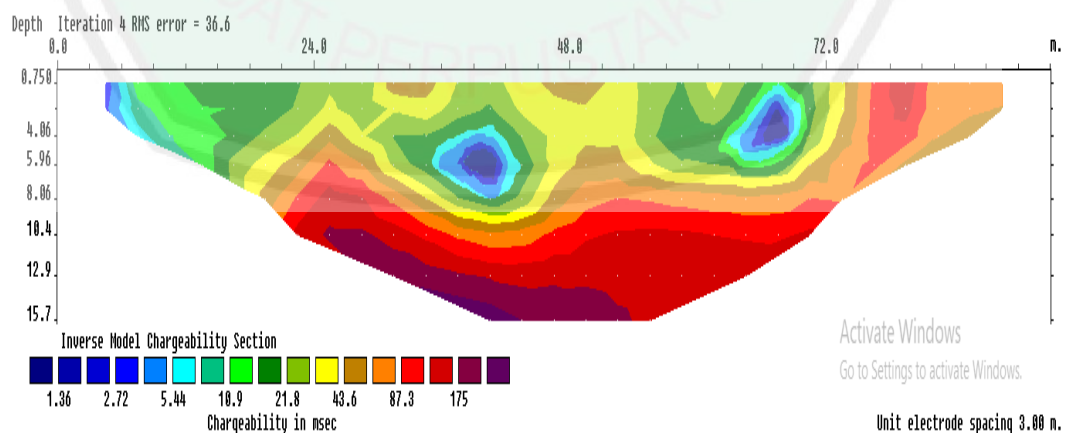
Berdasarkan hasil interpretasi lapisan bawah permukaan pada pemodelan ditunjukkan pada tabel 4.1 yaitu:

Tabel 4.1 Hasil Interpretasi Lithologi pada Lintasan 1 (Telford. 1990).

No	Skala Warna	Nilai Chargeabilitas (ms)	Jenis Batuan/Material
1		0.208 – 11.5	Lempung, breksi, batubara
2		11.6 – 85.1	Lempung, breksi
3		85.2 – 232	Lempung, batu pasir, breksi gunungapi

4.2.2 Hasil Inversi Lintasan 2

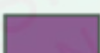
Lintasan 2 berada pada koordinat 08°.15.978' LS 111°.45.411' BT - 08°.16.012' LS 111°.45.374' BT. Setelah diolah dengan *software res2Dinv*, diperoleh nilai *chargeability* bawah permukaan antara 1.36 msec sampai 175 msec. Kedalaman yang terdeteksi yaitu hingga kedalaman 15.7 meter. Jumlah iterasi yang digunakan pada lintasan ini sebanyak 4 kali dengan *RMS error* 36.6 %.



Gambar 4.2 Model Penampang 2D Lintasan 2

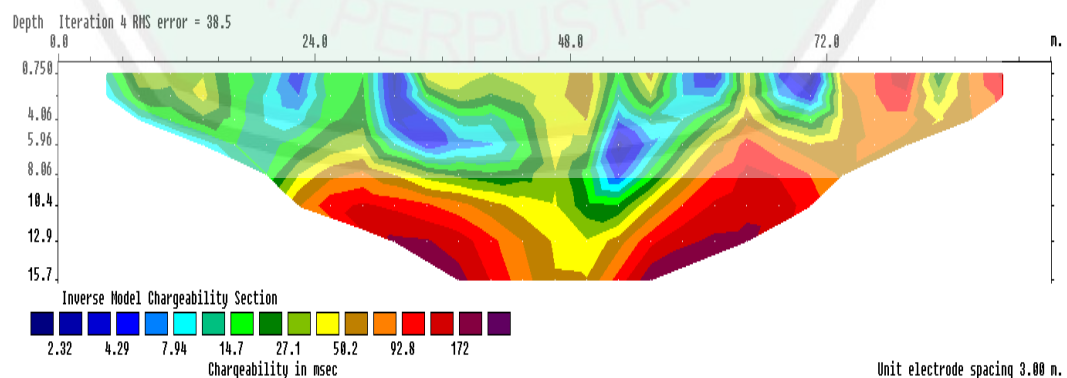
Berdasarkan hasil interpretasi lapisan bawah permukaan pada pemodelan ditunjukkan pada tabel 4.2 yaitu:

Tabel 4.2 Hasil Interpretasi Lithologi pada Lintasan 2 (Telford. 1990).

No	Skala Warna	Nilai Chargeabilitas (ms)	Jenis Batuan/Material
1	 - 	1,36 – 21,8	Lempung, breksi, batubara
2	 - 	21,9 – 87,3	Lempung
3	 - 	87,3 – 175	Lempung, batu pasir, breksi gunungapi

4.2.3 Hasil Inversi Lintasan 3

Lintasan 3 berada pada koordinat 08°.15.985' LS 111°.45.425' BT - 08°.16.010' LS 111°.45.387' BT. Setelah diolah dengan *software res2Dinv*, diperoleh nilai *chargeability* bawah permukaan antara 2.32 msec sampai 172 msec. Kedalaman yang terdeteksi yaitu hingga kedalaman 15.7 meter. Jumlah iterasi yang digunakan pada lintasan ini sebanyak 4 kali dengan *RMS error* 38.5 %.



Gambar 4.3 Model Penampang 2D Lintasan 3

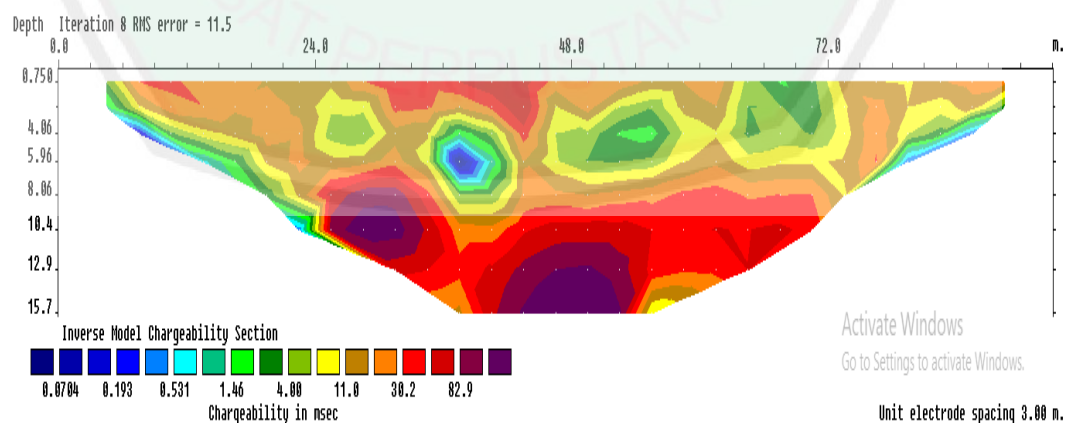
Berdasarkan hasil interpretasi lapisan bawah permukaan pada pemodelan ditunjukkan pada tabel 4.3 yaitu:

Tabel 4.3 Hasil Interpretasi Lithologi pada Lintasan 3 (Telford. 1990).

No	Skala Warna	Nilai Chargeabilitas (ms)	Jenis Batuan/Material
1	 - 	2,32 – 50,2	Lempung, breksi, batubara
2	 - 	50,3 – 92,8	Lempung,
3	 - 	92,9 – 172	Lempung, batu pasir, breksi gunungapi

4.2.4 Hasil Inversi Lintasan 4

Lintasan 4 berada pada koordinat 08°.15.985' LS 111°.45.369' BT - 08°.15.997' LS 111°.45.413' BT. Setelah diolah dengan *software res2Dinv*, diperoleh nilai *chargeability* bawah permukaan antara 0.0704 msec sampai 82.9 msec. Kedalaman yang terdeteksi yaitu hingga kedalaman 15.7 meter. Jumlah iterasi yang digunakan pada lintasan ini sebanyak 8 kali dengan *RMS error* 11.5%.



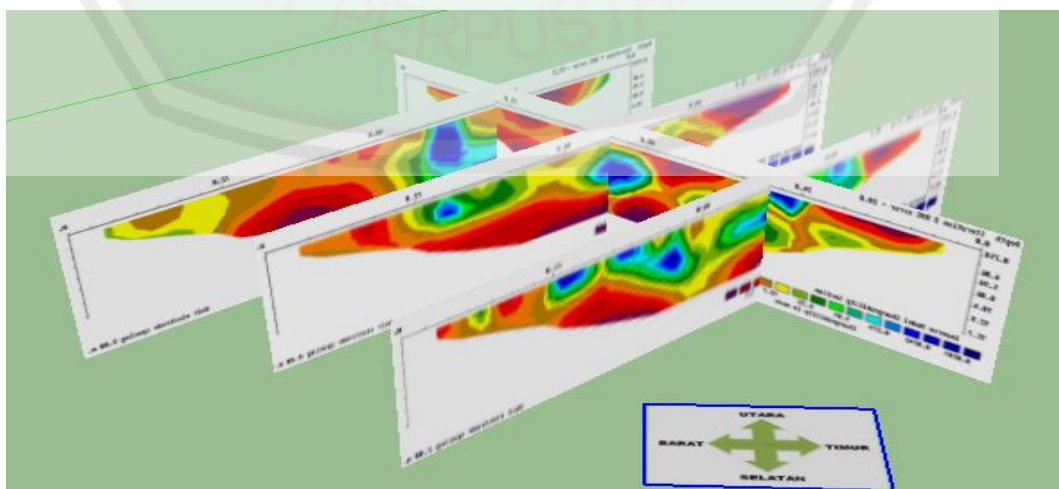
Gambar 4.4 Model Penampang 2D Lintasan 4

Berdasarkan hasil interpretasi lapisan bawah permukaan pada pemodelan ditunjukkan pada tabel 4.4 yaitu:

Tabel 4.4 Hasil Interpretasi Lithologi pada Lintasan 4 (Telford. 1990).

No	Skala Warna	Nilai Chargeabilitas (ms)	Jenis Batuan/Material
1	 - 	0.0704 – 4.00	Lempung, batubara
2	 - 	4.01 – 30.2	Lempung, breksi
3	 - 	30.3 – 82.9	Lempung

Dari hasil interpretasi data yang sudah dilakukan, dalam penelitian ini memiliki kedalaman rata-rata hingga 15,7 meter. Nilai *error* pada data geolistrik idealnya adalah dibawah 10 % untuk mengetahui keadaan yang sebenarnya dari area penelitian. Dalam penelitian ini nilai *error* yang dihasilkan pada semua line adalah diatas 10 %. Hasil pengolahan data yang menunjukkan nilai *error* yang tinggi biasa disebabkan oleh berbagai faktor terutama faktor cuaca atau kondisi alam.



Gambar 4.5 Pola Sebaran Batubara pada Lintasan 1,2, 3 dan 4.

Berdasarkan hasil dari pemodelan 3D dapat diketahui bahwa sebaran batubara berada disetiap lintasan. Jarak antara lintasan pertama dengan yang kedua adalah 30 meter sedangkan jarak antara lintasa kedua dengan lintasan ketiga adalah 25 meter. Lintasan keempat memotong lintasan pertama pada jarak 80 meter, pada lintasan kedua memotong pada jarak 50 meter dan lintasan ketiga memotong pada jarak 25 meter.

Pada lintasan pertama, lintasan menyebar dari arah utara - selatan dengan panjang 100 meter dan dengan kedalaman hingga 15.7 meter, sebaran batubara berada pada jarak 36 meter dari titik 0 meter pada kedalaman 5 meter. Pada lintasan kedua yang berarah dari utara – selatan dengan panjang lintasan 100 meter dan kedalaman hingga 15.7 meter menunjukkan sebaran batubara berada pada jarak 40 meter dari titik 0 meter dengan kedalaman 5 meter. Lintasan ketiga yang berarah dari utara – selatan dengan panjang 100 meter dan dengan kedalaman hingga 15.7 meter menunjukkan sebaran batubara pada jarak 30 meter dari titik 0 meter dengan kedalaman 5 meter. Sedangkan pada lintasan keempat yang berarah dari timur – barat dengan posisi memotong seluruh lintasan menunjukkan sebaran batubara pada jarak 40 meter dari titik 0 meter dengan kedalaman 5 meter. Ketebalan batubara yang terbaca yaitu dengan ketebalan 4 meter.

Daerah penelitian terdiri dari breksi, batu pasir, breksi gunung api, batubara dan lempung yang termasuk dalam katagori formasi Mandalika. Breksi gunung api berwarna kelabu kecoklatan hingga kelabu kehijauan, kompak, pejal; terdiri dari komponen andesit, dasit, diorite dan basal berukuran 3-30 cm, menyudut membundar tanggung, kemas tertutup, terpilah sangat buruk dan bermassa dan

bermassa dasar batu pasir tufan kasar. Sehingga besar batuannya berubah dan terkerosikan sehingga berwarna kehijauan. Tebalnya beragam dari 5-10 meter. Breksi gunung api umumnya menempati bagian tengah dan atas satuan. Batu pasir yang bersifat tuff merupakan sisipan dibagian bawah satuan. Tebalnya berkisar antara 20-50 cm dan sebagian besar juga mengalami perubahan sehingga berwarna kehijauan, kedua batuan ini saling berselang seling.

4.3 Lapisan Bumi Dalam Al-Qur'an

Sesuai dengan firman Allah SWT dalam al-Qur'an surat (Ath Thalaq ayat [7:12]).

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

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

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

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

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari pembahasan pada bab sebelumnya dimana data lapangan sudah dikumpulkan dan didapat pemodelan bawah permukaan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil interpretasi menunjukkan struktur bawah permukaan di area penelitian didominasi oleh batuan breksi, batu pasir, breksi gunung api, batubara dan lempung.
2. Potensi sebaran batubara di daerah “Klatak Kecamatan Besuki Kabupaten Tulungagung” memiliki arah sebaran batubara yaitu pada lintasan pertama pada koordinat $08^{\circ}.15.975'$ LS $111^{\circ}.45.394'$ BT - $08^{\circ}.16.008'$ LS $111^{\circ}.45.358'$ BT, sebaran batubara berada pada jarak 36 meter dari titik 0 meter pada kedalaman 5 meter, lintasan kedua berada pada koordinat $08^{\circ}.15.978'$ LS $111^{\circ}.45.411'$ BT - $08^{\circ}.16.012'$ LS $111^{\circ}.45.374'$ BT menunjukkan sebaran batubara berada pada jarak 40 meter dari titik 0 meter dengan kedalaman 5 meter, pada lintasan ketiga berada pada koordinat $08^{\circ}.15.985'$ LS $111^{\circ}.45.425'$ BT - $08^{\circ}.16.010'$ LS $111^{\circ}.45.387'$ BT menunjukkan sebaran batubara pada jarak 30 meter dari titik 0 meter dengan kedalaman 5 meter, sedangkan pada lintasan ke empat berada pada koordinat $08^{\circ}.15.985'$ LS $111^{\circ}.45.369'$ BT - $08^{\circ}.15.997'$ LS $111^{\circ}.45.413'$ BT dengan posisi memotong seluruh lintasan menunjukkan sebaran batubara pada jarak 50 meter dari titik 0 meter dengan kedalaman 5 meter.

5.2 Saran

Penelitian ini dilakukan hanya di beberapa singkapan yang terdapat pada area penelitian, masih ada beberapa singkapan yang lain untuk bisa diteliti lebih lanjut sehingga mendapatkan informasi yang lebih banyak terkait sebaran batubara di daerah penelitian.



DAFTAR PUSTAKA

- Al-Qur'an Al karim. 1989. *Al-Quran dan Terjemahnya*. Departemen Agama RI. Semarang: Toha Putera.
- Anggayana. K. 2002. *Genesa Batubara*. Bandung: Departemen teknik pertambangan. Institut Teknologi Bandung.
- Ariski, 2004. *Pendugaan Zona Endapan Mineral Logam (Emas) di Gunung Bujang, Jambi Berdasarkan Data Induced Polarization (IP)*. Universitas Brawijaya Malang.
- Aryaseta, B., Dwa D Warnana & A. Widodo. 2017. *Aplikasi Metode Induced Polarization untuk Mengidentifikasi Akifer di Daerah Sutorejo Surabaya*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Vol,6 No, 1.
- Diesel, C.F.K. 1992. Coal Bearing Depositional System. Berlin: Spingger-Verlag.
- Eddy, Hadrian. 2010. *Pemodelan Data IP-Resistivity dan Magnetik untuk Melokalisir Endapan Nikel Laterit di daerah "LTD" Sulawesi Tenggara*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Program Studi Fisika Universitas Indonesia (FMIPA UI).
- Horne, J.C. 1978. *Depositional Models in Coals Exploration and Mine Planning Applachian Region*, APPG Bulletin. v.62. p. 2379 – 2411.
- Irwandy. 2014. *Batubara Indonesia*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Katsir, Tafsir Ibnu. 2004. *Tafsir Ibnu Katsir Jilid 7*. Bogor: Pustaka Imam Asy-Syafi'i.
- Loke, M.H. 2004. *Tutorial 2-D and 3-D Eletrical ImagingSurveys*. Penang: Geotomo Software.
- Loke, M.H. & R.D Barker. 1996. *Rapid Least-square Inversion of Apparent Resistivity Pseudosection by A Quast Newton Method*. Geophysical Prospecting, Vol. 44.
- Milsom, J. 2003. *Field Geophysic, 3rd Editional*, England: Jhon Willey and Sons Ltd.
- Nahrowi, T.Y., Suratman S. Namida & S. Hidayat. 1978. *Geologi Pegunungan Selatan, Jawa Timur*, PIT IX. Ikatan Ahli Geologi Indonesia.
- Purnamasari, Yunita. 2000. *Pembuatan Briket Dari Batubara Kualitas Rendah Dengan Proses Non Karbonisasi Dengan Menambahkan MgO dan MgCl₂*. Jawa Timur: UPN Veteran.

- Rahmawaty, Arifah. 2009. *Pendugaan Bidang Gelincir Tanah Longsor Berdasarkan Sifat Kelistrikan Bumi dengan Aplikasi Geolistrik Metode Tahanan Jenis Konfigurasi Schlumberger*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Program Studi Fisika Universitas Negeri Semarang.
- Reynolds, J.M. 1997. *An Introduction to Applied and Enviromental Geophysic*. New York: Jhon Willey & Sons.
- Samodra, H. & S. Gafoer. 1992. *Laporan Geologi Lembar Pacitan, Jawa, skala 1:100.000*. Bandung: Pusat penelitian dan Pengembangan Geologi. (Laporan terbuka).
- Sulistiyowati, 2009. *Penentuan Letak dan Penentuan Akuifer Air Tanah dengan Geolistrik Metode Tahanan Jenis*. Tugas Akhir. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Sudarsono, A.S. 2000. *Pengantar Preparasi dan Pencucian Batubara*. Bandung: ITB.
- Sukandarrumidi. 1995. *Batubara dan Gambut*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Telford, M. W., Gerdart, L. P., Sheriff, R. E, Keys, D. A. 1990. *Applied Geophysics*. USA: Cambrige University 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

Lampiran 1**Data Hasil Penelitian**

Località : BatuBara1
 quota : 93
 konfigurasi : Wenner
 alpha
 intervallo : 3
 note : tanah basah LINE 1

<u>mis</u>	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>M</u>	<u>N</u>	<u>I</u> (mA)	<u>V</u> (mV)	<u>PS</u> (mV)	<u>r</u> (O*m)	<u>var</u>	<u>M</u> (ms)
1	1	4	2	3	2500	471	-143	4	0	4
2	2	5	3	4	2500	298	79	2	0	9
3	3	6	4	5	2500	161	-135	1	0	76
4	4	7	5	6	2500	205	40	2	0	37
5	5	8	6	7	2500	17	-327	0	0	811
6	6	9	7	8	2500	290	-61	2	0	211
7	7	10	8	9	2500	6	0	0	0	483
8	8	11	9	10	2500	8	20	0	0	1776
9	9	12	10	11	2500	241	102	2	0	10
10	10	13	11	12	2500	262	-109	2	0	51
11	11	14	12	13	2500	299	-135	2	0	39
12	12	15	13	14	2500	225	-315	2	0	37
13	13	16	14	15	2500	206	20	2	0	63
14	14	17	15	16	2500	189	-126	1	0	60
15	15	18	16	17	2500	135	-158	1	0	92
16	16	19	17	18	2500	119	-183	1	0	136
17	17	20	18	19	2500	169	-278	1	0	27
18	18	21	19	20	2500	68	26	1	0	205
19	19	22	20	21	2500	119	-140	1	0	71
20	20	23	21	22	2500	142	-235	1	0	65
21	21	24	22	23	2500	146	-116	1	0	52
22	22	25	23	24	2500	160	-104	1	0	46
23	23	26	24	25	2500	174	-152	1	0	42
24	24	27	25	26	2500	186	-124	1	0	34
25	25	28	26	27	2500	212	-62	2	0	30
26	26	29	27	28	2500	149	-5	1	0	56
27	27	30	28	29	2500	195	-122	1	0	36
28	28	31	29	30	2500	181	-99	1	0	38
29	29	32	30	31	2500	148	-88	1	0	41
30	1	7	3	5	2500	48	13	1	0	18
31	2	8	4	6	2500	5	15	0	0	34
32	3	9	5	7	2500	50	-137	1	0	103
33	4	10	6	8	2500	287	0	4	0	253
34	5	11	7	9	2500	128	-200	2	0	19
35	6	12	8	10	2500	5	1	0	0	92
36	7	13	9	11	2500	37	56	1	0	52
37	8	14	10	12	2500	2	170	0	0	676
38	9	15	11	13	2500	82	107	1	0	6

39	10	16	12	14	2500	80	-33	1	0	7
40	11	17	13	15	2500	84	-45	1	0	23
41	12	18	14	16	2500	54	27	1	0	46
42	13	19	15	17	2500	82	-104	1	0	61
43	14	20	16	18	2500	64	-238	1	0	94
44	15	21	17	19	2500	46	-281	1	0	68
45	16	22	18	20	2500	61	-52	1	0	82
46	17	23	19	21	2500	71	-39	1	0	48
47	18	24	20	22	2500	45	-275	1	0	66
48	19	25	21	23	2500	65	-102	1	0	40
49	20	26	22	24	2500	62	13	1	0	34
50	21	27	23	25	2500	81	-183	1	0	32
51	22	28	24	26	2500	89	-278	1	0	29
52	23	29	25	27	2500	82	-48	1	0	28
53	24	30	26	28	2500	93	116	1	0	28
54	25	31	27	29	210	180	-32	32	0	18
55	26	32	28	30	180	139	-177	29	0	15
56	1	10	4	7	486	237	-78	31	14	19
57	2	11	5	8	662	850	-11	73	4	187
58	3	12	6	9	682	27	-91	2	0	16
59	4	13	7	10	677	77	-102	6	0	52
60	5	14	8	11	692	13	2	1	0	57
61	6	15	9	12	686	31	71	3	0	15
62	7	16	10	13	672	14	-32	1	0	112
63	8	17	11	14	686	5	-132	0	0	2191
64	9	18	12	15	687	22	-24	2	0	54
65	10	19	13	16	686	28	88	2	0	11
66	11	20	14	17	681	42	253	3	0	24
67	12	21	15	18	696	34	-176	3	0	63
68	13	22	16	19	686	36	-236	3	0	57
69	14	23	17	20	691	34	-104	3	0	82
70	15	24	18	21	681	40	-82	3	0	70
71	16	25	19	22	686	37	-145	3	0	46
72	17	26	20	23	696	29	-239	2	0	76
73	18	27	21	24	691	23	-135	2	0	72
74	19	28	22	25	682	44	-228	4	0	27
75	20	29	23	26	681	47	-321	4	0	23
76	21	30	24	27	681	50	-195	4	0	16
77	22	31	25	28	676	45	84	4	0	27
78	23	32	26	29	691	50	43	4	0	18
79	1	13	5	9	686	26	-23	3	0	15
80	2	14	6	10	696	19	57	2	0	8
81	3	15	7	11	691	11	-11	1	0	18
82	4	16	8	12	681	16	2	2	0	55
83	5	17	9	13	686	17	53	2	0	35
84	6	18	10	14	686	11	-242	1	0	96
85	7	19	11	15	681	6	53	1	0	68
86	8	20	12	16	676	2	-30	0	0	2642
87	9	21	13	17	681	13	53	1	0	61
88	10	22	14	18	676	12	-30	1	0	99

89	11	23	15	19	687	23	-104	3	0	22
90	12	24	16	20	686	23	47	3	0	39
91	13	25	17	21	686	20	-138	2	0	32
92	14	26	18	22	682	18	-60	2	0	40
93	15	27	19	23	686	21	-70	2	0	72
94	16	28	20	24	676	26	-356	3	0	74
95	17	29	21	25	696	26	-395	3	0	48
96	18	30	22	26	681	17	-330	2	0	69
97	19	31	23	27	696	30	-323	3	0	34
98	20	32	24	28	696	34	-118	4	0	26
99	1	16	6	11	672	13	-30	2	0	24
100	2	17	7	12	691	9	92	1	0	54
101	3	18	8	13	677	9	2	1	0	56
102	4	19	9	14	691	20	34	3	0	15
103	5	20	10	15	686	11	39	2	0	27
104	6	21	11	16	681	9	138	1	0	69
105	7	22	12	17	681	4	9	1	0	148
106	8	23	13	18	676	12	-179	2	0	2438
107	9	24	14	19	681	7	-141	1	0	247
108	10	25	15	20	681	10	-24	1	0	129
109	11	26	16	21	686	12	-217	2	0	66
110	12	27	17	22	682	12	-231	2	0	68
111	13	28	18	23	686	16	44	2	0	15
112	14	29	19	24	686	16	-74	2	0	28
113	15	30	20	25	691	21	-465	3	0	55
114	16	31	21	26	691	21	-375	3	0	56
115	17	32	22	27	681	23	-255	3	0	41
116	1	19	7	13	1047	8	102	1	0	76
117	2	20	8	14	681	18	2	3	0	1243
118	3	21	9	15	682	3	146	1	0	151
119	4	22	10	16	686	14	184	2	0	54
120	5	23	11	17	681	9	157	1	0	95
121	6	24	12	18	676	7	-168	1	0	89
122	7	25	13	19	676	3	-221	0	0	401
123	8	26	14	20	691	3	46	0	0	2216
124	9	27	15	21	681	5	-151	1	0	134
125	10	28	16	22	686	6	-423	1	0	217
126	11	29	17	23	691	9	-240	1	0	117
127	12	30	18	24	691	11	-99	2	0	47
128	13	31	19	25	691	13	-236	2	0	44
129	14	32	20	26	681	14	-390	2	0	33
130	1	22	8	15	686	18	2	3	0	151
131	2	23	9	16	691	5	164	1	0	58
132	3	24	10	17	681	3	87	1	0	48
133	4	25	11	18	686	11	-100	2	0	54
134	5	26	12	19	691	5	-223	1	0	146
135	6	27	13	20	686	4	-35	1	0	130
136	7	28	14	21	691	2	-70	0	0	394
137	8	29	15	22	676	3	-275	1	0	2502
138	9	30	16	23	677	4	-253	1	0	182

139	10	31	17	24	691	5	-241	1	0	106
140	11	32	18	25	691	9	-324	2	0	107
141	1	25	9	17	686	5	19	1	0	568
142	2	26	10	18	677	3	-128	1	0	544
143	3	27	11	19	667	2	-186	1	0	957
144	4	28	12	20	681	11	-13	2	0	25
145	5	29	13	21	681	6	-96	1	0	45
146	6	30	14	22	686	4	-155	1	0	117
147	7	31	15	23	662	2	-123	0	0	187
148	8	32	16	24	681	4	-253	1	0	1811
149	1	28	10	19	681	4	-82	1	0	70
150	2	29	11	20	676	3	40	1	0	87
151	3	30	12	21	691	2	-92	0	0	116
152	4	31	13	22	672	10	-207	2	0	34
153	5	32	14	23	672	5	-47	1	0	47
154	1	31	11	21	647	4	-42	1	0	65
155	2	32	12	22	667	3	-206	1	0	112

Località : BATUBARA
 riferimento :
 quota : 193
 configurazione : Wenner alpha
 intervallo : 3
 note : LINE2

<u>mis</u>	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>M</u>	<u>N</u>	<u>I</u> (mA)	<u>V</u> (mV)	<u>PS</u> (mV)	<u>r</u> (Ω*m)	<u>var</u>	<u>M</u> (ms)
1	1	4	2	3	120	820	82	129	0	1
2	2	5	3	4	107	687	-132	121	0	10
3	3	6	4	5	180	1496	-262	157	1	5
4	4	7	5	6	102	783	-340	145	1	21
5	5	8	6	7	120	1333	-6	209	1	12
6	6	9	7	8	195	1372	-179	133	0	15
7	7	10	8	9	171	1687	-333	185	1	6
8	8	11	9	10	107	286	-152	50	1	38
9	9	12	10	11	183	581	123	60	0	26
10	10	13	11	12	104	180	-325	33	0	53

11	11	14	12	13	190	287	-112	29	0	35
12	12	15	13	14	180	251	-213	26	0	28
13	13	16	14	15	101	141	-101	26	0	53
14	14	17	15	16	179	313	-51	33	0	27
15	15	18	16	17	149	270	-91	34	1	49
16	16	19	17	18	176	273	-122	29	0	41
17	17	20	18	19	162	288	-146	33	0	26
18	18	21	19	20	158	215	-177	26	0	47
19	19	22	20	21	153	187	-3	23	0	57
20	20	23	21	22	135	193	-143	27	0	49
21	21	24	22	23	159	196	-87	23	0	47
22	22	25	23	24	130	189	-77	27	0	54
23	23	26	24	25	170	210	-144	23	0	45
24	24	27	25	26	144	201	-100	26	0	39
25	25	28	26	27	110	117	-128	20	1	103
26	26	29	27	28	119	130	56	21	1	156
27	27	30	28	29	173	179	-386	20	0	17
28	28	31	29	30	135	122	-101	17	0	62
29	29	32	30	31	107	97	-45	17	0	93
30	1	7	3	5	134	261	-46	74	0	10
31	2	8	4	6	136	249	-69	69	0	4
32	3	9	5	7	142	174	-277	46	0	28
33	4	10	6	8	151	231	-211	58	1	30
34	5	11	7	9	158	335	15	80	0	11
35	6	12	8	10	203	375	-192	70	0	11
36	7	13	9	11	171	158	35	35	0	34
37	8	14	10	12	212	177	-56	31	0	24
38	9	15	11	13	165	152	-262	35	0	43
39	10	16	12	14	101	67	-276	25	0	23
40	11	17	13	15	109	58	-282	20	0	13
41	12	18	14	16	164	95	-63	22	0	19
42	13	19	15	17	180	115	20	24	0	27
43	14	20	16	18	151	86	-38	21	0	42
44	15	21	17	19	173	89	-132	19	0	26
45	16	22	18	20	162	83	-119	19	0	20
46	17	23	19	21	156	73	-57	18	0	35
47	18	24	20	22	138	67	-51	18	0	38
48	19	25	21	23	139	73	-89	20	0	31
49	20	26	22	24	177	84	-12	18	0	37
50	21	27	23	25	166	76	-34	17	0	34
51	22	28	24	26	119	63	-108	20	0	33
52	23	29	25	27	211	107	-92	19	0	27
53	24	30	26	28	166	77	186	18	0	69
54	25	31	27	29	149	73	-52	18	0	32
55	26	32	28	30	105	53	-422	19	0	14
56	1	10	4	7	109	40	-98	21	0	31
57	2	11	5	8	184	61	54	19	0	21
58	3	12	6	9	153	85	24	31	0	1
59	4	13	7	10	151	99	-68	37	0	32
60	5	14	8	11	151	118	13	44	0	26

61	6	15	9	12	194	88	-117	26	0	46
62	7	16	10	13	170	67	-158	22	0	50
63	8	17	11	14	103	33	-443	18	0	58
64	9	18	12	15	151	50	-336	19	0	30
65	10	19	13	16	181	50	-275	16	0	15
66	11	20	14	17	171	50	12	17	0	30
67	12	21	15	18	101	30	-48	17	0	56
68	13	22	16	19	166	51	-38	17	0	30
69	14	23	17	20	146	41	-195	16	0	26
70	15	24	18	21	150	38	-6	14	0	22
71	16	25	19	22	147	39	-79	15	0	31
72	17	26	20	23	114	28	-56	14	0	50
73	18	27	21	24	143	36	-90	14	0	45
74	19	28	22	25	127	32	-31	14	0	46
75	20	29	23	26	100	26	66	15	0	42
76	21	30	24	27	102	25	-134	14	0	55
77	22	31	25	28	166	46	193	16	0	53
78	23	32	26	29	148	42	-178	16	0	30
79	1	13	5	9	108	23	57	16	1	67
80	2	14	6	10	174	39	73	17	0	12
81	3	15	7	11	140	42	242	22	0	3
82	4	16	8	12	150	51	107	25	0	10
83	5	17	9	13	156	36	-90	18	0	64
84	6	18	10	14	186	36	-336	15	0	61
85	7	19	11	15	166	25	-577	11	0	87
86	8	20	12	16	202	31	-442	12	0	61
87	9	21	13	17	176	35	-177	15	0	66
88	10	22	14	18	167	32	-98	15	0	29
89	11	23	15	19	164	35	36	16	0	27
90	12	24	16	20	165	34	-61	15	0	30
91	13	25	17	21	149	28	-154	14	0	40
92	14	26	18	22	104	18	-78	13	0	47
93	15	27	19	23	156	26	-123	13	0	38
94	16	28	20	24	133	22	-67	13	0	36
95	17	29	21	25	112	19	-139	13	0	49
96	18	30	22	26	165	25	34	11	0	26
97	19	31	23	27	180	29	-98	12	0	28
98	20	32	24	28	153	27	234	13	0	54
99	1	16	6	11	107	16	232	14	0	33
100	2	17	7	12	180	26	163	14	0	28
101	3	18	8	13	130	22	65	16	0	20
102	4	19	9	14	147	17	-3	11	0	39
103	5	20	10	15	146	17	-55	11	0	44
104	6	21	11	16	199	20	-448	10	0	83
105	7	22	12	17	161	17	-301	10	0	123
106	8	23	13	18	198	24	-341	11	0	58
107	9	24	14	19	153	24	-264	15	0	59
108	10	25	15	20	150	25	-273	16	0	56
109	11	26	16	21	123	18	-112	14	0	42
110	12	27	17	22	172	25	-216	14	0	23

111	13	28	18	23	136	19	-124	13	0	37
112	14	29	19	24	107	14	-110	13	0	48
113	15	30	20	25	182	20	-78	10	0	31
114	16	31	21	26	101	12	19	11	0	47
115	17	32	22	27	182	22	-65	11	0	33
116	1	19	7	13	103	11	139	13	0	78
117	2	20	8	14	167	16	56	11	0	105
118	3	21	9	15	148	14	-14	10	0	81
119	4	22	10	16	143	12	11	9	0	133
120	5	23	11	17	144	13	-180	10	0	95
121	6	24	12	18	187	16	-291	9	0	83
122	7	25	13	19	155	13	-309	10	0	104
123	8	26	14	20	110	11	-324	11	0	109
124	9	27	15	21	159	21	-254	15	0	60
125	10	28	16	22	136	18	-335	15	0	71
126	11	29	17	23	117	15	-364	15	0	77
127	12	30	18	24	107	11	-134	12	0	80
128	13	31	19	25	104	10	-89	11	0	56
129	14	32	20	26	168	16	88	11	0	23
130	1	22	8	15	209	18	-30	11	0	28
131	2	23	9	16	165	10	-71	8	0	55
132	3	24	10	17	131	11	-57	11	0	57
133	4	25	11	18	137	12	-410	11	0	126
134	5	26	12	19	162	10	-334	8	0	164
135	6	27	13	20	190	14	-337	10	0	94
136	7	28	14	21	1322	12	-198	2	2	114
137	8	29	15	22	662	4	-271	1	0	242
138	9	30	16	23	662	9	-317	2	0	119
139	10	31	17	24	652	10	-286	2	0	137
140	11	32	18	25	662	9	-130	2	0	83
141	1	25	9	17	667	3	-132	1	0	868
142	2	26	10	18	672	2	-303	1	0	894
143	3	27	11	19	672	6	-478	1	0	416
144	4	28	12	20	672	2	-313	0	0	254
145	5	29	13	21	672	2	-222	0	0	242
146	6	30	14	22	686	3	-227	1	0	168
147	7	31	15	23	657	2	-235	1	0	189
148	8	32	16	24	553	14	-142	4	1	51
149	1	28	10	19	655	3	-186	1	0	81
150	2	29	11	20	667	2	-389	0	0	204
151	3	30	12	21	657	5	-199	1	0	60
152	4	31	13	22	657	2	-251	1	0	153
153	5	32	14	23	652	2	-184	0	0	157
154	1	31	11	21	109	6	-301	11	0	59
155	2	32	12	22	175	16	-246	17	0	176

Località : BATUBARA
 riferimento :
 quota : 96
 configurazione : Wenner alpha
 intervallo : 3
 note : Line3

<u>mis</u>	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>M</u>	<u>N</u>	<u>I (mA)</u>	<u>V (mV)</u>	<u>PS (mV)</u>	<u>r (O*m)</u>	<u>var</u>	<u>M (ms)</u>
1	1	4	2	3	105	288	-81	52	0	10
2	2	5	3	4	118	541	-23	86	0	14
3	3	6	4	5	110	695	-206	119	0	44
4	4	7	5	6	166	1033	-211	117	0	29
5	5	8	6	7	111	1009	-235	172	0	19
6	6	9	7	8	153	1108	-81	137	0	17
7	7	10	8	9	119	897	-218	143	0	13
8	8	11	9	10	132	871	-34	124	0	18
9	9	12	10	11	175	787	-74	85	0	18
10	10	13	11	12	179	1779	-86	187	0	9
11	11	14	12	13	111	230	-102	39	0	65
12	12	15	13	14	112	774	3	130	0	22
13	13	16	14	15	120	427	-124	67	0	27
14	14	17	15	16	111	217	-163	37	0	46
15	15	18	16	17	173	506	62	55	0	33
16	16	19	17	18	124	246	-296	37	0	28
17	17	20	18	19	184	537	95	55	0	25
18	18	21	19	20	140	361	32	49	0	67
19	19	22	20	21	130	474	-209	69	0	39
20	20	23	21	22	111	246	-303	42	0	8
21	21	24	22	23	164	361	42	42	0	28
22	22	25	23	24	113	287	-51	48	0	35
23	23	26	24	25	133	260	-59	37	0	28
24	24	27	25	26	128	195	-65	29	0	69
25	25	28	26	27	120	163	-60	26	0	41
26	26	29	27	28	121	112	22	18	0	141
27	27	30	28	29	158	131	-245	16	0	22
28	28	31	29	30	142	105	29	14	0	84

29	29	32	30	31	119	97	-67	15	0	107
30	1	7	3	5	119	107	48	34	0	11
31	2	8	4	6	109	166	-52	57	0	8
32	3	9	5	7	163	350	-293	81	0	33
33	4	10	6	8	105	233	-276	84	0	42
34	5	11	7	9	145	273	-194	71	0	14
35	6	12	8	10	167	280	-108	63	0	18
36	7	13	9	11	153	383	-15	95	0	15
37	8	14	10	12	146	492	13	127	0	16
38	9	15	11	13	163	340	101	78	0	26
39	10	16	12	14	159	208	-31	49	0	40
40	11	17	13	15	184	309	-160	63	0	15
41	12	18	14	16	186	357	-222	72	0	17
42	13	19	15	17	152	186	-66	46	0	32
43	14	20	16	18	111	137	-210	47	0	24
44	15	21	17	19	155	167	-75	41	0	28
45	16	22	18	20	106	122	221	43	0	60
46	17	23	19	21	111	184	-76	62	0	47
47	18	24	20	22	184	219	-359	45	0	16
48	19	25	21	23	134	97	-160	27	0	32
49	20	26	22	24	111	102	51	35	0	54
50	21	27	23	25	171	229	-67	51	0	21
51	22	28	24	26	116	110	-36	36	0	37
52	23	29	25	27	120	82	28	26	0	78
53	24	30	26	28	145	95	71	25	0	94
54	25	31	27	29	137	73	-200	20	0	56
55	26	32	28	30	131	60	-214	17	0	31
56	1	10	4	7	134	125	-95	53	0	17
57	2	11	5	8	142	127	-18	51	0	3
58	3	12	6	9	180	87	-30	28	0	13
59	4	13	7	10	114	67	-257	33	0	85
60	5	14	8	11	162	108	-303	38	0	52
61	6	15	9	12	163	180	-93	63	0	50
62	7	16	10	13	138	167	296	68	0	3
63	8	17	11	14	132	155	143	66	0	37
64	9	18	12	15	146	109	-91	42	0	35
65	10	19	13	16	183	140	-308	43	0	45
66	11	20	14	17	183	122	-84	38	0	30
67	12	21	15	18	165	118	-326	41	0	23
68	13	22	16	19	125	82	62	37	0	35
69	14	23	17	20	132	102	-84	44	0	54
70	15	24	18	21	110	96	129	49	0	40
71	16	25	19	22	109	66	-395	34	0	46
72	17	26	20	23	111	51	-259	26	0	52
73	18	27	21	24	193	69	-122	20	0	53
74	19	28	22	25	138	57	126	23	0	43
75	20	29	23	26	102	53	-11	29	0	33
76	21	30	24	27	183	108	-71	33	0	38
77	22	31	25	28	132	56	-17	24	0	96
78	23	32	26	29	130	45	-172	20	0	69

79	1	13	5	9	180	65	-61	27	0	16
80	2	14	6	10	159	47	-20	22	0	12
81	3	15	7	11	175	43	20	19	0	22
82	4	16	8	12	111	45	33	31	0	11
83	5	17	9	13	145	57	105	30	0	68
84	6	18	10	14	155	83	20	40	0	62
85	7	19	11	15	156	94	-1	45	0	40
86	8	20	12	16	132	49	-129	28	0	77
87	9	21	13	17	133	53	-162	30	0	60
88	10	22	14	18	164	56	-392	26	0	39
89	11	23	15	19	111	40	6	27	0	39
90	12	24	16	20	121	63	-17	39	0	60
91	13	25	17	21	129	59	-192	34	0	58
92	14	26	18	22	133	56	-63	32	0	32
93	15	27	19	23	117	39	-280	25	0	88
94	16	28	20	24	112	30	-316	20	0	83
95	17	29	21	25	103	23	-294	17	0	62
96	18	30	22	26	110	24	12	16	0	105
97	19	31	23	27	164	44	-113	20	0	54
98	20	32	24	28	109	30	81	21	0	133
99	1	16	6	11	161	28	49	16	0	109
100	2	17	7	12	143	35	129	23	0	12
101	3	18	8	13	167	34	200	19	0	14
102	4	19	9	14	114	23	146	19	0	21
103	5	20	10	15	145	33	125	21	0	5
104	6	21	11	16	149	35	-86	22	0	114
105	7	22	12	17	141	31	-86	21	0	86
106	8	23	13	18	146	39	-511	25	0	78
107	9	24	14	19	173	43	-2	23	0	22
108	10	25	15	20	167	38	-107	21	0	96
109	11	26	16	21	111	29	-138	24	0	86
110	12	27	17	22	129	38	-411	27	0	53
111	13	28	18	23	133	32	2	23	0	62
112	14	29	19	24	120	28	-407	22	0	113
113	15	30	20	25	130	25	-373	18	0	51
114	16	31	21	26	127	18	-176	13	0	62
115	17	32	22	27	110	17	48	15	0	107
116	1	19	7	13	185	25	275	15	0	67
117	2	20	8	14	142	19	123	15	0	83
118	3	21	9	15	160	19	146	14	0	100
119	4	22	10	16	111	12	130	13	0	201
120	5	23	11	17	162	24	135	17	0	76
121	6	24	12	18	166	17	-325	11	0	190
122	7	25	13	19	144	27	-138	21	0	95
123	8	26	14	20	146	26	-156	20	0	137
124	9	27	15	21	181	30	-244	19	0	114
125	10	28	16	22	170	27	-396	18	0	87
126	11	29	17	23	102	15	-390	17	0	210
127	12	30	18	24	147	27	-60	21	0	83
128	13	31	19	25	156	24	-395	18	0	62

129	14	32	20	26	130	19	-282	16	0	62
130	1	22	8	15	165	19	12	15	0	202
131	2	23	9	16	159	17	50	14	0	105
132	3	24	10	17	180	19	103	14	0	63
133	4	25	11	18	111	14	-231	16	0	298
134	5	26	12	19	162	17	-46	14	0	106
135	6	27	13	20	169	20	-192	15	0	109
136	7	28	14	21	146	18	-239	16	0	72
137	8	29	15	22	138	16	-420	15	0	112
138	9	30	16	23	102	11	-325	14	0	183
139	10	31	17	24	186	20	-313	14	0	126
140	11	32	18	25	109	12	3	15	0	69
141	1	25	9	17	168	17	-17	15	0	380
142	2	26	10	18	159	14	-225	13	0	370
143	3	27	11	19	183	18	-5	15	0	295
144	4	28	12	20	112	8	-55	10	0	86
145	5	29	13	21	153	14	-287	14	0	38
146	6	30	14	22	173	10	-406	9	0	158
147	7	31	15	23	158	12	-265	12	0	82
148	8	32	16	24	145	12	-201	13	0	68
149	1	28	10	19	172	15	145	15	0	47
150	2	29	11	20	150	13	30	15	0	82
151	3	30	12	21	189	10	-194	9	0	198
152	4	31	13	22	114	10	-459	15	0	212
153	5	32	14	23	160	10	-276	11	0	78
154	1	31	11	21	187	14	-111	14	0	49
155	2	32	12	22	157	10	-365	12	0	72

Località : BATUBARA
 riferimento :
 quota : 193
 configurazione : Wenner alpha
 intervallo : 3

note : cross

<u>mis</u>	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>M</u>	<u>N</u>	<u>I (mA)</u>	<u>V (mV)</u>	<u>PS (mV)</u>	<u>r (O*m)</u>	<u>var</u>	<u>M (ms)</u>
1	1	4	2	3	256	977	-184	72	0	3
2	2	5	3	4	192	697	-182	68	0	12
3	3	6	4	5	161	607	-276	71	0	24
4	4	7	5	6	205	680	-128	63	0	18
5	5	8	6	7	159	492	-166	58	0	24
6	6	9	7	8	291	753	-197	49	0	14
7	7	10	8	9	281	797	-69	53	1	24
8	8	11	9	10	161	499	-183	59	0	20
9	9	12	10	11	180	446	-135	47	0	25
10	10	13	11	12	261	509	-139	37	0	24
11	11	14	12	13	184	343	-182	35	0	34
12	12	15	13	14	226	309	-5	26	0	51
13	13	16	14	15	168	229	-260	26	0	50
14	14	17	15	16	198	353	-115	34	0	37
15	15	18	16	17	171	346	-236	38	0	34
16	16	19	17	18	284	926	-123	61	0	14
17	17	20	18	19	272	1450	-101	100	1	16
18	18	21	19	20	156	828	-308	100	1	16
19	19	22	20	21	233	1472	-41	119	1	12
20	20	23	21	22	203	1199	-212	111	2	23
21	21	24	22	23	196	1124	-274	108	0	10
22	22	25	23	24	284	1503	-269	100	0	6
23	23	26	24	25	252	1642	-123	123	0	8
24	24	27	25	26	196	966	-89	93	0	17
25	25	28	26	27	151	1041	-16	130	1	15
26	26	29	27	28	224	1232	-212	104	0	11
27	27	30	28	29	151	1290	-246	161	1	14
28	28	31	29	30	293	2003	-235	129	0	7
29	29	32	30	31	214	1432	-116	126	0	10
30	1	7	3	5	224	393	-19	66	0	2
31	2	8	4	6	194	331	-83	64	0	2
32	3	9	5	7	172	268	-352	59	0	25
33	4	10	6	8	150	202	-416	51	0	29
34	5	11	7	9	159	192	-68	46	0	23
35	6	12	8	10	167	239	-16	54	0	14
36	7	13	9	11	165	196	-77	45	0	15
37	8	14	10	12	183	148	-110	31	0	22
38	9	15	11	13	186	133	-157	27	0	25
39	10	16	12	14	286	271	69	36	0	16
40	11	17	13	15	172	116	36	25	0	34
41	12	18	14	16	164	92	-199	21	0	52
42	13	19	15	17	260	190	-227	28	0	13
43	14	20	16	18	284	291	-126	39	0	10
44	15	21	17	19	210	301	41	54	0	16
45	16	22	18	20	287	407	-63	53	0	8
46	17	23	19	21	244	328	-95	51	0	11

47	18	24	20	22	161	234	26	55	0	27
48	19	25	21	23	282	576	-73	77	0	10
49	20	26	22	24	283	603	-180	80	0	6
50	21	27	23	25	188	400	-230	80	0	8
51	22	28	24	26	247	489	-128	75	0	13
52	23	29	25	27	171	339	75	75	0	14
53	24	30	26	28	156	313	-165	76	0	9
54	25	31	27	29	181	496	-91	103	0	6
55	26	32	28	30	190	495	-93	98	0	8
56	1	10	4	7	161	128	-93	45	0	6
57	2	11	5	8	194	123	7	36	0	4
58	3	12	6	9	204	126	43	35	0	1
59	4	13	7	10	180	121	-277	38	0	24
60	5	14	8	11	181	123	-256	38	0	32
61	6	15	9	12	173	101	-366	33	0	35
62	7	16	10	13	189	96	-163	29	0	18
63	8	17	11	14	171	63	26	21	0	26
64	9	18	12	15	286	103	58	20	0	21
65	10	19	13	16	233	87	15	21	0	23
66	11	20	14	17	261	96	-268	21	0	22
67	12	21	15	18	201	87	-154	25	0	27
68	13	22	16	19	263	165	-31	35	0	13
69	14	23	17	20	253	161	48	36	0	10
70	15	24	18	21	218	122	-49	32	0	15
71	16	25	19	22	191	101	48	30	0	30
72	17	26	20	23	196	126	7	36	0	23
73	18	27	21	24	156	113	-39	41	0	23
74	19	28	22	25	245	233	-295	54	0	7
75	20	29	23	26	184	159	-111	49	0	17
76	21	30	24	27	151	124	-78	47	0	20
77	22	31	25	28	279	235	-73	48	0	6
78	23	32	26	29	239	271	-110	64	0	5
79	1	13	5	9	194	68	44	26	0	8
80	2	14	6	10	227	79	-18	26	0	4
81	3	15	7	11	213	77	-7	27	0	3
82	4	16	8	12	209	74	28	26	0	3
83	5	17	9	13	170	60	-362	27	0	38
84	6	18	10	14	273	80	-125	22	0	26
85	7	19	11	15	280	64	-188	17	0	44
86	8	20	12	16	260	63	-257	18	0	37
87	9	21	13	17	169	38	-38	17	0	26
88	10	22	14	18	236	64	-123	21	0	29
89	11	23	15	19	234	80	-101	26	0	12
90	12	24	16	20	209	67	-34	24	0	16
91	13	25	17	21	166	50	93	23	0	30
92	14	26	18	22	211	65	69	23	0	16
93	15	27	19	23	210	68	36	24	0	24
94	16	28	20	24	152	54	-26	27	0	33
95	17	29	21	25	217	77	-198	27	0	14
96	18	30	22	26	264	92	-186	26	0	17

97	19	31	23	27	275	120	-184	33	0	11
98	20	32	24	28	267	118	-193	33	0	8
99	1	16	6	11	229	50	-10	20	0	18
100	2	17	7	12	210	41	29	19	0	8
101	3	18	8	13	157	34	14	20	0	14
102	4	19	9	14	298	64	2	20	0	9
103	5	20	10	15	258	50	83	18	0	10
104	6	21	11	16	157	26	-209	16	0	70
105	7	22	12	17	285	54	-316	18	0	29
106	8	23	13	18	234	44	-189	18	0	38
107	9	24	14	19	175	34	-192	19	0	44
108	10	25	15	20	284	60	-234	20	0	26
109	11	26	16	21	182	38	7	19	0	30
110	12	27	17	22	201	39	227	18	0	21
111	13	28	18	23	276	59	39	20	0	19
112	14	29	19	24	224	46	-20	19	0	23
113	15	30	20	25	165	32	-177	19	0	23
114	16	31	21	26	183	37	-55	19	0	38
115	17	32	22	27	179	38	-262	20	0	12
116	1	19	7	13	160	24	21	17	1	65
117	2	20	8	14	293	43	77	16	0	39
118	3	21	9	15	190	28	87	16	0	44
119	4	22	10	16	153	22	100	16	0	61
120	5	23	11	17	232	32	1	16	0	53
121	6	24	12	18	162	23	-81	16	0	23
122	7	25	13	19	187	28	-114	17	0	33
123	8	26	14	20	182	27	-216	17	0	49
124	9	27	15	21	169	25	-240	17	0	77
125	10	28	16	22	246	38	-62	18	0	37
126	11	29	17	23	210	32	-62	17	0	51
127	12	30	18	24	159	22	-51	15	0	44
128	13	31	19	25	159	22	-157	15	0	25
129	14	32	20	26	191	25	45	15	0	34
130	1	22	8	15	164	18	83	15	0	20
131	2	23	9	16	260	31	-7	16	0	16
132	3	24	10	17	198	21	-13	14	0	11
133	4	25	11	18	207	22	-38	14	0	23
134	5	26	12	19	180	22	-104	16	0	40
135	6	27	13	20	157	19	-101	16	0	37
136	7	28	14	21	298	37	-97	16	0	20
137	8	29	15	22	209	27	-100	17	0	55
138	9	30	16	23	280	32	-120	15	0	36
139	10	31	17	24	278	30	-77	14	0	35
140	11	32	18	25	167	18	-227	14	0	45
141	1	25	9	17	226	21	-154	14	1	218
142	2	26	10	18	225	21	-27	14	0	98
143	3	27	11	19	191	18	-109	14	0	154
144	4	28	12	20	163	18	-84	16	0	28
145	5	29	13	21	208	22	-16	16	0	21
146	6	30	14	22	267	26	36	15	0	31

147	7	31	15	23	179	17	-69	15	0	26
148	8	32	16	24	166	15	-81	14	0	17
149	1	28	10	19	175	15	10	14	0	23
150	2	29	11	20	230	21	-64	16	1	65
151	3	30	12	21	153	13	-36	14	0	15
152	4	31	13	22	197	17	107	14	0	25
153	5	32	14	23	165	13	13	14	0	30
154	1	31	11	21	215	15	-25	13	0	12
155	2	32	12	22	202	15	90	14	0	27



Lampiran 2

Dokumentasi Penelitian



Proses Akuisisi Data Geolistrik Induksi Polarisasi



Kegiatan Membentangkan Kabel Geolistrik



Kegiatan Pemasangan Elektroda



Kegiatan Akuisisi Data



KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Gajayana No.50 Malang 65144. Telp (0341) 551354

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Muhamad Zainul Muhlisin
NIM : 13640079
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Fisika
Judul Skripsi : Identifikasi Sebaran Batubara Menggunakan Metode Geolistrik Polarisasi Terinduksi (IP) (Studi Kasus Daerah Klatak Kecamatan Besuki Kabupaten Tulungagung)

Pembimbing : I. Drs. Abdul Basid, M.Si
II. Ahmad Abtokhi, M.Pd

No.	Tanggal	Materi	Tanda Tangan Pembimbing
1	5 November 2018	Konsultasi Bab 1-3	
3	14 November 2018	Konsultasi Bab 1-3	
4	11 Februari 2019	Konsultasi Bab 4	
5	20 Februari 2019	Revisi Bab 4	
6	6 Maret 2019	Konsultasi Bab 4	
7	12 Maret 2019	Revisi Bab 4	
8	27 Maret 2019	Konsultasi Bab 4 dan 5	
10	10 April 2019	Konsultasi Bab 1-5 + Abstrak	
11	8 Mei 2019	Konsultasi Kajian Al-Qur'an Bab 1-4	
12	13 Mei 2019	ACC Keseluruhan	

Malang, 26 Desember 2019

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika

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