



UNIVERSITAS INDONESIA

**METODE *CONTROLLED SOURCE AUDIO FREQUENCY*
MAGNETOTELLURIC (CSAMT) UNTUK EKSPLORASI
MINERAL EMAS DAERAH “A“ DENGAN DATA
PENDUKUNG METODE MAGNETIK DAN GEOLISTRIK**

SKRIPSI

ADITYA WIRA PERDANA

0606067963

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM STUDI FISIKA
DEPOK
JUNI 2011**



UNIVERSITAS INDONESIA

**METODE *CONTROLLED SOURCE AUDIO FREQUENCY*
MAGNETOTELLURIC (CSAMT) UNTUK EKSPLORASI
MINERAL EMAS DAERAH “A” DENGAN DATA
PENDUKUNG METODE MAGNETIK DAN GEOLISTRIK**

SKRIPSI

**Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Kelulusan
Memperoleh gelar Sarjana Sains**

ADITYA WIRA PERDANA

0606067963

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM STUDI FISIKA
DEPOK
JUNI 2011**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini merupakan hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan benar

Nama : Aditya Wira Perdana

NPM : 0606067963

Tanda Tangan : 

Tanggal : Juni 2011

HALAMAN PENGESAHAN

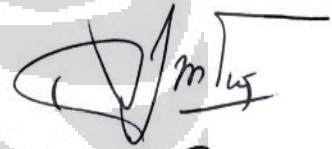
Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Aditya Wira Perdana
NPM : 0606067963
Program Studi : Fisika
Judul Skripsi : Metode *Controlled Source Audio Frequency Magnetotelluric* (CSAMT) Untuk Eksplorasi Mineral Emas Daerah "A" Dengan Data Pendukung Metode Magnetik dan Geolistrik

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika, Peminatan Geofisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Eng. H. Yunus Daud, M.Sc



Penguji 1 : Dr. Eng. Supriyanto



Penguji 2 : Ir. Ronal Afan, M.Si



Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 14 Juni 2011

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena berkat dan anugerahnya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul ” **Metode Controlled Source Audio Frequency Magnetotelluric (CSAMT) Untuk Eksplorasi Mineral Emas Daerah “A” Dengan Data Pendukung Metode Magnetik dan Geolistrik** ” . Penulisan tugas akhir ini ditulis sebagai salah satu syarat kelulusan program peminatan Geofisika Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia.

Dalam penulisan tugas akhir ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada orang-orang yang sangat berperan dalam penulisan ini kepada:

1. Bapak Dr. Yunus Daud selaku pembimbing yang telah memberikan bimbingan, saran, dan nasehat kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak M. Akbar, *geophysicist* PT. Antam yang telah meluangkan waktu di tengah-tengah kesibukannya untuk membimbing dan mengajari penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Rekan-rekan di PT. Aneka Tambang Tbk. khususnya Unit Geomin, Pak Joko, Pak Uhi, Ka Harry ,Mas Satria, Bang Ganjar, Mas Wahyu,dan Kang Dayat atas segala bimbingan, diskusi dan fasilitas yang telah diberikan.
4. Orang tua dan keluarga tercinta yang terus memberikan semangat dan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Kakak-kakak senior Surya, Lendri, Hendro, Jimmy, dan Kalam, yang telah banyak membantu memberikan ilmu nya bagi penulis
6. Rekan-rekan seperjuangan Wambra, Agus, Yonas, Andri, Yoshi dan Andra (Geophysics 06) yang telah banyak memberikan semangat dan saran kepada penulis.

7. Rachmayani Hanella yang telah sabar dan perhatian membantu penulis secara moril, serta memberikan semangat dan motivasi kepada penulis untuk dapat menyelesaikan tugas akhir ini
8. Staf tata usaha Departemen Fisika, Mba Ratna dan Pak Mardi atas bantuannya dalam mengurus administrasi semasa kuliah terutama saat penyusunan skripsi ini.
9. Semua Dosen di Departemen Fisika yang selama masa perkuliahan telah banyak memberikan ilmu dan nasehat kepada penulis.
10. Sahabat dan adik-adik kelas yang telah banyak membantu dan memberikan semangat kepada penulis.
11. Dan pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca maupun penyusun dan Penulis menyadari bahwa penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, karena kesempurnaan hanya milik Allah SWT semata, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan

Depok, Juni 2011

Penulis

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Aditya Wira Perdana
NPM : 0606067963
Program Studi : Geofisika
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“Metode Controlled Source Audio Frequency Magnetotelluric (CSAMT) Untuk Eksplorasi Mineral Emas Daerah “A” Dengan Data Pendukung Metode Magnetik dan Geolistrik ” beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada Tanggal : 14 Juni 2011

Yang menyatakan,



(Aditya Wira Perdana)

ABSTRAK

Nama : Aditya Wira Perdana
NPM : 0606067963
Judul : Metode Controlled Source Audio Frequency Magnetotelluric (CSAMT) Untuk Eksplorasi Mineral Emas Daerah “A” Dengan Data Pendukung Metode Magnetik dan Geolistrik

Metode *Controlled Source Audio Frequency Magnetotelluric* (CSAMT) memanfaatkan sumber buatan guna mendapatkan sinyal yang stabil dengan cara menginjeksikan arus dari *transmitter* dan diterima oleh *receiver*. Menggunakan frekuensi yang telah diatur yaitu frekuensi 6400 Hz - 2 Hz dengan target kedalaman > 1 km dan lama waktu pengukuran 30 menit pada setiap titik pengukuran. Hasil pengukuran yang didapat berupa medan magnet dan medan listrik yang ditangkap oleh *receiver* kemudian dengan persamaan *Cagniard* diperoleh nilai resistivitas semu. Pengukuran dilakukan di daerah “A” dengan sistem hidrotermal tipe epitermal. Dari data lapangan dilakukan proses *editing* dan *smoothing* menggunakan *software CMTpro* kemudian dilakukan inversi menggunakan *Bostik Inversion* pada *software MTSOFT2D*

Penggunaan metode CSAMT ini didukung dengan metode geofisika lain seperti *IP*, *resistivity*, dan magnetik. Metode CSAMT dapat memberikan gambaran bawah permukaan dengan penetrasi yang lebih dalam zona penyebaran emas serta didukung metode *IP*, *resistivity* dan magnetik untuk mendapatkan korelasi pada kedalaman yang lebih dangkal

Hasil pengolahan ditampilkan secara 2D dengan *software surfer 9* dan 3D dengan *software Geoslicer-X*. Terdapat korelasi hasil CSAMT dengan respon resistivitas > 350 Ohm.m pada kedalaman 400 meter serta diperkuat dari data pendukung metode *resistivity* dengan resistivitas > 350 Ohm.m dengan respon profil magnetik yang berundulasi, dan nilai *PFE* tinggi > 4%, yang merupakan zona silifikasi pada lintasan 8 dan 9.

Kata kunci : Transmitter, Receiver, CSAMT, Sistem Epitermal, Zona Silifikasi.

ABSTRACT

Name : Aditya Wira Perdana
NPM : 0606067963
Title : *Controlled Source Audio Frequency Magnetotelluric (CSAMT) method For Gold Mineral Exploration Area "A" With Supporting Data Magnetic and Geoelectric Methods.*

Controlled Source Audio Frequency Magnetotelluric (CSAMT) method is using an artificial to obtain a stable signal by injecting current from the transmitter and received by the receiver. Using preset frequency is 6400 Hz frequency - 2 Hz with a target depth of > 1 km and a long measurement time of 30 minutes, in each point of measurement. The measurement results obtained a magnetic field and electric field. and then use the equation Cagniard to get an apparent resistivity values. Measurements were taken in the area "A" with type epithermal hydrothermal system. From the field data editing and smoothing process is carried out using software CMTpro. For the inversion is using a Bostik Inversion method with MTsoft2D.

CSAMT method is supported by other geophysical methods such as IP, resistivity and magnetic. CSAMT method can provide subsurface with a deeper penetration of the gold zone, supported method for distributing IP, resistivity and magnetic fields to obtain the correlation in the lower depth.

The processing results is present in 2D with surfer 9 and 3D software with software Geoslicer-X. There is a correlation of results with a response CSAMT resistivity > 350 Ohm.m at a depth of 400 meters and reinforced the supporting data with the resistivity method resistivity > 350 Ohm.m with an undulation magnetic response profile, and high PFE values > 4%, which is a silicified zone on lines 8 and line 9.

Keywords: Transmitter, Receiver, CSAMT, Epithermal System, Silicified Zone

DAFTAR ISI

JUDUL SKRIPSI	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Waktu dan Tempat Penelitian	4
1.5 Metodologi Penelitian	4
1.6 Garis Besar Alur Penelitian	5
BAB 2. TEORI DASAR	6
2.1. Dasar Teori CASMT	10
2.1.1 <i>Skin Depth</i>	10
2.1.2 <i>Effective Depth Penetration</i>	11
2.1.3 <i>Cagniard</i>	11
2.1.4 <i>Near Field</i> dan <i>Far Field</i> (Zona Dekat dan Zona Jauh)	11
2.2. Dasar Teori Resistivity	15
2.2.1 Faktor Geometri	16
2.2.2 Teknik Pengukuran <i>Resistivity</i>	17
2.3 Metode <i>IP (Induced Polarization)</i>	18
2.3.1 Jenis Polarisasi Metode <i>IP (Induced Polarization)</i>	19
2.3.2 Pengukuran Metode <i>IP (Induced Polarization)</i>	21
2.3.3 Hubungan <i>IP Time Domain</i> dan <i>Frekuensi Domain</i>	25
2.3.4 Konfigurasi Dipole-Dipole	25
2.4 Metode Magnetik	27
2.4.1 Kuat Medan Magnetik	28
2.4.2 Medan Magnet Bumi	28
2.4.3 Anomali Medan Magnet Total Bumi	31
2.4.4 Jenis-jenis Magnet Pada Batuan	33
2.4.5 Proses Pembentukan Sifat Magnet Batuan	35
2.5 Endapan Hidrotermal	36
2.5.1 Definisi Larutan Hidrotermal	36
2.5.2 Macam-Macam Endapan Hidrotermal	37
2.6 Endapan Hipotermal	37
2.7 Endapan Mesotermal	38
2.8 Endapan Epitermal	39
2.8.1 Alterasi dan Mineralisasi	43
2.8.2 Zona Alterasi Silisifikasi	45
2.8.3 Zona Alterasi Propilitik	45

2.8.4 Zona Alterasi Argilik Lanjut (<i>Advanced Argillik</i>) dan Serisit	46
2.8.5 Zona Alterasi Argilik	46
BAB 3. AKUSISI DATA	48
3.1 Akuisisi Data CSAMT	48
3.2 Pemasangan Elektroda Tx ₁ dan Tx ₂	48
3.3 Pengaturan Otomatis Dengan <i>Software</i> CMTpro	51
3.4 <i>Transmitter</i>	54
3.4.1 Pengaturan Pada <i>Transmitter</i> TXU-30	54
3.4.2 Pengaturan dan Pengoperasian Pada Genset	55
3.4.3 GPS <i>Transmitter</i>	57
3.4.4 Pengoperasian <i>Current Source Controller</i>	57
3.5 <i>Receiver</i>	58
3.5.1 V8 Box <i>Phoenix Geophysics</i>	59
3.5.2 <i>Coil</i> Magnetik	60
3.5.3 <i>Accu</i> (Aki)	61
3.5.4 GPS <i>Receiver</i>	62
3.5.5 <i>Porouspot</i>	62
3.6 Desain Survey Pengukuran	64
BAB 4. PENGOLAHAN DATA	67
4.1 Pengolahan Data Magnetik	67
4.1.1 Alur Pengolahan Data Magnetik	67
4.1.2 Hasil Magnetik Gabungan	69
4.2 Pengolahan Data <i>Resistivity</i> dan <i>IP</i> Tiap Lintasan	70
4.2.1 Alur Pengolahan <i>IP</i> Dan <i>Resistivity</i>	71
4.2.2 Penampang 2D <i>IP</i> Dan <i>Resistivity</i> Tiap Lintasan	71
4.3 Pengolahan Data CSAMT	76
4.3.1 <i>Software</i> CMTpro	77
4.3.2 <i>Software</i> MTsoft2D	80
4.3.3 Penampang 2D CSAMT Tiap Lintasan	84
4.4 <i>Software</i> Geoslicer-X	86
BAB 5. INTERPRETASI TERPADU DAN PEMBAHASAN	89
5.1 Data Geologi Daerah Penelitian	89
5.1.1 Geologi Regional	89
5.1.2 Stratigrafi Regional	90
5.1.3 Alterasi dan Mineralisasi	91
5.2 Interpretasi Terpadu	94
5.2.1 Interpretasi Terpadu Tiap Lintasan	94
5.3 Gabungan Lintasan Dengan Geoslicer X.....	103
5.2.3 Penentuan Penyebaran Jalur Mineralisasi.....	103
5.2.4 Evaluasi dan Rekomendasi Titik Bor	108
BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN	110
6.1 Kesimpulan	110
6.2 Saran	111
DAFTAR ACUAN	112

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Daerah Penelitian	1
Gambar 1.2 Garis Besar Alur Penelitian.....	5
Gambar 2.1 Susunan CSAMT di Lapangan (Zonge and Hughes, 1991).....	7
Gambar 2.2 Jenis-jenis Konfigurasi Pengukuran CSAMT	
(a) Scalar CSAMT Survey .	
(b) Multiple E-Field Reconnaissance CSAMT Survey or Controlled Source Audio Frequency	
(c) Vector CSAMT Survey	
(d) Tensor CSAMT Survey.....	8
Gambar 2.3 Zona Jauh (far field) dan Zona Dekat (near field) (Mitsuru Yamashita, 2006)	12
Gambar 2.4 Zona Jauh (far field) , Zona Transisi (transision zone), dan Zona dekat (near field) Dari Data Pengukuran	13
Gambar 2.5 Pola Penyebaran Garis Equipotensial.	16
Gambar 2.6 Susunan Elektroda Arus dan Potensial	17
Gambar 2.7 Susunan Elektrode Untuk Survey 2-D DC-Resistivity Dipole - dipole (Loke, 2004).	18
Gambar 2.8 (a) <i>Merupakan Distribusi Ion Stabil Sebelum Injeksi Arus.</i> (b) <i>Kondisi Ion Terpolarisasi Sesaat Akibat Injeksi Arus.</i>	19
Gambar 2.9 Grafik Peluruhan Potensial (Keller and Friscknecht, 1966)	19
Gambar 2.10 Model Penampang Melintang Batuan dan Gerakan Ion – ion Pada Pori-pori Batuan (Telford, 1990).....	20
Gambar 2.11 Model Polarisasi Membran	
(a) Tanpa Beda Potensial,	
(b) Ada Beda Potensial (Telford, 1990)	20
Gambar 2.12 Menunjukkan Polarisasi Pada Kawasan Waktu.....	24
Gambar 2.13 Susunan Elektroda Konfigurasi Dipole-dipole	25
Gambar 2.14 Susunan elektrode untuk survey 2-D DC-Resistivity dipole – dipole	27
Gambar 2.15 Dipole Magnet Bumi.....	28
Gambar 2.16 Elemen Medan Magnet Bumi	28
Gambar 2.17 Penggambaran Vektor Anomali Medan Magnet Total Bumi	32
Gambar 2.18 Posisi Momen Magnet Diamagnetik (Syamsu Rosid, 2008)	33
Gambar 2.19 Posisi Momen Magnet paramagnetik.....	33
Gambar 2.20 Arah Spin Magnet Hasil Penyebaran Pengaruh Medan Luar.....	34
Gambar 2.21 Arah Spin Magnet Pada Antiferromagnetik.....	34
Gambar 2.22 Arah Spin Magnet Pada Ferrimagnetik.....	34
Gambar 2.23 Sistem Hidrotermal dan Hubungannya Dengan Tatanan Tektonik (<i>Corbett & Leach, 1996</i>).....	36
Gambar 2.24 Model Endapan Porfiri Dengan Endapan Epitermal (<i>Corbett & Leach, 1996</i>).....	39
Gambar 2.25 Sistem epitermal secara keseluruhan (Leach, 1998)	41
Gambar 2.26 Model Alterasi Pada Vein Sistem (<i>Corbett & Leach, 1996</i>).....	45
Gambar 3.1 Skema Pengukuran Pada <i>Transmitter</i> (Yamashita, 2006)	49
Gambar 3.2 Skema Pemasangan Elektroda Tx ₁ dan Tx ₂	

Yang Terhubung Pada <i>Transmitter</i>	49
Gambar 3.3 Kabel penghubung <i>transmitter</i> , Tx ₁ dan Tx ₂ (Kiri Atas), Pembatas <i>Aluminium Foil</i> (Kanan Atas). Penancapan 4 Buah Elektroda (Kanan Bawah). Kabel Sambungan Elektroda (Kiri Bawah)	50
Gambar 3.4 Tampilan <i>Icon</i> Pada <i>Software CMTpro Phoenix Geophysics</i>	51
Gambar 3.5 Tampilan <i>Acquisition Parameters</i> Pada <i>Software</i> <i>CMTpro Phoenix Geophysics</i>	52
Gambar 3.6 Tampilan <i>Frequency Stepping Parameter</i> dan Pegaturan Waktu Pengukuran Tiap Titik Pada <i>Software CMTpro Phoenix Geophysics</i>	53
Gambar 3.7 Skema Peralatan Pada <i>Transmitter</i>	54
Gambar 3.8 <i>Transmitter</i> TXU-30 Tampak Depan (Kiri) Tampak Belakang (Kanan)	54
Gambar 3.9 <i>Port</i> Konverter Kabel Untuk <i>Transmitter</i> (Kiri) <i>Slot</i> Pada <i>Transmitter</i> (Kanan)	55
Gambar 3.10 Genset YANMAR Type YTG30TL	55
Gambar 3.11 Kabel genset A, B, dan C (kiri) dihubungkan ke <i>transmitter</i> TXU-30 (kanan)	56
Gambar 3.12 Tampilan Tombol Pada Genset	56
Gambar 3.13 GPS	57
Gambar 3.14 <i>Current Source Controller</i>	58
Gambar 3.15 Skema Peralatan Pada <i>Receiver</i>	58
Gambar 3.16 V8 Box <i>Phoenix Geophysics</i>	59
Gambar 3.17 Tampilan parameter yang diperlukan pada LCD V8	60
Gambar 3.18 <i>Coil</i> Magnetic Seri 1677	61
Gambar 3.19 (a) Aki <i>Merk</i> DELKOR 12 Volt. (b) <i>Charger</i> Aki	62
Gambar 3.20 GPS Untuk Mensinkronisasi Dengan <i>Transmitter</i>	62
Gambar 3.21. <i>Porouspot</i>	63
Gambar 3.22 Peta Regional Daerah Pengukuran	64
Gambar 3.33 Lintasan Survey	65
Gambar 3.34 Lintasan Survey <i>Reseistivity</i> , <i>IP</i> dan <i>CSAMT</i>	66
Gambar 4.1 Alur Pengolahan Data Magnetik	67
Gambar 4.2 Peta <i>TMI</i> gabungan sebelum di <i>UPWARD CONTINUATION</i>	69
Gambar 4.3 Peta <i>TMI</i> gabungan sesudah di <i>UPWARD CONTINUATION</i>	70
Gambar 4.4 Alur Pengolahan Data <i>IP</i> dan <i>Resistivity</i>	71
Gambar 4.5 Penampang <i>Resistivity</i> (atas) dan <i>IP</i> (tengah) Pada Lintasan 6	72
Gambar 4.6 Penampang <i>Resistivity</i> (atas) dan <i>IP</i> (tengah) Pada Lintasan 8	73
Gambar 4.7 Penampang <i>Resistivity</i> (atas) dan <i>IP</i> (tengah) Pada Lintasan 9	74
Gambar 4.8 Penampang <i>Resistivity</i> (atas) dan <i>IP</i> (tengah) Pada Lintasan 12	75
Gambar 4.9 Alur Pengolahan Data <i>CSAMT</i>	76
Gambar 4.10 Tampilan Satu Lintasan Titik Pengukuran	77
Gambar 4.11 Tampilan Pilihan Data Hasil Pengukuean	78
Gambar 4.12 Tampilan Data Setelah Dilakukan <i>Editing</i>	78
Gambar 4.13 Tampilan Data Setelah Frekuensi di Non-Aktifkan	79
Gambar 4.14 Tampilan Awal MT2soft2D	80
Gambar 4.15 Tampilan Proses <i>Smoothing</i>	81
Gambar 4.16 Tampilan Hasil Proses <i>Smoothing</i> Tiap <i>Sounding</i>	81
Gambar 4.17 Tampilan <i>2D filtering</i>	82

Gambar 4.18 Tampilan Inversi MTsoft2D	83
Gambar 4.19 Penampang Lintasan 6 CSAMT	84
Gambar 4.20 Penampang Lintasan 8 CSAMT	85
Gambar 4.21 Penampang Lintasan 9 CSAMT	85
Gambar 4.22 Penampang Lintasan 12 CSAMT	86
Gambar 4.23 Penampang Lintasan Gabungan CSAMT	87
Gambar 4.24 Penampang <i>Cube</i> Hasil Interpolasi	87
Gambar 4.25 Penampang Lintasan 9 Barat-Timur	88
Gambar 4.26 Anomali <i>Issovalue</i> 350 Ohm-m	88
Gambar 5.1 Peta Geologi Regional (www.google.com).....	89
Gambar 5.2 Peta Geologi Lokal.....	91
Gambar 5.3 Peta Struktur.....	92
Gambar 5.5 Peta Topografi dan Lintasan Pengukuran	94
Gambar 5.6 Peta Respon Magnetik.....	95
Gambar 5.7 Penampang Gabungan Lintasan 6.....	96
Gambar 5.8 Penampang Gabungan Lintasan 8.....	97
Gambar 5.9 Penampang Gabungan Lintasan 9.....	99
Gambar 5.10 Penampang Gabungan Lintasan 12.....	101
Gambar 5.11 Peta Lintasan Serta Struktur <i>Resistivity</i> dan <i>IP</i>	103
Gambar 5.12 Peta Lintasan Serta Struktur <i>CSAMT</i>	104
Gambar 5.13 <i>Slicing IP</i> gabungan	105
Gambar 5.14 <i>Slicing Resistivity</i> gabungan.....	106
Gambar 5.15 <i>Slicing CSAMT</i> gabungan	107
Gambar 5.16 Titik Bor Lintasan 8	108
Gambar 5.17 Korelasi <i>Resistivity</i> dan <i>IP</i> Serta Rekomendasi Bor	109

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Ciri-ciri sistem epitermal (<i>Lindgren, 1933,</i> <i>dan Berger & Eimon, 1992 dalam Hedenquist & Reid, 1985</i>)	39
Tabel 2. Karakteristik Tipe Endapan Emas Epitermal (<i>White & Hedenquist, 1990</i>)	42
Tabel 3. Harga Tahanan Jenis Beberapa Mineral dan Batuan (<i>Telford, 1990</i>).....	47
Tabel 4. Data Frekuensi Yang Digunakan	53

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki sumber daya alam yang melimpah. salah satunya adalah mineral emas, emas merupakan salah satu mineral yang memiliki nilai ekonomis yang tinggi, dan menjadi salah satu komoditas utama penghasil devisa negara yang cukup besar. Dalam pengembangannya mencari keberadaan endapan mineral emas tidaklah mudah, diperlukan kajian ilmu yang sangat dalam untuk dapat menentukan keberadaan endapan mineral emas yang memiliki nilai ekonomis yang tinggi ini, salah satunya adalah mempelajari ilmu geofisika dan geologi untuk dapat mempermudah kita dalam menentukan zona endapan mineral emas.



Gambar 1.1 Peta Daerah Penelitian

Gambar 1.1 merupakan peta daerah penelitian yang terletak di daerah Cibaliung – Pandeglang Propinsi Banten. Cibaliung berada di bagian tengah dari busur magmatik Sunda-Banda yang berumur Neogen. Berlokasi antara zona transisi yang didominasi sesar mendatar mengangan (*right lateral strike slip fault*) berarah barat laut yang bergerak sepanjang bagian busur Sumatra ke arah sesar naik (*compressional fault*) yang berarah Timur Barat di pulau Jawa (*Annual Report CSD, 2007*).

Dewasa ini banyak sektor industri yang sedang mengembangkan teknologi dalam bidang eksplorasi mineral, untuk dapat mempermudah melokalisasi zona endapan emas tersebut, salah satunya dengan menggunakan metode CSAMT. Metode CSAMT (*Controlled Source Audio Frequency Magnetotelluric*) merupakan salah satu metode geofisika yang dapat diaplikasikan untuk mencari sumber daya alam seperti mineral, panas bumi (*geothermal*), minyak dan gas bumi. Metode CSAMT merupakan metode hasil pengembangan metode MT (*Magnetotelluric*). Pada metode CSAMT menggunakan sumber buatan (metode aktif) yang dikontrol sehingga meminimalkan noise atau gangguan yang bersumber dari alam. Metode CSAMT ini sangat efektif memetakan kontras resistivitas batuan bawah permukaan hingga kedalaman 2-3 km (Zonge and Hughes 1991).

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan zona mineralisasi emas di daerah “A” dengan metode CSAMT dan ditunjang metode geofisika lain seperti IP (*Induced Polarization*), *resistivity* dan metode magnetik. Metode IP dapat memberikan respon terhadap jumlah kandungan mineral logamnya yang dicerminkan oleh nilai *percent frequency effect* (PFE) dan tahanan jenis pada metode *resistivity* (Akbar, 2004). Diharapkan dari ketiga metode ini dapat menyelesaikan masalah eksplorasi mineral dalam menentukan zona mineralisasi khususnya emas di daerah “A”, serta dapat mengevaluasi titik bor dengan mengkorelasi data bor yang sudah ada dan mengkorelasikannya dengan geologi lokal daerah pengukuran serta bertujuan untuk meningkatkan kesuksesan rasio pemboran.

1.2 Tujuan Penelitian

1. Menguasai penggunaan peralatan CSAMT dengan baik pada saat akuisisi data di lapangan.
2. Mengetahui tahapan pengolahan data, dan interpretasi data CSAMT, IP, *resistivity* dan magnetik dengan baik dan benar.
3. Menganalisis hasil pemodelan 2D dan 3D dengan metode CSAMT serta didukung metode geofisika lain seperti IP, *resistivity* dan magnetik.
4. Menentukan keberadaan zona mineralisasi emas melalui hasil pemodelan inversi 2D data CSAMT serta didukung hasil pemodelan 2D IP, *resistivity* dan magnetik.
5. Mengevaluasi lokasi titik bor zona mineralisasi emas dengan didukung data geologi dan hasil pemodelan CSAMT, IP, *resistivity* serta magnetik.

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini dilakukan pemodelan hasil inversi 2D data CSAMT untuk mendeteksi mineralisasi emas di daerah "A". Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini menggunakan *software* inversi MTsoft2D™ untuk pemodelan 2 dimensi (2D) data CSAMT yang hasilnya akan diintegrasikan dengan metode lain seperti IP, *resistivity*, dan magnetic, serta data geologi dan data bor sebagai data pendukung.
2. Kemudian dilakukan pemodelan Inversi 2 dimensi (2D) data IP, *resistivity* dan Magnetik dengan menggunakan *software* Surfer 9™ , Res2Dinv™ *full version*.
3. Pemodelan 3D untuk data CSAMT, IP, *resistivity* dan Magnetik dengan *software* Geo Slicer X™ .

1.4 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di dua tempat yang berbeda, yaitu di kantor PT ANTAM unit Geomin, Pulo Gadung Jakarta Timur dan akuisisi dilakukan di daerah “A” wilayah kerja pertambangan PT ANTAM, Jawa Barat.

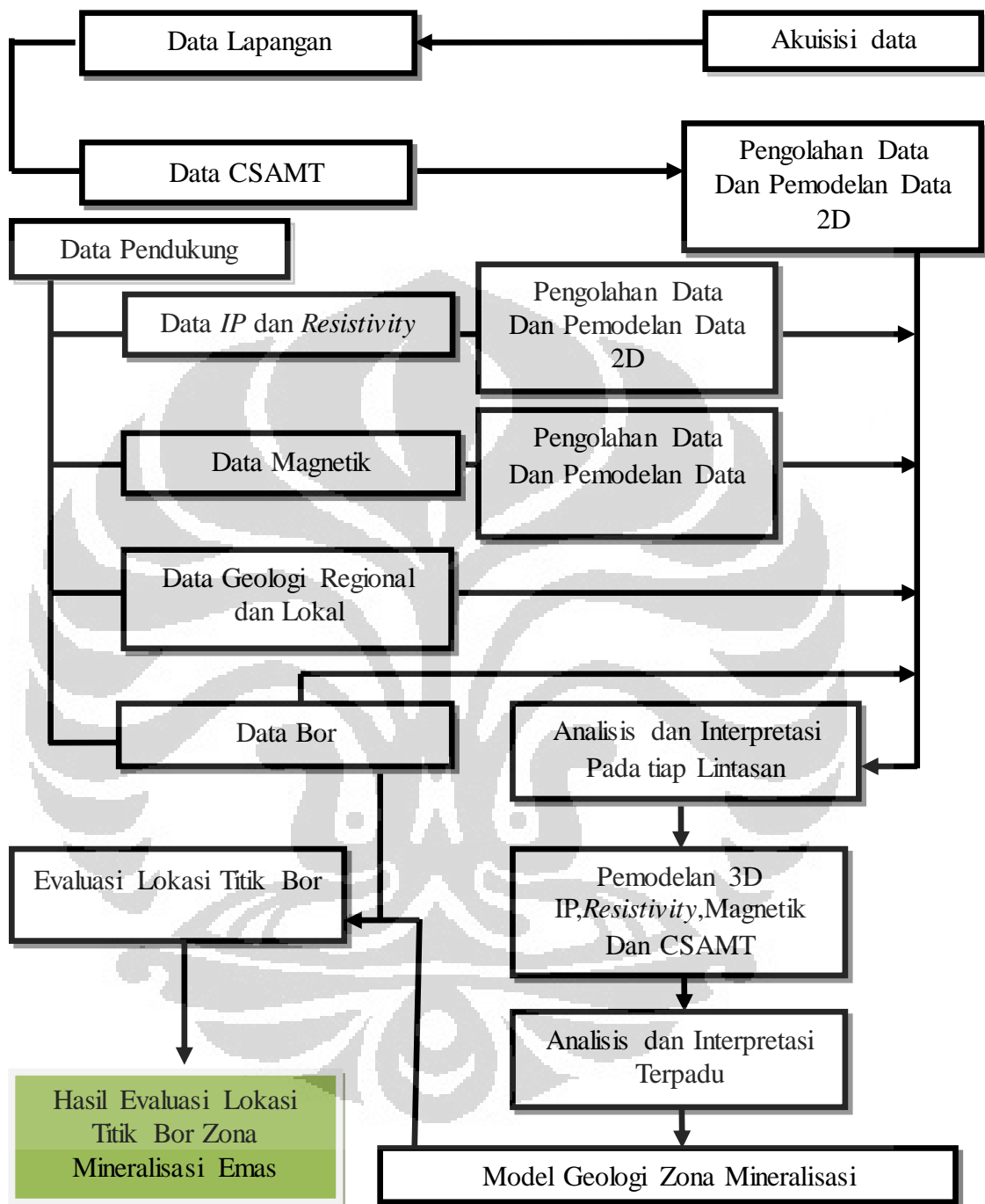
Waktu penelitian dibagi dua kategori, yaitu akuisisi data CSAMT pada bulan Februari – Maret 2010. Dan proses pengolahan data serta pengerjaan laporan tugas akhir ini, dilakukan dalam waktu 5 bulan (Januari – Mei 2011).

1.5 Metodologi Penelitian

Pada penelitian ini dibagi dua tahapan yaitu akuisisi data dan pengolahan data. Tahap pertama adalah akuisisi data. Pada Akuisisi data di daerah “A” telah dilakukan pada bulan Februari-Maret. Tahap kedua pengolahan data CSAMT, IP, *resistivity* dan magnetik. Pengolahan data CSAMT menggunakan *software* CMTpro™ untuk pemilahan data serta dilanjutkan dengan inversi 2D menggunakan *software* inversi MTsoft2D™. Sedangkan pengolahan data IP, *resistivity* dan magnetik dengan menggunakan *Microsoft office excel*™, *Res2Dinv*™ *full version* dan *surfer 9*™ untuk mendapatkan nilai rho (ρ), dan anomali magnetik.

Dari pemodelan hasil inversi 2D data CSAMT, IP, *resistivity* dan magnetik kemudian dilakukan analisis dan interpretasi pada masing-masing lintasan. Selanjutnya dilakukan pemodelan 3D (*cake model*) untuk data CSAMT, IP, *resistivity* dan magnetik menggunakan *software* Geo Slicer X™. Model yang telah dibuat dianalisa dan diinterpretasi sesuai data geologi regional maupun lokal daerah penelitian untuk mendeteksi keberadaan zona mineralisasi emas di daerah “A”.

1.6 Alur Penelitian



Gambar 1.2 Garis Besar Alur Penelitian

BAB 2

TEORI DASAR

2.1. Dasar Teori CASMT

Controlled source audio-frequency magnetotellurics (CSAMT) merupakan salah satu metode geofisika yang merupakan metode hasil pengembangan metode terdahulu *magnetotellurics* (MT). Metode CSAMT merupakan teknik sounding elektromagnetik dengan resolusi tinggi. Metode CSAMT diperkenalkan oleh Goldstein (1971) dan Strangway (1975) tujuannya adalah untuk menyelesaikan permasalahan *audio-frequency magnetotellurics* (AMT), yaitu digunakannya sumber alami dan ketidakstabilannya.

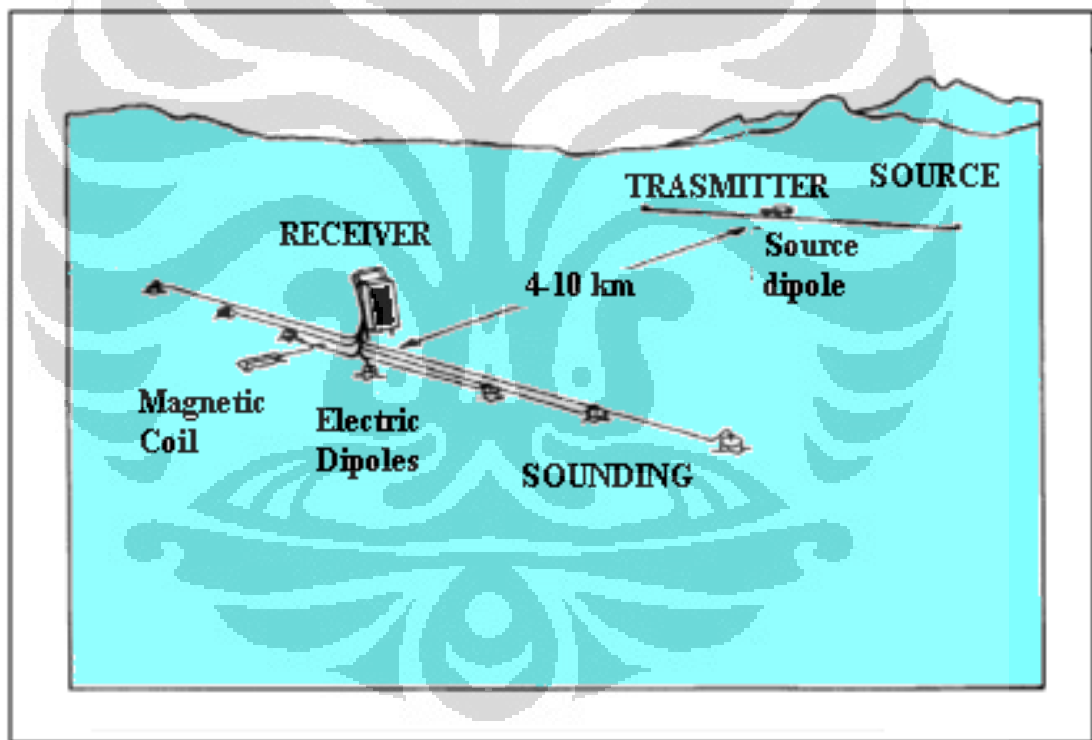
Metode MT/AMT merupakan suatu teknik explorasi yang terkenal digunakan untuk mengukur fluktuasi pada medan listrik dan medan magnet alami pada jangkauan frekuensi yang luas. Fluktuasi ini berasal dari ionosfer yang berhubungan dengan aktivitas matahari pada cakupan frekuensi rendah dan dunia yang luas dengan aktivitas hujan badai serta petir pada cakupan frekuensi yang lebih tinggi. Teknik ini tidak membutuhkan sumber buatan dan pemancar (*transmitter*). Bagaimanapun, keuntungannya kecil dengan rendahnya magnitude dan kemampuan memvariasikan sinyal alami.

Controlled source audio-frequency magnetotellurics (CSAMT) menggunakan pasangan elektroda yang tetap atau *looping* horizontal dengan menggunakan sumber signal buatan. CSAMT memiliki teknik sumber alami yang hampir sama dengan *magnetotellurics* (MT) dan *audio-frequency magnetotellurics* (AMT). dengan perbedaan utamanya pada CSAMT itu sendiri menggunakan signal buatan.

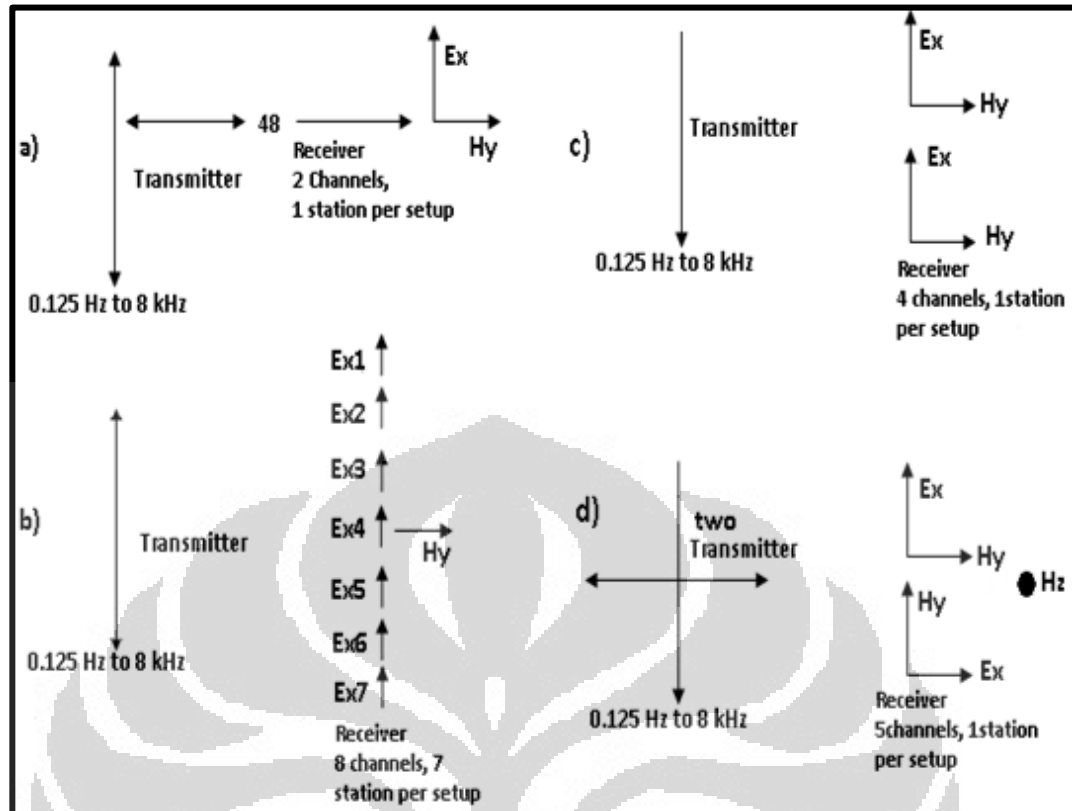
Sumbernya memiliki signal yang stabil, serta menghasilkan hasil yang memiliki tingkat presisi yang tinggi dan lebih cepat dalam menentukan objek dan menghasilkan pewarnaan yang sesuai, meskipun dengan sumber yang dikontrol dapat juga menimbulkan kesulitan dalam hal menginterpretasi akibat penambahan efek dari sumber dan akibat kesalahan penempatan peralatan pada saat survey dilakukan. Tetapi pada kenyataannya dilapangan kondisi-kondisi akibat kesalahan

teknis bukanlah menjadi suatu masalah yang berarti dan dapat diatasi, metode ini telah membuktikannya dengan cara dapat memetakan mantel bumi secara efektif pada kisaran kedalaman 20 – 2000 meter.

CSAMT biasanya terdiri dari pasangan elektroda dipole yang tetap, dimana jarak keduanya antara 1 – 2 km, bahkan dapat mencapai 2 – 4 km jika diinginkan. Frekuensi yang dibutuhkan serta digunakan antara 0.125 – 8.000 Hz, umumnya digunakan dilapangan menggunakan frekuensi berkisar 16 – 8.000 Hz. Pada CSAMT ini menggunakan prinsip Hukum Maxwell dimana medan magnet (H) diubah menjadi listrik (E). dimana terdapat dua buah komponen medan listrik (E) yang dibutuhkan yaitu E_x dan E_y , sedangkan terdapat tiga komponen untuk medan magnet (H) yang dibutuhkan yaitu H_x , H_y dan H_z .



Gambar 2.1 Susunan CSAMT di Lapangan (Zonge and Hughes, 1991)



Gambar 2.2 Jenis-jenis Konfigurasi Pengukuran CSAMT (a) *Scalar CSAMT Survey* .(b) *Multiple E-Field Reconnaissance CSAMT Survey or Controlled Source Audio Frequency* (c) *Vector CSAMT Survey*, (d) *Tensor CSAMT Survey*.

Dasar teori dari metode CSAMT adalah persamaan maxwell, yang merupakan persamaan umum yang dapat mendeskripsikan sifat gelombang elektromagnetik (Zonge and Hughes, 1991). Terdapat 4 parameter dalam gelombang elektromagnetik, yaitu :

E = Intensitas Medan Listrik (V/m)

D = Rapat Fluks Medan Listrik (C/m²)

B = Intensitas Medan Magnet (A/m)

H = Rapat Fluks Medan Magnet (Wb/m²)

Sedangkan persamaan Maxwell terdiri atas 4 persamaan, khusus pada ruang vakum dan berlaku juga pada medium udara (Zonge and Hughes, 1991). Ke empat persamaan tersebut Yaitu;

$$\nabla \times \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \quad \text{Hukum Ampere} \quad (2.1)$$

$$\nabla \times \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad \text{Hukum Faraday} \quad (2.2)$$

$$\nabla \cdot \vec{D} = \rho \quad \text{Hukum Coulomb} \quad (2.3)$$

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0 \quad \text{Hukum Kekontinyuan Fluks} \quad (2.4)$$

Hukum Faraday menyatakan bahwa perubahan medan magnet terhadap waktu menginduksi adanya medan listrik. Begitu pula yang terjadi pada Hukum Ampere, bahwa medan magnet tidak hanya terjadi karena adanya sumber berupa arus listrik, akan tetapi dapat juga disebabkan oleh medan listrik yang berubah terhadap waktu sehingga menginduksi adanya medan magnet. Hukum Coulomb menyatakan bahwa medan listrik disebabkan oleh adanya muatan listrik sebagai sumbernya, sedangkan Hukum Kekontinyuan Fluks menyatakan bahwa tidak ada medan magnet monopol. Besarnya nilai medan listrik dan medan magnet induksi bergantung pada nilai intrinsik batuan berupa ϵ (**permitivitas**), μ (**permeabilitas**) dan σ (**konduktifitas**) yang dihubungkan dengan persamaan (2.5) hingga persamaan, (Hukum Ohm) (2.7).

$$\vec{D} = \epsilon \vec{E} \quad (2.5)$$

$$\vec{B} = \mu \vec{H} \quad (2.6)$$

$$\vec{J} = \sigma \vec{E} \quad \text{(Hukum Ohm)} \quad (2.7)$$

Persamaan (2.5) menyatakan bahwa besarnya rapat fluks medan listrik tergantung pada permitivitas bahan dielektrik yang diinduksi dan besarnya medan listrik yang menginduksi. Persamaan (2.6) juga menyatakan bahwa besarnya fluks medan magnet tergantung pada permeabilitas bahan dielektrik yang diinduksi serta besarnya medan magnet yang menginduksi. Persamaan (2.7), yang merupakan hukum ohm, menyatakan bahwa rapat arus listrik bergantung pada nilai konduktivitas bahan yang terinduksi oleh besarnya medan listrik (Vanderlinde, 1993).

Metode CSAMT menggunakan *transmitter* yang berhubungan dengan sumber sinyal dengan jarak yang dapat divariasikan. Sedangkan metode *natural*

field sumber sinyalnya pada hakekatnya terletak pada jarak yang sangat jauh sehingga dapat diasumsikan sebagai gelombang bidang, sehingga cukup sederhana untuk perhitungan matematika dan kepentingan interpretasi. Asumsi ini juga dapat digunakan pada Metode CSAMT dengan jarak yang jauh (*Farfield Zone*), namun asumsi ini tidak lagi berlaku jika jarak pengukuran *transmitter* dan sumber sinyal pada metode CSAMT terlalu dekat (*Nearfield Zone* dan *Transition Zone*), sehingga pada keadaan ini akan menimbulkan permasalahan yang cukup sulit dalam perhitungan matematika maupun kepentingan interpretasi.

Di dalam Metode CSAMT, suatu *receiver* (Rx) berfungsi untuk mengukur medan listrik dan medan magnet yang orthogonal dengan medan listrik, diinduksi oleh medan elektromagnetik yang dipancarkan dari arus listrik melalui kawat dipole yang ditanam oleh *transmitter* (Tx_1 & Tx_2).

Pada penempatan pengukuran, medan listrik terukur sebagai tegangan (mV) antara dua titik kawat dipole yang ditanam, sedangkan medan magnet dalam mG(nT) diukur oleh induksi kumparan yang ditempatkan secara horizontal pada tanah (*coil magnetic*). Dan juga yang harus diukur adalah phase relatif antara medan listrik dan medan magnet yang terukur.

Pada pengukuran titik sounding untuk mengetahui struktur resistivity dengan variasi kedalaman, ada dua jenis metode sounding yaitu :

- *Geometric Sounding*. Semakin panjang dipole pengukuran yang digunakan, maka kedalaman investigasi lebih dalam. Contohnya adalah pengukuran resistivity dengan Metode Schlumberger. Pengukuran dilakukan dengan memvariasikan panjang *transmitter* (AB) dan *receiver* (MN).
- *Parametric Sounding*. Semakin rendah frekuensi medan elektromagnetik, maka semakin dalam penetrasi medan elektromagnetik. Biasanya disebut dengan "*skin depth*" sesuai dengan persamaan dibawah ini :

2.1.1 Skin Depth

Medan elektromagnetik akan teratenuasi ketika melewati lapisan konduktif, jarak maksimum yang dapat dicapai oleh medan elektromagnetik saat

menembus lapisan konduktif ini dinamakan *skin depth* (d) (Griffith, 1999). Nilai *skin depth* dipengaruhi oleh resistifitas bahan dan frekuensi yang digunakan. (Zonge and Hughes, 1991).

$$\delta = 503 \sqrt{\frac{\rho}{f}} \quad (2.8)$$

ρ = resistivity dalam ohm-m

f = frekuensi dalam Hz

2.1.2 *Effective Depth Penetration*

Effective Depth Penetration (D) adalah kedalaman yang dapat dicapai saat dilakukan survei CSAMT. Nilai D ini dapat ditulis sesuai dengan persamaan 2.9 (Zonge and Hughes, 1991).

$$D = 356 \sqrt{\frac{\rho}{f}} \quad (2.9)$$

2.1.3 Persamaan *Cagniard*

Dari hasil pengukuran Metode CSAMT didapatkan data berupa nilai medan listrik dan medan magnet. Untuk mendapatkan nilai resistivitas batuan, dapat digunakan persamaan resistivitas Cagniard yang ditunjukkan pada persamaan 2.10 (Zonge and Hughes, 1991).

$$\rho = \frac{1}{5f} \left| \frac{E_x}{H_y} \right|^2 \quad (2.10)$$

2.1.4 *Near Field* dan *Far Field* (Zona Dekat dan Zona Jauh)

Persamaan nilai resistivitas yang didapat dengan menggunakan sumber dipole listrik pada zona dekat dan zona jauh berbeda. Perbedaan ini diakibatkan karena adanya faktor geometri pada zona dekat dan zona jauh ($>3\delta$). Persamaan

2.11 dan 2.12 menunjukkan nilai resistivitas yang didapat dengan menggunakan sumber dipole listrik horizontal (Zonge and Hughes, 1991).

$$\rho = \frac{r}{2} \left| \frac{E_\phi}{H_r} \right| \quad (2.11)$$

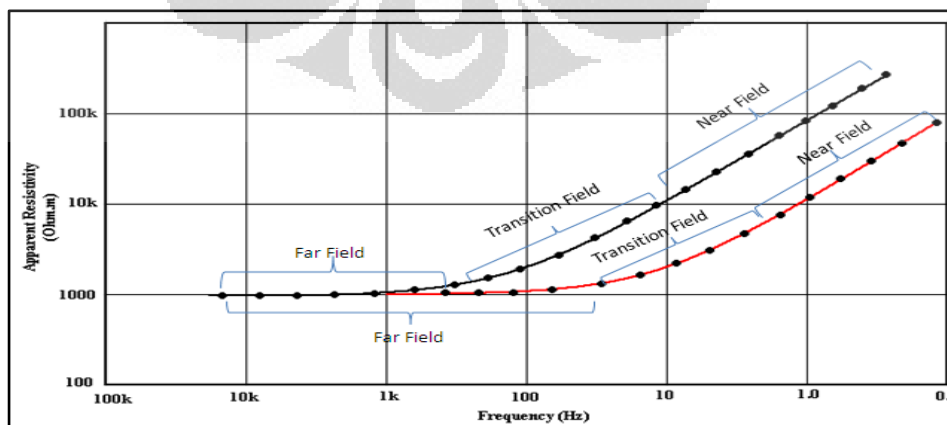
$$\rho = \frac{1}{\mu\omega} \left| \frac{E_\phi}{H_r} \right|^2 = \frac{1}{5f} \left| \frac{E_x}{H_y} \right|^2 \quad (2.12)$$

Demikian pula dengan menggunakan sumber dipol magnet vertikal, persamaan resistivitas pada zona dekat dan zona jauh berbeda yang dikarenakan faktor geometri. Persamaan 2.13 dan 2.14 menunjukkan nilai resistivitas dengan menggunakan sumber dipol magnet vertikal (Zonge and Hughes, 1991).

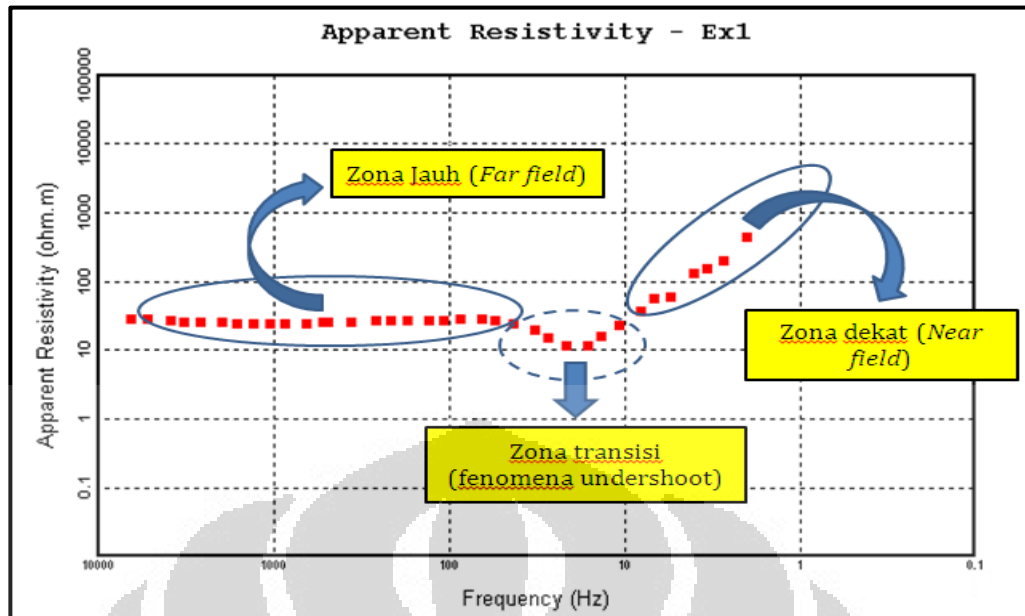
$$\rho = \frac{r}{4} \left| \frac{E_\phi}{H_r} \right| \quad (2.13)$$

$$\rho = \frac{1}{\mu\omega} \left| \frac{E_\phi}{H_r} \right|^2 = \frac{1}{5f} \left| \frac{E_x}{H_y} \right|^2 \quad (2.14)$$

Berikut merupakan contoh data yang mengandung zona jauh (*far field*), zona transisi (*transision zone*), dan zona dekat (*near field*)



Gambar 2.3 Zona Jauh (*far field*) dan Zona Dekat (*near field*) (Mitsuru Yamashita, 2006)



Gambar 2.4 Zona Jauh (*far field*), Zona Transisi (*transision zone*), dan Zona dekat (*near field*) Dari Data Pengukuran

Pada setiap pengukuran semua metode geofisika tidak lah selalu menghasilkan data yang sempurna, tidak ter kecuali metode CSAMT ini. Data yang dihasilkan dapat mengandung *noise*. *Noise* tersebut dapat diakibatkan dari alam ataupun teknis dilapangan. Zonge membagi *noise* pada pengukuran metode CSAMT menjadi 5 macam, yaitu :

- Kesalahan operator (*operator error*)
Kesalahan ini disebabkan oleh *human error*. Kesalahan ini dapat berupa kesalahan yang disebabkan oleh pengguna alat, dimana operator tersebut salah memasang kabel-kabel, serta kesalahan menentukan konfigurasi medan magnet dan medan listrik.
- Gangguan instrumentasi alat (*instrumentation noise*)
Kesalahan ini meliputi kesalahan pada komponen alat itu sendiri seperti impedansi yang rendah pada *receiver*, serta pemasangan kabel sambungan yang kurang sempurna.
- Gangguan lingkungan (*cultural noise*)
Gangguan ini disebabkan oleh lingkungan daerah pengukuran, dimana pada lintasan pengukuran terdapat *power line* atau jaringan kabel bertegangan tinggi, hal ini dapat mempengaruhi kualitas data medan

magnet dan medan listrik yang terukur. Cara menghindari gangguan ini adalah dengan men desain pengukuran yang baik, serta menggunakan *filter* yang digunakan pada frekuensi *noise* yaitu 50 Hz dan 60 Hz yang merupakan *noise* frekuensi jaringan listrik.

- *Atmospheric & telluric noise*

Gangguan ini bersifat alami artinya bersumber dari alam yang disebabkan oleh aktifitas atmosfer dan arus telurik di dalam bumi. kasus *noise* yang bersumber dari atmosfer dapat berupa petir yang sifatnya memiliki frekuensi tinggi dan tidak dapat diprediksi kapan akan terjadinya, untuk mengatasinya digunakan *low pass filter*. Sedang untuk *noise* aktifitas telurik di dalam bumi yaitu dapat berupa arus bumi dengan frekuensi dc hingga 1 Hz, dapat diatasi dengan menolak sinyal pada frekuensi tersebut.

- Gangguan angin (*wind noise*)

Gangguan ini juga bersifat alami, dimana tidak dapat diprediksi kapan angin tersebut terjadi, gangguan ini dapat menyebabkan guncangan atau getaran yang dapat mempengaruhi kestabilan antena medan magnet, yang berakibat data medan magnet yang dihasilkan kurang maksimal untuk mencegahnya antena medan magnet tersebut harus dikubur didalam tanah, agar terhindar dari getaran atau guncangan akibat angin tersebut.

Keuntungan dari Metode CSAMT adalah :

- Pada Metode CSAMT memiliki sinyal yang lebih kuat terutama bila dibandingkan dengan medan alami yang lemah pada batasan 1000 Hz ~ 3000 Hz, keadaan ini sering menyulitkan untuk memperoleh data yang berkualitas dengan menggunakan Metode AMT.
- Mempunyai sinyal yang koheren sehingga meningkatkan keefektifan pemrosesan sinyal untuk menghilangkan noise.
- Survei dengan menggunakan Metode CSAMT lebih cepat dan lebih ekonomis (murah).

Kekurangan Metode CSAMT bila dibandingkan Metode AMT adalah :

- Diperlukannya pemancar (*transmitter*) pada Metode CSAMT.
- Kemungkinan jarak yang dekat antara *transmitter* (Tx) dengan *receiver* (Rx) sehingga menimbulkan efek *near field*.

- Pengukuran yang tidak menggunakan konfigurasi Tensor secara penuh menghasilkan informasi yang lebih sedikit.
- Umumnya berkaitan pada pembatasan kekuatan *transmitter* sehingga kedalam investigasi lebih dangkal.

2.2. Dasar Teori *Resistivity*

Metoda geolistrik merupakan salah satu metoda geofisika untuk menyelidiki kondisi *subsurface* atau bawah permukaan, yaitu dengan mempelajari sifat penalaran arus listrik dan mempelajari karakteristik sifat fisis pada batuan dibawah permukaan bumi. Penyelidikan ini meliputi pendeteksian besarnya medan potensial, medan elektromagnetik dan arus listrik yang mengalir di dalam bumi baik secara alamiah (metoda pasif) maupun akibat injeksi arus ke dalam bumi (metoda aktif) dari permukaan.

Metode geolistrik mempunyai prinsip dasar mengirimkan arus ke bawah permukaan, dan mengukur kembali beda potensial pada arus yang mengalir di suatu batuan yang kemudian diterima kembali di permukaan. Hanya saja perlu diingat bahwa untuk daerah dengan formasi yang bersifat isolator metoda geolistrik ini tidak efektif.

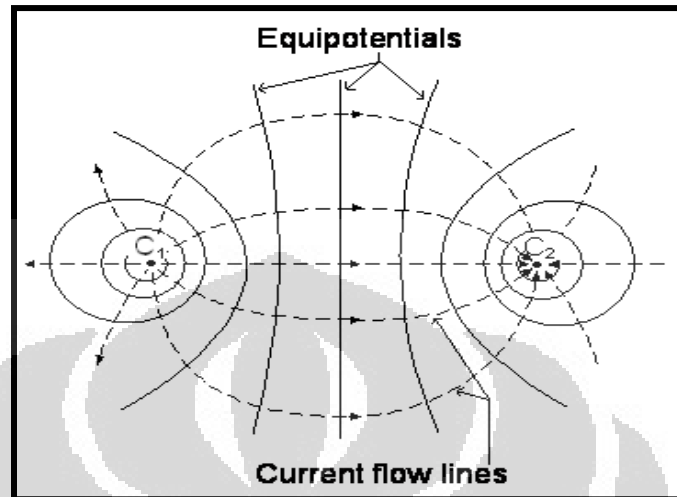
Pengukuran resistivity dilakukan dengan cara menginjeksikan arus ke bumi. Karena setiap benda atau batuan memiliki sifat resistivitas yang berbeda-beda dengan demikian dapat mengetahui beda potensial akibat dari penginjeksian arus tersebut. Adapun hubungannya dengan hukum Ohm dapat dijelaskan sebagai berikut.

$$R = \frac{V}{I} \quad (2.15)$$

$$R = \frac{\rho L}{A} (\Omega) \quad (2.16)$$

$$\rho = \frac{VA}{IL} (\Omega m) \quad (2.17)$$

Berikut merupakan pola penyebaran arus yang diinjeksikan ke permukaan bumi.



Gambar 2.5 Pola Penyebaran Garis *Equipotensial*.

2.2.1 Faktor Geometri

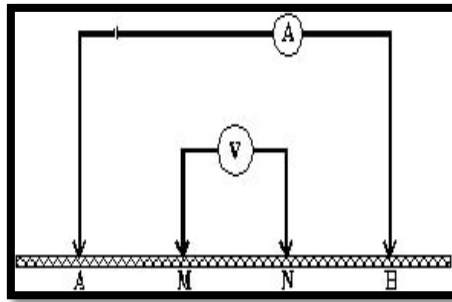
Dalam melakukan eksplorasi dengan menggunakan metode IP atau induksi polarisasi diperlukan pengetahuan perbandingan posisi titik pengamatan terhadap sumber arus. Perbedaan letak titik tersebut akan mempengaruhi besar medan listrik yang akan diukur. Besaran koreksi terhadap perbedaan letak titik pengamatan tersebut dinamakan *faktor geometri*. Faktor geometri diturunkan dari beda potensial yang terjadi antara elektroda potensial *MN* yang diakibatkan oleh injeksi arus pada elektroda arus *AB*, yaitu :

$$\Delta V = VM - VN = \frac{I\rho}{2\pi} \left[\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right) \right]^{-1} \frac{\Delta V}{I}$$

$$\rho = 2\pi \left[\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right) \right]^{-1} \frac{\Delta V}{I}$$

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I}$$

(2.18)



Gambar 2.6 Susunan Elektroda Arus dan Potensial.

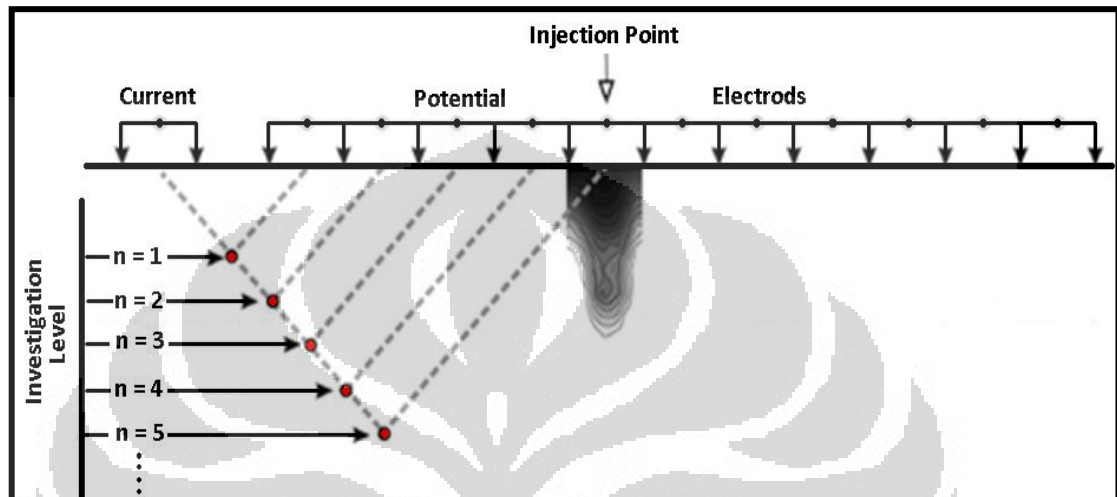
Faktor Geometri K , merupakan unsur penting dalam perdugaan geolistrik suatu benda atau batuan di bawah permukaan baik pendugaan vertikal maupun horizontal, karena faktor Geometri akan tetap untuk posisi AB dan MN yang tetap.

2.2.2 Teknik Pengukuran *Resistivity*

Dalam survei *resistivity*, dikenal beberapa teknik pengukuran diantaranya adalah *Vertical Electrical Sounding* (VES) dan *Electrical Resistivity Traversing* (ERT).

- *Vertical electrical sounding* (VES) merupakan teknik pengukuran untuk mengukur kedalaman yang bersifat vertikal kebawah, serta lebih sensitif terhadap adanya perubahan resistivity secara vertikal dengan konfigurasi jarak bentangan elektrodanya dan jarak antar sounding-nya dapat diatur secara berubah-ubah (tidak konstan).
- *Electrical Resistivity Traversing* (ERT), Merupakan teknik pengukuran yang dapat mengetahui perubahan resistivity secara *vertikal*, bermanfaat juga untuk mengetahui adanya variasi *resistivity* secara *horizontal* (lateral). Resistivitas kenyataannya bervariasi baik dalam arah vertikal maupun horizontal, sehingga baik VES maupun profiling tidak memberikan hasil yang akurat (Khan, 2000). Oleh karena itu, untuk dapat mengetahui perubahan dalam kedua arah sekaligus, maka konfigurasi perlu dibentangkan (untuk mengetahui pola vertikal) dan dipindahkan secara lateral (untuk mengetahui pola horizontal). Hasil dari data

yang didapatkan dari lapangan kemudian diplot dalam bentuk penampang pseudosection. Resistivitas yang diplotkan pada penampang ini masih merupakan resistivitas semu (apparent resistivity) dan kedalamannya masih dalam bentuk kedalaman efektif ($AB/4$),

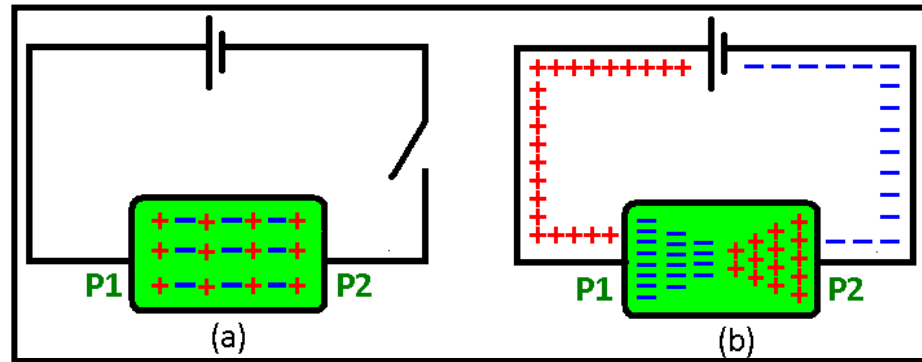


Gambar 2.7 Susunan Elektrode Untuk Survey 2-D DC-Resistivity Dipole - dipole (Loke, 2004).

2.3 Metode *IP (Induced Polarization)*

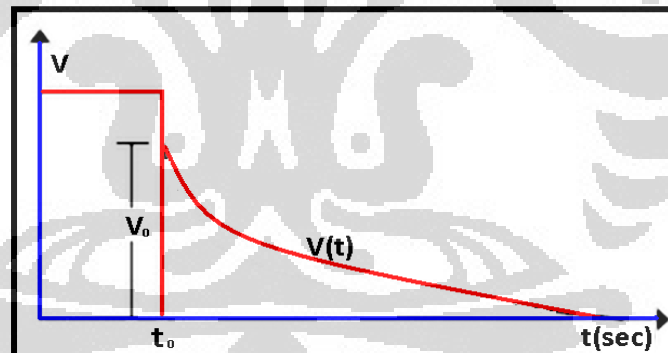
Metode *IP (Induced Polarization)* merupakan salah satu pengembangan metode Resistivitas yang termasuk dalam metode Geofisika juga. Metode *IP* bekerja dengan cara memberikan arus induksi ke bawah permukaan bumi. Pada metode *IP* ini dilakukan penginjeksian arus ke bumi, serta mengukur beda potensial suatu batuan yang bersifat heterogen akibat terpolarisasi sesaat. Kondisi terpolarisasi sesaat ini dikarenakan ion-ion di batuan mengalami pengkutuban akibat injeksi arus tersebut. Setelah arus listrik dimatikan, maka ion-ion yang awalnya terjadi pengkutuban perlahan mulai kembali seperti sebelum di injeksikan arus.

Gambar 2.8 menunjukkan respon ion-ion di bawah permukaan sebelum dan sesudah diberikan arus, saat sebelum diberikan arus ion stabil masih terdistribusi acak, kemudian setelah diinjeksi arus akan mengalami pengkutuban sesaat, sesuai dengan polarisasi masing-masing ion, dalam hal ini ion positif dan negatif.



Gambar 2.8 (a) Merupakan Distribusi Ion Stabil Sebelum Injeksi Arus. (b) Kondisi Ion Terpolarisasi Sesaat Akibat Injeksi Arus.

Gambar 2.9 merupakan pola penyebaran ion-ion sebelum dan sesudah diinjeksikan arus. Saat arus diputus beda potensialnya tidak langsung turun drastis melainkan akan turun secara perlahan. Proses penurunan beda potensial secara perlahan disebabkan oleh arus yang tersimpan pada pori-pori batuan yang bersifat konduktif, berikut adalah sketsa penurunan beda potensial secara perlahan.

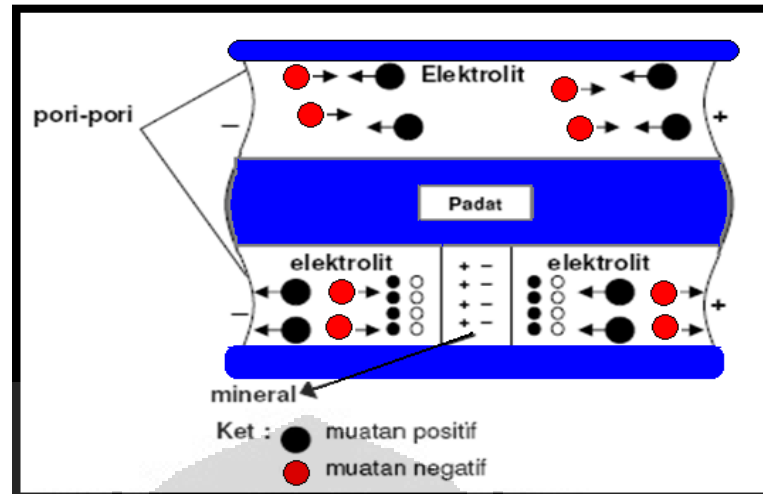


Gambar 2.9 Grafik Peluruhan Potensial (Keller and Friscknecht, 1966)

2.3.1 Jenis Polarisasi Metode IP (*Induced Polarization*)

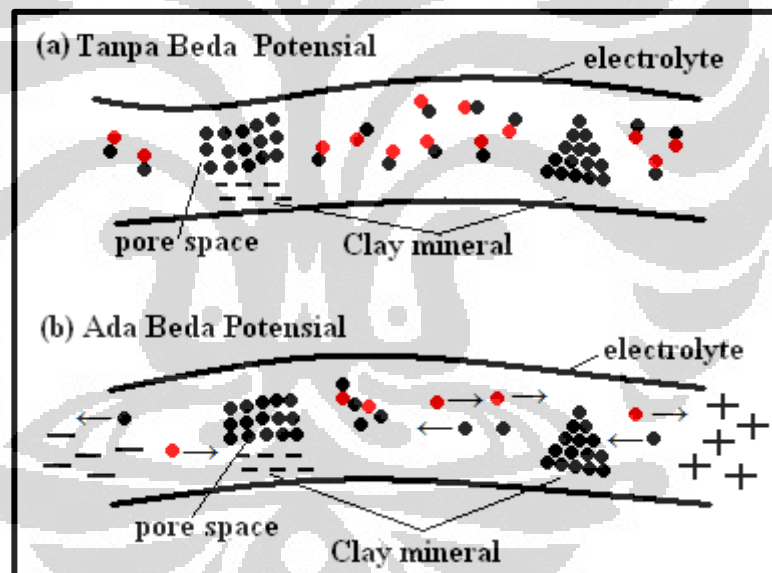
- Polarisasi Elektroda

Model penampang melintang sebuah batuan dalam skala mikroskopis dan terdapat larutan elektrolit yang mengisi pori-pori batuan. Dalam hal menghantarkan arus listrik, larutan elektrolit yang mengisi pori-pori batuan merupakan media yang baik untuk menghantarkan arus listrik.



Gambar 2.10 Model Penampang Melintang Batuan dan Gerakan Ion – ion Pada Pori-pori Batuan (Telford, 1990)

- Polarisasi Membran



Gambar 2.11 Model Polarisasi Membran (a) Tanpa Beda Potensial, (b) Ada Beda Potensial (Telford, 1990)

Gambar 2.11 merupakan model dalam skala mikroskopis. Terlihat adanya proses penghambatan mobilisasi ion-ion oleh polarisasi membran saat arus diinjeksikan. Penghambatan mobilisasi ion-ion ini akan sangat besar pengaruhnya bila perubahan medan listrik yang lambat dengan frekuensi yang lebih kecil dari 0.01 Hz dengan kata lain batuan memiliki impedansi yang lebih besar pada frekuensi rendah. Hal ini berlaku sebaliknya untuk frekuensi besar.

Polarisasi membran terjadi sebagai akibat keberadaan partikel lempung pada pori-pori batuan. Partikel lempung memiliki sifat bermuatan negatif yang sangat besar yang menyebabkan ion-ion positif pada fluida elektrolit akan tertarik ke arah partikel lempung yang bermuatan negatif. Hal ini menyebabkan ion positif akan terakumulasi pada sisi pori - pori batuan dan ion negatif yang berasal dari fluida elektrolit akan menjauh dari partikel lempung. Akumulasi ion positif ini tidak akan terlalu berpengaruh bila tidak diberikan beda potensial pada batuan tersebut. Namun jika diberikan beda potensial maka muatan elektron yang berasal dari arus listrik yang diinjeksikan ke dalam struktur batuan akan terhambat oleh akumulasi ion positif tersebut. Proses penghambatan inilah yang menjadi konsep dasar dari polarisasi membran dalam pori – pori batuan.

2.3.2 Pengukuran Metode IP (*Induced Polarization*)

Terdapat dua jenis pengukuran IP (*Induced Polarization*) yang pertama menggunakan Frekuensi Domain dan Time Domain. Untuk

- Frekuensi Domain

Merupakan pengukuran untuk mencari nilai resistivitas dengan memfariasikan dua buah frekuensi. Yang pertama frekuensi tinggi dengan frekuensi sebesar 3 Hz dan frekuensi rendah dengan menggunakan frekuensi rendah 0.3 Hz.

Pada pengukuran metode IP kawasan frekuensi adalah mengukur persen perbedaan antara impedansi pada waktu frekuensi tinggi dan frekuensi rendah. Jadi persen perbedaan akan bertambah besar untuk batuan yang mempunyai sifat polarisasi yang besar. Dalam kawasan ini sumber arus yang dipakai adalah arus AC dan diukur potensialnya sebagai fungsi dari frekuensi sumber arus yang digunakan (Telford, 1990). Ada beberapa parameter dalam kawasan frekuensi, diantaranya adalah resistivitas semu, *Percent Frequency Effect* dan *Metal Factor*. Parameter yang dapat dihitung adalah:

- Tahanan Jenis Semu (ρ_a)

Resistivitas atau tahanan jenis merupakan parameter sifat fisis yang menunjukkan daya hambat suatu medium (batuan) dalam mengalirkan arus listrik.

Jika bumi diasumsikan homogen, isotropis, dimana resistivitas yang terukur merupakan resistivitas sebenarnya (true resistivity) dan tidak tergantung pada spasi (jarak) antar elektroda. Tetapi pada kenyataannya, bumi terdiri dari lapisan-lapisan (heterogen) dengan ρ yang berbeda-beda, sehingga potensial yang terukur merupakan potensial dari pengaruh lapisan-lapisan tersebut. Karena itu, harga resistivitas yang terukur merupakan resistivitas gabungan dari beberapa lapisan tanah yang dianggap sebagai satu lapisan (apparent resistivity) dan besar nilai tergantung oleh faktor geometri susunan elektrodanya.

Resistivitas diturunkan dari persamaan hukum ohm dengan tambahan konstanta k sebagai faktor geometri batuan. Harga resistivitas semu (ρ_a) dirumuskan dengan:

$$\rho_a = k \frac{\Delta V}{I} \quad (2.19)$$

$$k = 2\pi a (n+1)(n+2)$$

Dimana:

ρ_a	= Resistivitas semu (ohm meter)
k	= Faktor geometri
ΔV	= Beda potensial yang terukur
I	= Kuat arus yang terukur

Setiap batuan penyusun bumi mempunyai nilai resistivitas yang berbeda-beda tergantung dari beberapa faktor yang mempengaruhi diantaranya adalah :

1. Kandungan Mineral Logam
2. Kandungan Elektrolit Padat
3. Kandungan Air Garam
4. Tekstur Batuan
5. Porositas batuan
6. Permeabilitas Batuan dan
7. Temperatur

➤ *Percent Frequency Effect (PFE)*

PFE merupakan efek frekuensi dengan jumlah kandungan mineral logam (Telford, 1976). Nilai PFE menjelaskan hubungan antara efek frekuensi dengan mineralisasi sulfida yang biasanya berasosiasi dengan keberadaan logam emas, dengan demikian parameter PFE diharapkan dapat memberikan informasi mengenai keberadaan endapan emas. Frekuensi yang digunakan biasanya disebut frekuensi *DC* untuk frekuensi rendah (0,3 hz) dan frekuensi *AC* untuk frekuensi tinggi (3 hz). Frekuensi efek ini dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \rho_{dc} &= \text{rho freq rendah} \\ \rho_{ac} &= \text{rho freq tinggi} \end{aligned} \quad \boxed{PFE = 100\% \frac{\rho_{dc} - \rho_{ac}}{\rho_{ac}}} \quad (2.20)$$

➤ *Metal Faktor (MF)*

Dari hubungan PFE dan ρ_a , didapat apa yang disebut *metal factor* (MF) yang didefinisikan sebagai besaran yang menentukan seberapa banyak mineral logam (misalnya sulfida) dalam batuan, dirumuskan :

$$MF = \frac{PFE}{\rho_{hf}} \times C \quad (2.21)$$

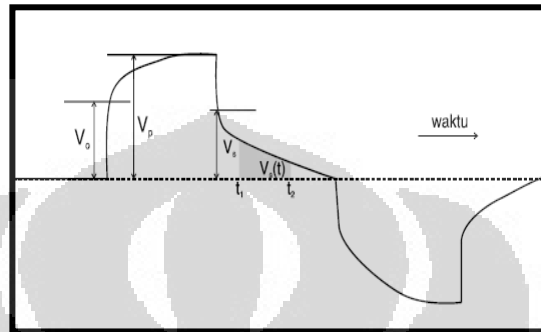
Keterangan :

MF	= <i>Metal factor</i>
PFE	= <i>Percent frequency effect (%)</i>
ρ_{hf}	= <i>Nilai resistivitas terukur pada frekuensi tinggi (ohm.m)</i>
C	= <i>Konstanta penjamin factor logam tidak kecil, biasa digunakan Nilainya $1 - 2 \times 10^3$</i>

- Time domain

Dalam kawasan waktu berhubungan erat dengan proses penurunan tegangan. Pada saat arus diputus, maka seolah-olah terjadi pengisian dan pemutusan arus secara periodik oleh kedua buah elektroda arus yang terlacak pada saat pengukuran arus. Lain halnya yang terjadi pada kedua buah elektroda potensial, alat ukur potensial akan melacak pulsa yang tidak persegi lagi, jika

diambil sebuah pulsa maka akan terlihat jelas adanya penurunan tegangan secara perlahan-lahan (*decay*). Tegangan pada saat arus belum diputus dicatat sebagai tegangan primer (V_p) sedangkan tegangan pada saat arus mulai diputus dicatat sebagai tegangan sekunder (V_s) (Telfrod, dkk. 1990). Parameter yang dihitung sebagai petunjuk adanya polarisasi dalam kawasan waktu adalah:



Gambar 2.12 Menunjukkan Polarisasi Pada Kawasan Waktu

➤ **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 (mV), sedang tegangan normal dalam volt (Robinson and Cahit. 1998). Akibat efek induksi polarisasi sering dinyatakan dalam milivolt/volt dengan perbandingan:

$$IP\ Effect = \frac{V_s}{V_p} \times 100\% \quad (2.22)$$

dimana: $V_s(t)$ = tegangan sekunder pada saat t_1

V_p = tegangan primer

➤ **Chargeability**

Merupakan pengukuran yang sering dipakai dalam pengukuran induksi polarisasi dengan metode “*time dimain*”, *chargeability* (M) didapatkan dalam satuan milidetik dan dinyatakan sebagai:

$$M = \frac{1}{V_p} \int_{t_1}^{t_2} V_s(t) dt \quad (2.23)$$

$V_s = \text{tegangan sekunder pada saat } (t) \text{ setelah arus listrik diputus}$

$V_p = \text{tegangan primer (Telford, 1990).}$

2.3.3 Hubungan IP Time Domain Dan Frekuensi Domain

Secara teori, hasil pengukuran IP dalam kawasan waktu dan kawasan frekuensi menghasilkan hal yang sama. Secara praktis konversi dalam kawasan waktu ke kawasan frekuensi cukup sulit. Gelombang kotak yang digunakan dalam kawasan waktu mengandung semua frekuensi. Dalam *Telford, 1976* dirumuskan :

$$M = FE / (1 + FE) \quad (2.24)$$

dimana $FE \ll 1$

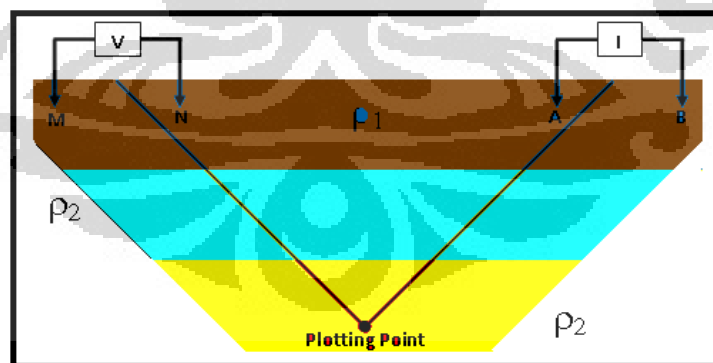
Parameter MF juga dapat digunakan pada kawasan waktu yaitu

$$\text{MetalFactor}(MF) = 1000M / \rho \quad (2.25)$$

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

2.3.4 Konfigurasi Dipole-Dipole

Konfigurasi dipol – dipol merupakan konfigurasi yang dipergunakan dalam pengukuran. Gambar 8 merupakan susunan elektroda konfigurasi dipol – dipol.



Gambar 2.13 Susunan Elektroda Konfigurasi Dipole-dipole.

Dimana :

- | | | |
|-------------|-----------------------|------------------------------|
| AB | : elektroda arus | $r_1 = MB = 2a+na$ |
| MN | : elektroda potensial | $r_2 (MA) = r_3 (NB) = a+na$ |
| AB = MN = a | (dalam satuan meter) | $r_4 = NA = na$ |

Sehingga untuk konfigurasi dipol-dipol beda potensial antara titik N dan M adalah:

$$V = \frac{I\rho}{2\pi} \left\{ \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\} \quad (2.26)$$

$$\rho = K \frac{V}{I} \quad (2.27)$$

$$\begin{aligned} K &= 2\pi \left[\left(\frac{1}{2a+na} - \frac{1}{a+na} \right) - \left(\frac{1}{a+na} - \frac{1}{na} \right) \right]^{-1} \\ &= 2\pi \left[\frac{-1}{2a+3na+n^2a} - \frac{-1}{na+n^2a} \right]^{-1} \\ &= 2\pi \left[\frac{2n+1}{na^3+4n^2+5n+2} \right]^{-1} \\ &= 2\pi \left[\frac{na^2+2n+1}{2n+1} \right] \end{aligned} \quad (2.28)$$

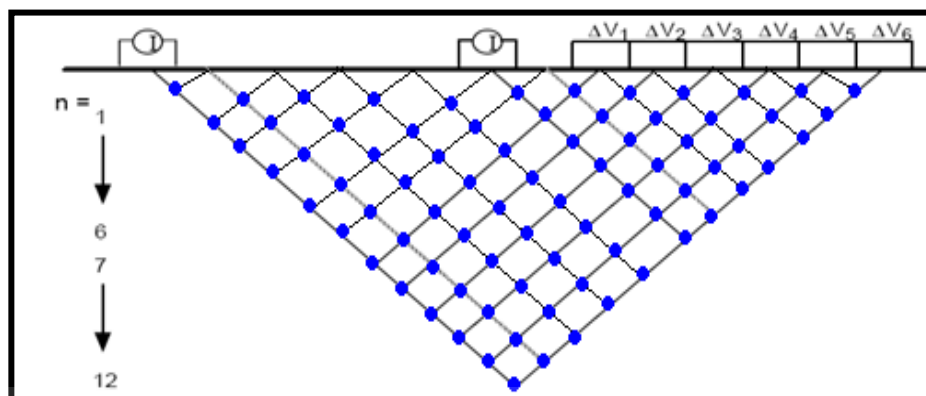
Persamaan di atas disederhanakan menjadi :

$$K = n\pi a (n+1)(n+2) \quad (2.29)$$

Dengan K merupakan faktor geometri yang nilainya bervariasi bergantung pada jarak dari “a”. Kemudian dengan mensubstitusi nilai K terhadap persamaan di atas dapat dihitung nilai resistivity tiap kedalaman adalah :

$$\rho_a = n\pi a (n+1)(n+2) \frac{V}{I} \quad (2.30)$$

Jarak antara pasangan elektroda arus adalah “a” yang besarnya sama dengan jarak pasangan elektroda potensial. Terdapat besaran lain dalam susunan ini, yakni “n”. Ini adalah perbandingan antara jarak elektroda arus-potensial terhadap jarak antara kedua pasang elektroda arus atau potensial. Besarnya “a” dibuat tetap serta faktor “n” meningkat mulai dari 1 ke 2 ke 3 sampai sekitar 6 untuk meningkatkan *depth of investigation*.



Gambar 2.14 Susunan elektrode untuk survey 2-D DC-Resistivity dipole – dipole

Sebuah titik data pada plot ini terdapat pada perpotongan garis yang ditarik, dari pusat dipol elektroda, 45 derajat terhadap horisontal (Bodmer dan Stanley, 1968). Seiring membesarnya faktor “n” harga sensitivitas tinggi semakin terkonsentrasi di bawah pasangan elektroda arus dan potensial, sedangkan harga sensitivitas di bawah elektroda arus-potensial terdalam semakin mengecil.

2.4 Metode magnetik

Metode magnetik merupakan salah satu metode geofisika yang aplikasinya sangat sering digunakan di bidang eksplorasi. Penggunaan metode magnetik pada eksplorasi didasarkan pada sifat kemagnetan masing-masing batuan, perbedaan ini dipengaruhi oleh perbedaan karakteristik batuan tersebut, metode magnetik sangat efektif untuk menentukan struktur bawah permukaan serta mineral logam yang terkandungnya.

Metode magnetik merupakan suatu metode yang bertujuan untuk menghitung medan magnet yang ada di bumi. Metode magnetik dalam aplikasi geofisika akan tergantung pada pengukuran yang akurat dari anomali medan geomagnet lokal yang dihasilkan variasi intensitas magnetisasi dalam formasi batuan. Intensitas magnetik dalam batuan itu sendiri sebagian disebabkan oleh induksi dari magnet bumi dan sisanya disebabkan oleh adanya magnetisasi permanen. Intensitas dari induksi geomagnet akan bergantung pada suseptibilitas magnetik batuan dan gaya magnetnya, serta intensitas permanennya pada sejarah geologi terbentuknya batuan tersebut.

Gaya magnetik menurut hukum Coloumb, bila terdapat muatan atau kutub (m_1 dan m_2) yang berada dalam jarak r maka kedua muatan atau kutub tersebut, bila sejenis akan tolak menolak sedangkan kalau berlawanan jenis akan tarik-menarik dengan gaya (\bar{F}) sebesar (Grand and West, 1965):

$$\bar{F} = \frac{m_1 m_2}{\mu_0 r^2} \hat{r}_1 \quad (2.31)$$

dengan μ_0 adalah permeabilitas medium dalam ruang hampa, tidak berdimensi dan berharga satu. Gaya (\bar{F}) tersebut mempunyai satuan *dyne* (cgs) atau *Newton* (SI).

2.4.1 Kuat Medan Magnetik

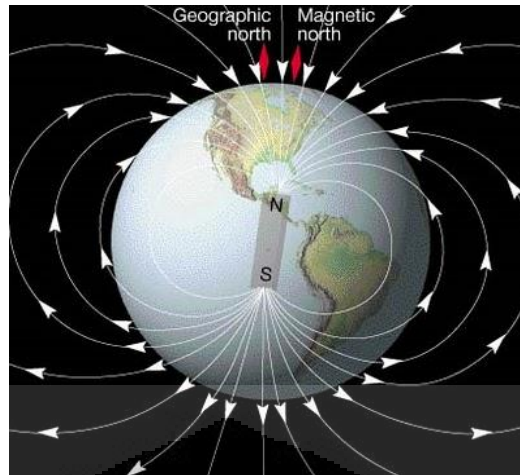
Kuat medan magnetik (\vec{H}) ialah besarnya medan magnet pada suatu titik dalam ruangan yang timbul sebagai akibat adanya kuat kutub yang berada sejauh r dari titik m tersebut. Kuat medan magnet \vec{H} didefinisikan sebagai gaya persatuan kuat kutub magnet (Telford, 1976):

$$\vec{H} = \frac{F}{m_2} = \frac{m_1}{\mu_0 r^2} \hat{r}_1 \quad (2.32)$$

Satuan untuk kuat medan magnet H adalah Oersted (1 Oersted = 1 *dyne / unit kutub*) (cgs) atau A/m (SI).

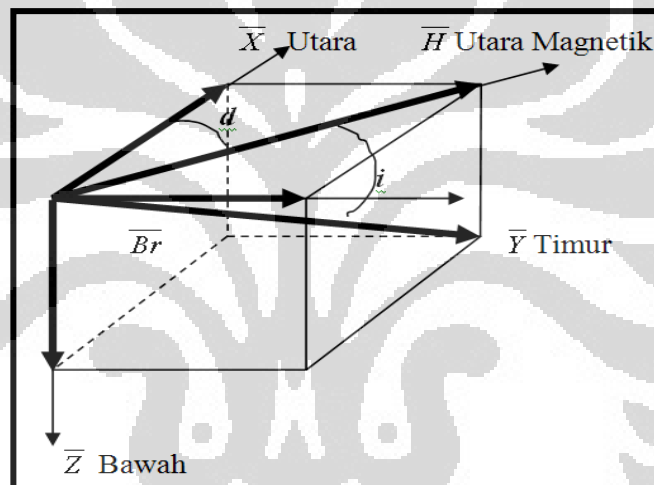
2.4.2 Medan Magnet Bumi

Penyebab terjadinya proses magnetisasi pada batuan umumnya bersumber dari medan magnet bumi, bumi juga dapat diasumsikan sebagai dinamo. Dimana pada teori dinamo tersebut menyatakan adanya konveksi arus bawah permukaan bumi akibat reaksi nuklir pada inti luar bumi yang mayoritas merupakan material besi dan nikel cair. Konveksi ini menyebabkan adanya arus listrik pada inti bumi, dan arus tersebut memunculkan medan magnet bumi dimana kedua kutubnya berada dekat dengan kutub-kutub bumi.



Gambar 2.15 Dipole Magnet Bumi

Medan magnet bumi mempunyai beberapa elemen, seperti gambar di bawah ini



Gambar 2.16 Elemen Medan Magnet Bumi

Arah vektor medan magnet yaitu medan total (\vec{B}_r), medan horizontal (\vec{H}), medan vertikal (\vec{V}), komponen \vec{H} ke arah utara (\vec{X}), komponen \vec{H} ke arah timur (\vec{Y}), deklinasi (d) dan inklinasi (i).

Intensitas untuk komponen horizontalnya adalah :

$$\vec{H} = \sqrt{\vec{X}^2 + \vec{Y}^2} \quad (2.33)$$

Intensitas total medan magnetik bumi adalah :

$$\vec{B}_r = \sqrt{\vec{H}^2 + \vec{Z}^2} = \sqrt{\vec{X}^2 + \vec{Y}^2 + \vec{Z}^2} \quad (2.34)$$

Medan magnet bumi juga mempunyai sudut inklinasi (i) dan deklinasi (d). Sudut inklinasi yaitu sudut vertikal antara vektor intensitas medan total dengan bidang horisontal (Shuey, 1982).

$$i = \arctan \frac{\bar{Z}}{\sqrt{\bar{X}^2 + \bar{Y}^2}} \quad (2.35)$$

Deklinasi merupakan sudut yang dibentuk antara utara geografis dengan utara magnet.

$$D = \arcsin \frac{\bar{Y}}{\sqrt{\bar{X}^2 + \bar{Y}^2}} \quad (2.36)$$

Di dalam pelaksanaan survei dengan menggunakan metode magnetik, variasi medan magnet yang terukur di permukaan inilah yang merupakan target dari penelitian. Adapun besar anomali medan magnetik berkisar ratusan hingga ribuan nano-tesla (nT), tetapi ada juga yang lebih besar dari 100.000 nT yang berupa endapan magnetik. Secara garis besar anomali medan magnet disebabkan oleh adanya medan magnet remanen dan medan magnet induksi. Medan magnet remanen mempunyai peranan yang besar terhadap magnetisasi batuan yaitu pada besar dan arah medan magnetnya serta berkaitan dengan peristiwa kemagnetan sebelumnya sehingga sangat rumit untuk diamati. Sisa kemagnetan ini disebut dengan *Normal Residual Magnetism* yang merupakan akibat dari magnetisasi medan utama (*main field*).

Anomali yang diperoleh dari survei merupakan hasil gabungan medan magnet remanen dan induksi, bila arah medan magnet remanen sama dengan arah medan magnet induksi maka anomalnya bertambah besar, demikian pula sebaliknya. Dalam survei magnetik, efek medan remanen akan diabaikan apabila anomali medan magnet kurang dari 25 % medan utama magnetik bumi (Baranov, 1957).

2.4.3 Anomali Medan Magnet Total Bumi

Di dalam penelitian dengan metode magnetik, pada umumnya proses pengambilan data dilakukan dengan menggunakan *magnetometer* (misalnya, *PPM*). Instrumen ini mengukur besarnya (*magnetude*) medan magnet total tanpa memandang arah vektornya. Anomali medan magnetik total bumi merupakan medan magnet yang dibangkitkan oleh anomali atau batuan termagnetisasi pada kerak bumi sebagai akibat adanya induksi medan utama magnetik bumi. Anomali ini dihitung dari pengukuran medan magnet total dikurangi medan utama magnetik bumi tersebut (Menggunakan nilai *IGRF* yang sesuai dengan lokasi penelitian).

Medan utama magnetik bumi (*main field*) B_M dan medan magnet benda penyebab anomali medan magnet B_A memberikan sumbangan dalam medan magnet total bumi sehingga medan magnet total bumi pun berubah dan dapat ditulis dengan (Blakely, 1995):

Medan magnet yang ada di bumi ini pada saat melakukan pengukuran dapat dibagi menjadi beberapa bagian, diantaranya:

- Medan magnet bumi utama

Penyebab timbulnya medan magnet bumi utama adalah suatu gejala yang terjadi didalam bumi. Medan magnet bumi utama ini tidak konstan, namun mengalami perubahan terhadap waktu, sesuai dengan keadaan didalam bumi. Perubahan ini relatif kecil dan sangat lamban, biasanya disebut sebagai variasi sekular.

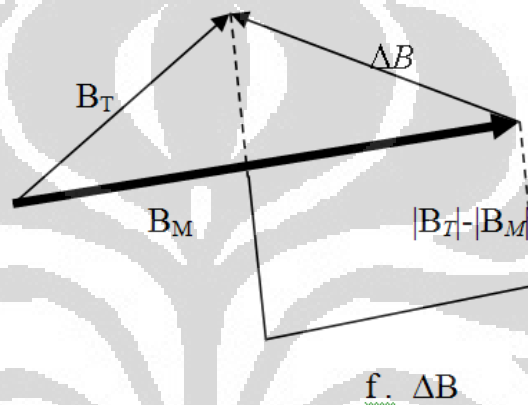
Besarnya perubahan untuk setiap tempat tidak sama. Penyebab timbulnya variasi sekuler ini belum diketahui secara pasti. Beberapa ahli menduga bahwa perubahan ini disebabkan arus konveksi dalam inti bumi. Medan magnet bumi merupakan besaran vektor sehingga dapat dinyatakan dalam komponen-komponennya, yaitu komponen horizontal dan komponen vertikal. Dalam menguraikan medan magnet bumi menjadi komponen-komponennya dikenal besaran-besaran sudut inklinasi (I) dan sudut deklinasi (D). Inklinasi adalah sudut yang dibentuk oleh arah medan magnet bumi disuatu tempat dengan bidang

horizontal. Deklinasi adalah sudut yang dibentuk oleh arah vektor medan magnet bumi disuatu tempat dengan arah Utara geografis.

$$B_T = B_M + B_A \quad (2.37)$$

Jika B_T menggambarkan medan magnet total pada suatu titik dan B_M medan magnet utama bumi pada suatu titik yang sama, seperti yang disajikan dalam gambar di bawah ini, maka anomali medan magnet total diberikan oleh:

$$\Delta T = |B_T| - |B_M| \quad (2.38)$$



Gambar 2.17 Penggambaran Vektor Anomali Medan Magnet Total Bumi

Jika ΔB menggambarkan medan akibat benda anomali, maka medan magnetik total adalah $B_T = B_M + \Delta B$ sehingga persamaan 7 menjadi:

$$\Delta T = |B_M + \Delta B| - |B_M| \neq |\Delta B|$$

Jika $|B_M| > |\Delta B|$ maka dapat digunakan pendekatan

$$\Delta T = |B_M + \Delta B| - |B_M| \quad (2.39)$$

$$\approx \sqrt{B_M^2 + 2B_M \Delta B} - |B_M|$$

$$\approx \sqrt{B_M \cdot B_M} + \frac{1}{2} \frac{1}{\sqrt{B_M \cdot B_M}} (B_M \cdot \Delta B) - |B_M|$$

$$\approx \frac{B_M \cdot \Delta B}{|B_M|} \approx f \cdot \Delta B \quad (2.40)$$

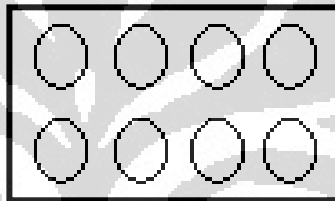
Dengan demikian ΔT dapat didekati sebagai proyeksi ΔB (anomali medan magnetik bumi) pada arah medan magnetik bumi (f).

2.4.4 Jenis-jenis magnet pada batuan

Sifat magnetisasi atau suseptibilitas pada batuan beranekaragam, tergantung pada pembentukan batuan itu sendiri diantaranya :

- Diamagnetik

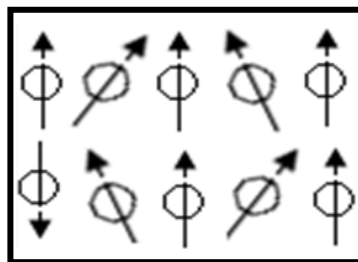
Merupakan jenis magnet dimana jumlah elektron dalam atomnya berjumlah genap dan semuanya sudah saling berpasangan sehingga efek magnetisasinya paling kuat dalam medan polarisasi. Pada diamagnetik ini nilai dari k akan negatif, hal ini menunjukkan bahwa intensitas induksinya akan berlawanan arah dengan gaya magnetnya atau medan polarisasi. Contoh : kuarsa, marmer, air, kayu, dll.



Gambar 2.18 Posisi Momen Magnet Diamagnetik (Syamsu Rosid, 2008).

- Paramagnetik

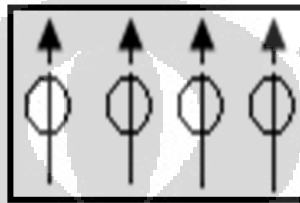
pada paramagnetik ini medan magnetnya hanya akan ada jika dimagnetisasi oleh medan magnet dari luar saja, sehingga jika pengaruh medan magnet dari luarnya dihilangkan maka pengaruh medannya akan menghilang juga. Karena pengaruh termal, maka gerakan elektronnya menjadi random kembali dan nilai k positif dan berbanding terbalik dengan temperatur absolut ($k \propto 1/T$). Jumlah elektron pada paramagnetik adalah ganjil, momen magnet pada paramagnetik ini searah dengan medan polarisasi dan induksi magnetinya bernilai kecil karena hanya sebagian kecil spin yang teraleniiasi.



Gambar 2.19 Posisi Momen Magnet paramagnetik

- Ferromagnetik

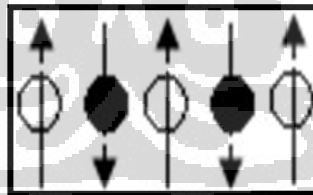
Pada jenis magnet ini sebagian besar elektron tidak memiliki pasangan, sehingga sangat mudah terinduksi medan magnet dari luar serta memiliki sifat suseptibilitas magnetik yang besar. Pada Ferromagnetik ini apa bila ada pengaruh medan magnet dari luar, pengaruh ini juga dipengaruhi kuat medan magnet dari luar serta lingkungan sekitarnya spin magnetiknya hasil penyearahan cenderung mengikuti arah medan magnet pengaruh dari luar, dan arah spin magnet cenderung tidak akan berubah ke keadaan awal.



Gambar 2.20 Arah Spin Magnet Hasil Penyearahan Pengaruh Medan Luar.

- Antiferromagnetik

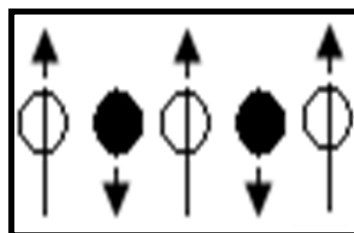
Merupakan jenis material yang tidak umum seperti superkonduktor, pada jenis ini hampir mirip dengan ferromagnetik hanya saja spin magnetiknya bernilai lebih kecil atau sama, arah spin magnetiknya berlawanan dan tidak memiliki gaya magnet.



Gambar 2.21 Arah Spin Magnet Pada Antiferromagnetik

- Ferrimagnetik

Jenis ini hampir menyerupai ferromagnetik, namun perbedaannya arah spin magnetiknya sebagian besar berlawanan.



Gambar 2.22 Arah Spin Magnet Pada Ferrimagnetik

2.4.5 Proses Pembentukan Sifat Magnet Batuan

Pembentukan sifat magnet atau magnetisasi batuan disebabkan oleh induksi medan magnet bumi, namun selain faktor tersebut masih terdapat beberapa faktor lagi yang juga dapat menyebabkan terbaentuknya sifat magnetisasi suatu batuan diantaranya :

- TRM (*Thermo Remanent Magnetic*)

Proses ini terjadi akibat pendinginan dari suhu tinggi, umumnya terbentuk pada magma yang keluar dari perut bumi dan kemudian membeku, cepat lambatnya magma tersebut membeku mempengaruhi sifat kemagnetan batuan tersebut. Sifat kemagnetan ini akan hilang jika dipanaskan melebihi suhu *currie* ($> 600^{\circ}\text{C}$).

- IRM (*Ishothermal Remanent Magnetic*)

Pada proses ini terjadi tanpa adanya perubahan temperatur yang signifikan. Gaya magnetisasi ini bekerja dalam waktu yang singkat, misalnya batuan tersebut terkena sambaran petir, sehingga menyebabkan adanya sifat magnet pada batuan itu (Syamsu Rosid, 2008).

- VRM (*Viscous Remanent Magnetic*)

Proses ini terjadi akibat adanya pengaruh medan magnet yang lemah, namun berlangsung dalam kurun waktu yang sangat lama. Sehingga membuat arah spin magnet dan spin elektron menjadi searah secara perlahan-lahan dan menimbulkan sifat magnet pada batuan secara perlahan.

- DRM (*Detrital / Depositional Remanent Magnetic*)

Proses ini umumnya terjadi pada batuan sedimen, batuan sedimen terbentuk dari serpihan batuan-batuan yang berukuran kecil, sehingga pada daerah tertentu butiran batuan kecil tersebut terakumulasi dan mengalami kompaksi akibat gaya eksogen. Gaya eksogen ini juga berpengaruh terhadap kenaikan suhu (dibawah suhu *currie*). Kenaikan suhu ini dapat membantu pembentukan sifat kemagnetan suatu batuan.

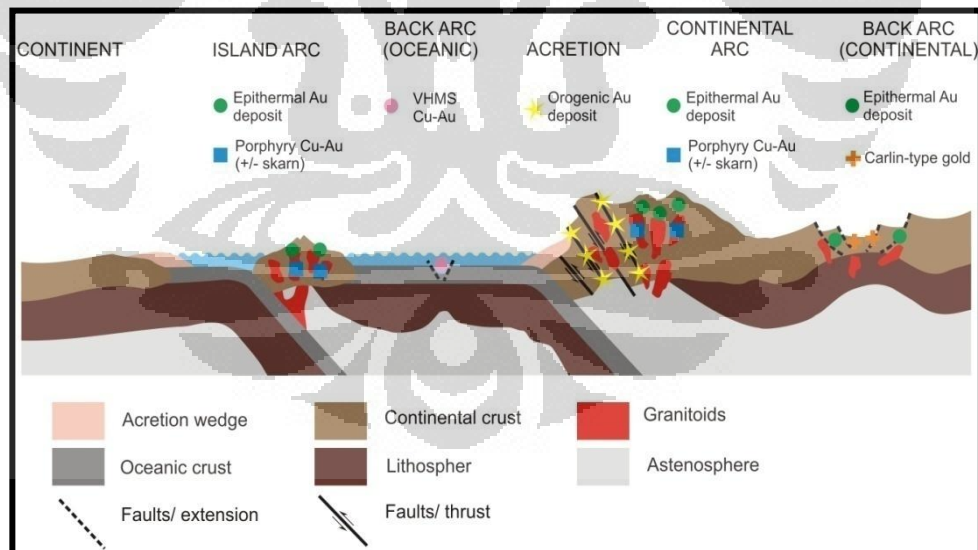
- CRM (*Chemical Remanent Magnetik*)

Proses ini terjadi akibat reaksi kimia yang terjadi dibawah suhu *currie*. Reaksi kimia tersebut dapat mengubah arah spin magnet dan spin elektron. Dari reaksi tersebut dapat menyebabkan timbulnya dan bahkan hilangnya sifat magnetisasi suatu batuan.

2.5 Endapan Hidrotermal

2.5.1 Definisi Larutan Hidrotermal

Larutan hidrotermal adalah suatu cairan panas yang berasal dari kulit bumi yang bergerak ke atas permukaan dengan membawa komponen-komponen pembentuk mineral bijih (Evans, 1993). Larutan hidrotermal pada suatu sistem dapat berasal dari fluida magmatik, air hujan dan *connate* atau fluida yang berisi mineral. Fluida ini dihasilkan selama proses metamorfosi yang menjadi panas di dalam bumi sehingga menjadi larutan hidrotermal. Larutan hidrotermal ini mempunyai komposisi kimia tertentu yang sangat penting untuk mendeterminasi potensi pembentukan mineral bijih pada suatu sistem serta memiliki komponen kimia lain yang berperan dalam pembentukan mineral alterasi.



Gambar 2.23 Sistem Hidrotermal dan Hubungannya Dengan Tatanan Tektonik (*Corbett & Leach, 1996*)

Sistem hidrotermal mungkin berhubungan dengan sumber-sumber panas magmatik, namun mungkin juga tidak. Sistem yang berhubungan dengan sumber panas magmatik biasanya terjadi pada busur vulkanik (termasuk busur belakang),

pada pemekaran samudera, dan mungkin juga di lingkungan *hot spot*. Sedangkan sistem yang tidak berhubungan dengan sumber panas magmatik mungkin ditemukan di lingkungan kontinen yang mengalami *uplifting* cepat dan menyebabkan gradien hidrotermal yang tinggi. Larutan hidrotermal yang ada pada suatu sistem bisa berasal dari larutan magmatik atau dari air meteorik atau kombinasi keduanya. Oleh karena itu, lingkungan tektonik atau geologi yang berbeda akan menghasilkan karakteristik larutan hidrotermal dan kandungan logam yang berbeda pula.

2.5.2 Macam-Macam Endapan Hidrotermal

Berdasarkan temperatur, tekanan dan kondisi geologi pada saat pembentukannya endapan hidrotermal dibagi menjadi 3 jenis yaitu: endapan hipotermal, endapan mesotermal dan endapan epitermal (Lindgren dan Evans 1993). Jenis-jenis endapan tersebut akan dijelaskan sebagai berikut :

2.6 Endapan Hipotermal

Endapan ini terbentuk pada temperatur $\approx 300^{\circ}\text{C} - 600^{\circ}\text{C}$ dan melalui proses diferensiasi terutama dari magma *batholitic* yang terletak paling dekat dengan tubuh intrusi. Endapan ini merupakan endapan urat (*vein*) dan penggantian (*replacement*), kecuali endapan metamorfisme kontak, yang terbentuk pada temperatur dan tekanan tinggi.

Pada endapan ini, biasa terdapat mineral logam yang berupa bornit, kovelit, kalkosit, kalkopirit, pirit, tembaga, emas, wolfram, molibdenit, seng dan perak. Mineral logam tersebut berasosiasi dengan mineral - mineral pengotor seperti piroksen, amfibol, garnet, ilmenit, spekularit, turmalin, topaz, mika hijau dan mika cokelat.

Jika dilihat dari temperatur endapan hipotermal, maka endapan ini terbentuk di dekat daerah intrusi batuan dengan berbentuk *pegmatitic dyke*, endapan metamorfik kontak, *deep seated vein*, dan *porphyry copper*.

2.7 Endapan Mesotermal

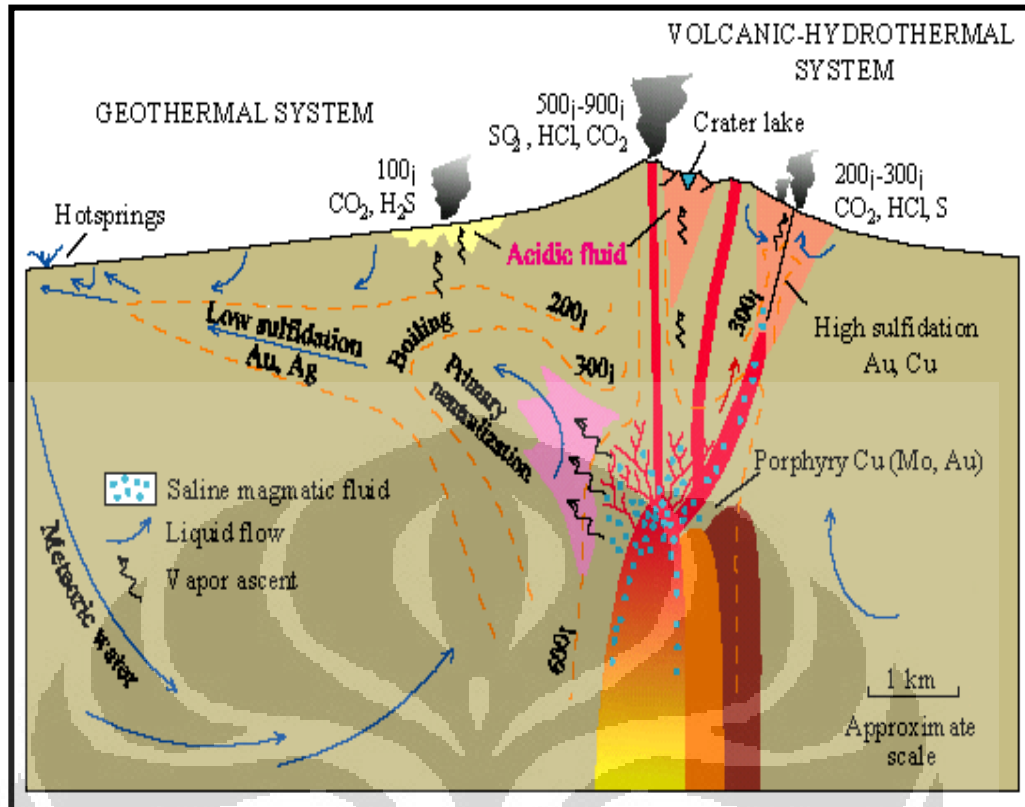
Endapan ini merupakan endapan *metalliferous* yang terbentuk pada suhu 175°C - 300°C dan kedalaman berkisar 4.000 meter sampai 12.000 meter. Endapan ini terletak agak jauh dari tubuh intrusi, maka sumber panas yang utama berasal dari fluida panas yang bergerak naik dari lokasi intrusi menuju lokasi terbentuknya endapan ini. Fluida tersebut berasal dari *meteorik water* yang masuk menuju lokasi intrusi dan mengalami pemanasan yang selanjutnya naik menuju lokasi endapan mesotermal.

Endapan ini dicirikan oleh endapan tipe pengisian rongga, penggantian dan pengkayaan supergen (*supergene enrichment*). Adapun ciri lain adalah memiliki struktur breksiasi jika terbentuk dekat permukaan, maupun bentuk lentikular dan rekahan tak beraturan jika terbentuk lebih dalam. Umumnya bentuk-bentuk urat mengikuti *lamphropic dike*, yang umumnya merupakan manifestasi akhir dari aktivitas batuan beku. Selain itu pada endapan ini dicirikan oleh banyaknya *slickenside*.

Logam utama yang terdapat pada endapan ini antara lain emas, perak, tembaga, seng dan timbal. Mineral bijih yang ditemukan berupa sulfida, arsenida, sulfantimonida, dan sulfarsenida. Pirit, kalkopirit, sfalerit, galena, tetrahedrit, dan tentalit serta emas stabil merupakan mineral bijih yang paling banyak ditemukan. Mineral pengotor yang dominan adalah kuarsa namun selain itu juga dijumpai karbonat seperti kalsit, dolomit, ankerit dan sedikit siderit, florit yang merupakan asosiasi penting.

2.8 Endapan Epitermal

Endapan ini merupakan endapan *metalliferous* yang terbentuk pada suhu 50°C - 300°C dan terletak paling jauh dari tubuh intrusi. Sumber panas yang utama pada endapan ini berasal dari fluida panas yang bergerak naik dari lokasi intrusi menuju lokasi terbentuknya endapan ini. Dengan kata lain, fluida panas tersebut telah melewati zona endapan mesotermal.



Gambar 2.24 Model Endapan Porfiri Dengan Endapan Epitermal (Corbett & Leach, 1996).

Endapan epitermal umumnya terbentuk pada batuan induk berupa batuan-batuan vulkanik, antara lain batuan piroklastik subaerial dan batuan sedimen vulkanik yang umurnya relatif sama. Jenis batuan yang sering dijumpai adalah andesit, riolit, serta dasit yang mempunyai afinitas kalk-alkali, sangat jarang dijumpai endapan epitermal yang berasosiasi dengan batuan beku yang mempunyai afinitas alkalin maupun shosonit (White & Hedenquist, 1990). Adapun ciri-ciri endapan epitermal secara umum dapat dilihat pada Tabel 1.

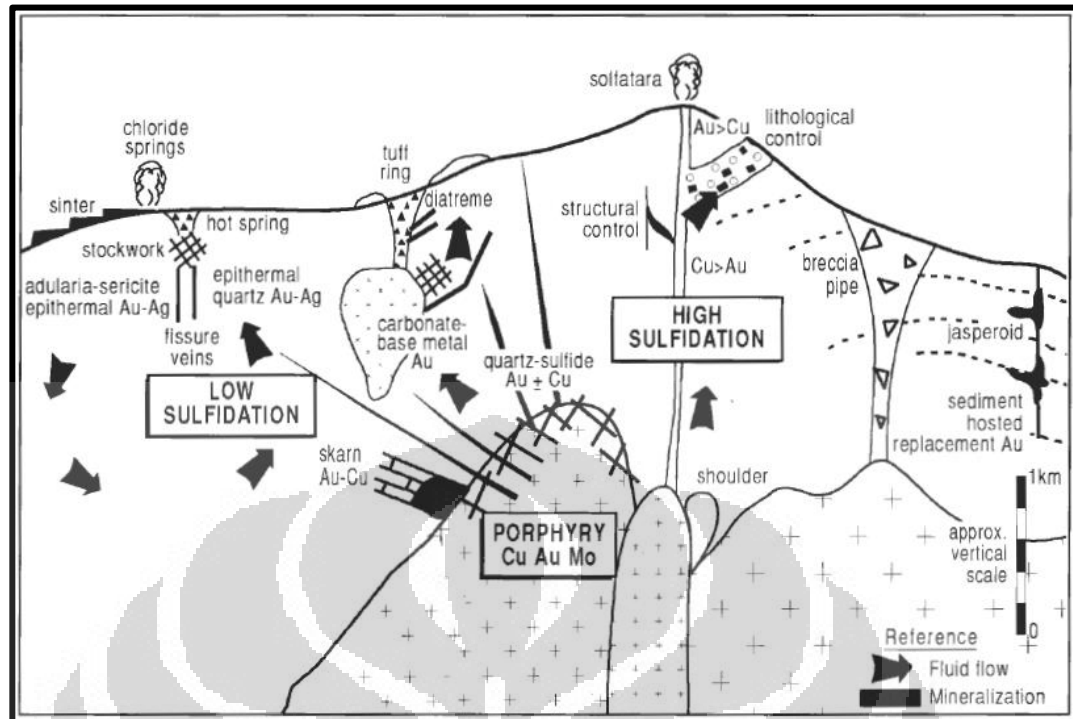
Tabel 1. Ciri-ciri sistem epitermal (Lindgren, 1933, dan Berger & Eimon, 1992 dalam Hedenquist & Reid, 1985).

Kedalaman	Permukaan sampai 1000m
Temperatur pembentukan	50°-300°C (biasanya 170°-250°C)
Asal fluida	Meteorik, meskipun beberapa komponen dapat berasal dari

	magmatik
Bentuk endapan	Urat tipis sampai yang besar, <i>stockwork</i> , sebaran, penggantian
Tekstur bijih	<i>Open space filling</i> , <i>crustification</i> , <i>colloform banding</i> , struktur <i>comb</i> , breksiasi.
Unsur bijih	Au, Ag, (As, Sb), Hg, [Te, Tl, Ba, U], (Pb, Zn, Cu)
Alterasi	Silisifikasi, argilisasi lanjut, montmorillonit/illit, adularia, propilitisasi
Kenampakan umum	Kuarsa kalsedonik berbutir halus, kuarsa <i>pseudomorf</i> setelah kalsit, breksiasi akibat <i>hydraulic fracturing</i>

Hedenquist & Reid (1985) membagi sistem epitermal menjadi dua tipe yang dibedakan berdasarkan sifat kimia fluidanya yaitu sulfida rendah (*low sulphidation*) dan sulfida tinggi (*high sulphidation*). Pembagian tersebut juga dapat berdasarkan alterasi dan mineraloginya sehingga kadang-kadang dua tipe ini disebut sebagai tipe *acid sulphate* untuk sulfida tinggi dan *adularia sericite* untuk sulfida rendah (Heald et al, 1997, dalam Hedenquist & Reid, 1985).

Sistem sulfida rendah dapat ditunjukkan oleh perbandingan emas dan perak yang tinggi. Adularia merupakan mineral yang khas hasil alterasi yang hanya dijumpai pada tipe sulfida rendah. Batuan dinding yang dijumpai pada tipe ini umumnya berupa batuan kalk-alkali atau andesit kalk alkali kalsik, riolit, dasit dan riodasit. Sedangkan sistem epitermal sulfida tinggi dicirikan oleh kelompok mineral luzonit-enargit, dengan tipe alterasi argilik. Karakteristik kedua endapan tersebut dapat dilihat pada Tabel 2. Gambar di bawah ini menunjukkan Gambaran umum dari sistem epitermal.



Gambar 2.25 Sistem epitermal secara keseluruhan (Leach, 1998).

Tabel 2. Karakteristik Tipe Endapan Emas Epitermal (White & Hedenquist, 1990)

	Sulfida rendah	Sulfida tinggi
Batuan induk (<i>host rock</i>)	Volkanik subaerial asam-intermediet, dan semua tipe batuan alas (<i>basement rock</i>)	Volkanik subaerial asam-intermediet, dan semua tipe batuan alas (<i>basement rock</i>)
Kontrol secara lokal	Zona sesar atau rekahan terutama yang dekat dengan pusat volkanik	Sesar regional mayor atau intrusi subvolkanik
Kedalaman dan temperatur pembentukan	0 – 1000 m, 100°C - 320°C (sebagian besar 150°C - 250°C)	500 – 2000 m, 100°C - 320°C
Sifat fluida bijih	Salinitas rendah Air meteorik interaksi dengan fluida magmatik mungkin terjadi	Salinitas rendah (beberapa tinggi) Sumber fluida magmatik bercampur dengan air meteorik pH asam dari HCl magmatik

	<p>pH hampir netral</p> <p>Reduksi</p> <p>Kandungan total S rendah; logam dasar rendah (Pb, Zn)</p>	<p>Oksidasi</p> <p>Kandungan total S tinggi; logam dasar dapat tinggi (Cu)</p>
Alterasi	<p>Alterasi propilitik yang luas di sekitarnya dengan rasio</p> <p>air : batuan rendah</p> <p>Mika putih dengan rasio</p> <p>air : batuan tinggi</p> <p>Alterasi lempung menjadi dominan dengan penurunan temperatur.</p> <p><i>Boiled of gases</i> dapat menghasilkan alterasi argilik dan argilik lanjut di sekitarnya.</p>	<p>Alterasi propilitik yang luas di sekitarnya dengan rasio</p> <p>air : batuan rendah</p> <p>endapan yang dalam memiliki alterasi profilit-mika putih yang kuat; endapan yang dangkal memiliki inti silika massif, dengan bagian tepi alunit dan kaolinit; endapan dekat permukaan dapat memiliki alterasi lempung.</p>
Sifat meniralisasi	<p>Dicirikan oleh pengisian rongga dan ruang kosong, pengisian urat berlapis khas, biasanya dengan breksiasi multi-tahap.</p> <p>Dekat permukaan dapat berupa <i>stockwork</i> atau <i>disseminated</i>, tergantung sifat permeabilitas.</p>	<p>Khas berupa <i>disseminated</i>, baik pada mika putih-pirofilit maupun silika massif. Pengisian rongga dan ruang kosong jarang dijumpai.</p> <p>Mineralisasi biasanya berasosiasi dengan alterasi argilik lanjut, dan pirit sangat melimpah.</p>
Karakteristik tekstur	<p><i>Crustification banding, comb, colloform banding, banded</i> kuarsa-kalsedoni, <i>drusy cavities, vugs, vein breccia, silica pseudomorph</i></p>	<p>silika <i>vuggy</i> (kuarsa berbutir halus)</p> <p>silika masif (kuarsa berbutir halus)</p>

Karakteristik mineralogi	Urut kalsedoni biasa dijumpai. Adularia dalam urat dan <i>disseminated</i> . Alunit minor Pirofilit minor. Energit-luzonit tidak hadir.	Kalsedoni kebanyakan tidak hadir Adularia tidak hadir Alunit dapat melimpah Pirofilit dapat melimpah Energit-luzonit hadir
Contoh	Pajingo, Australia Emperor, Fiji Lebong Donok, Indonesia Wapolu, Papua New Guinea	Temora, Australia Mount Kasi, Fiji Motombo, Indonesia Nena, Papua New Guinea

2.8.1 Alterasi dan Mineralisasi

Menurut Evans (1993) alterasi hidrotermal merupakan suatu proses perubahan mineralogis atau kimia, baik warna, tekstur, bentuk, komposisi maupun kombinasi dari semuanya. Sedangkan (White & Hedenquist, 1990) mendefinisikan alterasi hidrotermal adalah perubahan mineralogi dan komposisi yang terjadi pada batuan ketika batuan berinteraksi dengan larutan hidrotermal. Ketika terjadi kontak batuan dengan larutan hidrotermal, maka terjadi perubahan mineralogi dan perubahan kimia antara batuan dan larutan, di luar keseimbangan kimia kemudian larutan akan mencoba kembali membentuk kesetimbangan.

Kontrol utama alterasi hidrotermal pada dinding batuan (Evans, 1993) :

1. Asal-usul batuan induk, yaitu komposisi kimia, ukuran butir, keadaan fisik batuan, porositas dan permeabilitas.
2. Asal-usul larutan pembentuk bijih, yaitu komposisi kimia, pH, eH, suhu, dan tekanan.

Menurut (Corbett & Leach, 1996), faktor utama yang mempengaruhi proses alterasi hidrotermal yaitu, suhu, komposisi kimia larutan, konsentrasi larutan, komposisi batuan induk, lamanya aktivitas larutan dan permeabilitas.

Hal-hal pokok yang menentukan pembentukan mineral hasil proses mineralisasi adalah :

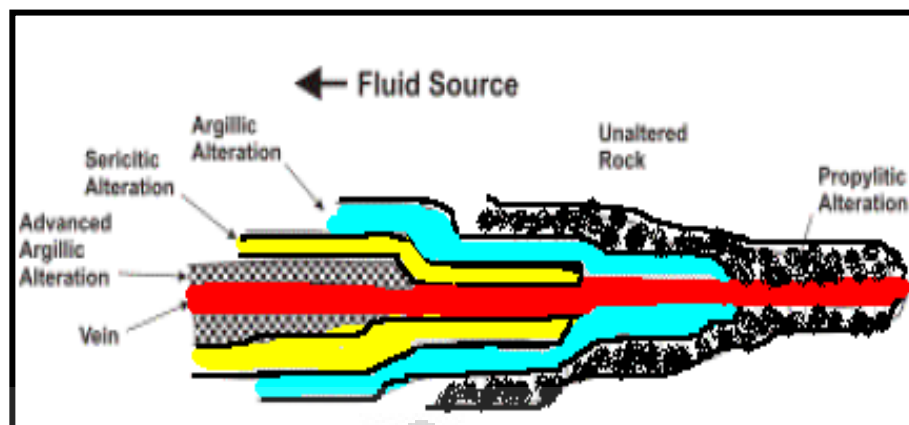
- Adanya larutan hidrotermal sebagai pembawa mineral.
- Adanya celah batuan sebagai jalan bagi lewatnya larutan hidrotermal.
- Adanya tempat bagi pengendapan mineral.
- Terjadinya reaksi kimia yang dapat menyebabkan terjadinya pengendapan mineral.
- Konsentrasi larutan yang cukup tinggi bagi kandungan mineral.

Boyle (1970) menyatakan bahwa terdapat empat kemungkinan asal mineral bijih dalam jebakan hidrotermal, yaitu :

- Unsur yang berasal dari hasil proses kristalisasi magma.
- Unsur yang berasal dari batuan samping (*wall rocks*) yang melingkari jebakan bijih tersebut/berasal dari batuan-batuan yang terdapat di atasnya atau di bawahnya.
- Unsur yang berasal dari sumber keterdapatannya jauh di bawah permukaan bumi kemungkinan berasal dari mantel atau dari bagian yang lebih dalam lagi.
- Unsur yang mungkin berasal dari permukaan yang mengalami proses pelapukan (*weathering*).

Menurut Hedenquist and Reid (1985), daerah berkelulusan tinggi, seperti zone sesar, tubuh breksiasi, serta litologi yang *porous* merupakan syarat dalam pembentukan tubuh bijih.

Pada sistem epitermal model zona alterasi yang terbentuk berdasarkan model (*Corbett & Leach, 1996*) adalah seperti pada Gambar berikut



Gambar 2.26 Model Alterasi Pada Vein Sistem (Corbett & Leach, 1996)

2.8.2 Zona Alterasi Silisifikasi

Menurut Corbet & Leach (1996), zona alterasi ini dicirikan dengan kehadiran mineral dari kelompok silika yang stabil pada $\text{pH} > 2$. Kuarsa akan terbentuk pada suhu tinggi, sedangkan pada suhu rendah ($< 100^\circ\text{C}$) akan terbentuk opal silika, kristobalit, tridimit dan *amorphous silica*. Pada suhu menengah ($100\text{-}200^\circ\text{C}$) akan terbentuk kalsedon. Zona alterasi ini hadir secara lokal di pusat alterasi potasik, dimana suplai fluida maksimum. Akibat fluida suhu tinggi yang mendingin, fluida akan mengendapkan silika

2.8.3 Zona Alterasi Propilitik

Alterasi propilitik dapat terbentuk pada temperatur yang sama dengan alterasi filik, tetapi telah mengalami sedikit metasomatisme baik karena fluida yang semakin cair dan atau karena batuan kurang permeabel. Pada temperatur rendah dicirikan oleh hadirnya klorit-zeolit yang disebut sebagai alterasi subpropilik. Zona propilik sendiri dicirikan oleh klorit-epidot-aktinolit, sedangkan hadirnya aktinolit biasanya mencirikan zona propilik dalam (Corbett & Leach, 1996). Sedangkan Evans (1993) menyebutkan bahwa alterasi jenis ini umumnya dikarakteristikan oleh klorit, epidot, albit dan karbonat (kalsit, dolomit atau ankerit), sedikit serisit, pirit dan magnetit dapat hadir, dengan sedikit zeolit dan montmorilonit.

2.8.4 Zona Alterasi Argilik Lanjut (*Advanced Argillik*) dan Serisit

Alterasi ini terbentuk hasil dari pencucian alkalis dan kalsium dari fase alumina seperti feldspar dan mika, tetapi hanya hadir jika aluminium tidak bersifat mobil. Apabila aluminium bergerak lagi diikuti dengan bertambahnya serisit akan terjadi alterasi serisit. Alterasi argilik juga sangat sering berkembang pada batuan yang mempunyai permeabilitas sangat tinggi (Evans, 1993). Alterasi jenis ini dicirikan oleh adanya dikit, kaolinit, piropilit dan kuarsa. Serisit juga ditemukan hadir. Pada suhu tinggi, andalusit dapat hadir. Asosiasi sulfida dari tubuh bijih umumnya kaya sulfur, kovelit, digenit, pirit dan enargit.

2.8.5 Zona Alterasi Argilik

Menurut Evans (1993) alterasi argilik merupakan hasil reaksi antara larutan hypogen dengan batuan dinding yang diikuti dengan proses pencucian unsur kalsium yang ditunjukkan dengan hadirnya mineral lempung. Alterasi jenis ini menurut Corbett & Leach (1996) dicirikan dengan anggota dari kaolin (haloisit, kaolinit, dan dikit) dan ilit (smektit, interlayer illit-smektit, illit) serta asosiasi kumpulan mineral transisi yang terbentuk pada pH menengah dan suhu rendah. Kelompok mineral dari temperatur rendah transisi, yaitu kelompok klorit-illit juga dapat hadir.

Seperti yang telah dijelaskan di atas bahwa masing-masing zona alterasi dicirikan oleh variasi mineral yang umumnya ditemukan pada masing-masing zona tersebut. Berikut adalah karakteristik fisis dari beberapa jenis mineral

Tabel 3. Harga Tahanan Jenis Beberapa Mineral dan Batuan (Telford,1990).

<i>Common Rocks / Material</i>	<i>Resistivity (ohm meters)</i>	<i>Ore Minerals</i>	<i>Resistivity (ohm meters)</i>
Clay	1 – 100	Pyrrhotite	0.001 – 0.01
Graphitic Schist	10 – 500	Galena	0.001 – 100
Topsoil	50 – 100	Cassiterite	0.001 – 10.000
Gravel	100 – 600	Chalcopyrite	0.05 – 0.1
Weathered Bedrock	100 – 1000	Pyrite	0.01 – 100
Gabbro	100 – 500.000	Magnetite	0.01 – 1.000
Sandstone	200 – 8000	Hematite	0.01 – 1.000.000
Granite	200 – 100.000	Sphalerite	1.000 – 1.000.000
Basalt	200 – 100.000		
Limestone	500 – 10.000		
Slate	500 – 500.000		
Quartzite	500 – 800.000		
Greenstone	500 – 200.000		

<i>Jenis Material</i>	<i>Resistivity</i>
Clay, Argilik	Rendah
Kwarsa, Batuan Segar, Silifikasi, gamping	Tinggi

<i>Jenis Material</i>	<i>Kemagnetan</i>
Sedimen, Alterasi	Rendah
Magnetit, Hematite, batuan Intermedier, basa	Tinggi

Tabel 5. Nilai dan harga kemagnetan beberapa mineral

<i>Jenis Material</i>	<i>Kemagnetan</i>
➤ Sedimen, Alterasi	Rendah
➤ Magnetit, Hematite, Batuan Intermedier, Basa	Tinggi

BAB 3

AKUISISI DATA

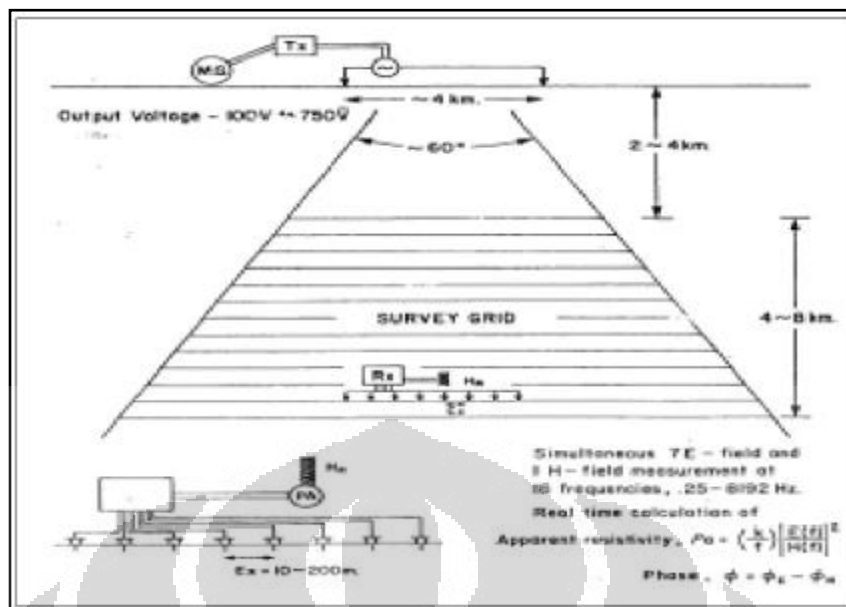
3.1 Akuisisi Data CSAMT

Proses akuisisi data CSAMT ini dilakukan dengan beberapa tahapan diantaranya adalah :

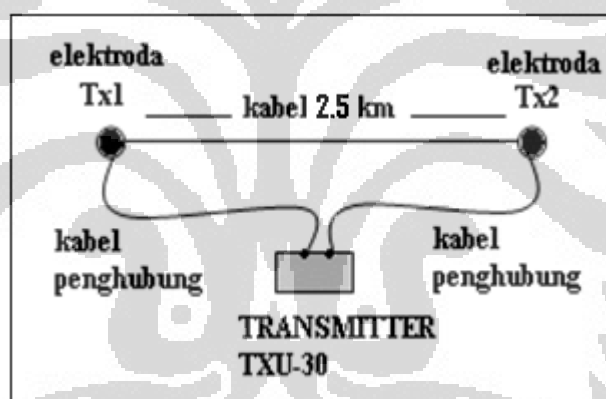
- Pemasangan elektroda Tx₁ dan Tx₂
- Proses pengaturan otomatis dengan *software* CMTpro
 - Pengaturan frekuensi
 - Pengaturan arus
 - Pengaturan waktu pengukuran
- Pengaturan dan pengoperasian pada *transmitter* TXU-30
 - Pengaturan dan pengoperasian genset
 - Pengaturan *GPS*
 - Pengaturan dan pengoperasian *Current Source Controller*
- Pengaturan dan pengoperasian pada *receiver* V8
 - Pemasangan coil magnetic (Hy)
 - Pemasangan antenna *GPS*
 - Pemasangan aki
 - Pemasangan porouspot

3.2 Pemasangan Elektroda Tx₁ dan Tx₂

Setelah menentukan *base camp* untuk *transmitter*, mula-mula bentangkan kabel sepanjang kurang lebih 2.5 km, panjang bentangan tersebut dapat disesuaikan karena semakin besar daerah yang ingin diukur, maka bentangan kabel pada *transmitter* Tx₁ dan Tx₂ harus diperbesar (gambar 3.1) dari arah barat ke timur atau sebaliknya untuk objek yang berada di daerah utara, hal ini bertujuan agar elektroda Tx₁ dan Tx₂ dapat terhubung. Guna bentangan kabel sepanjang 2.5 km tersebut dimaksudkan agar arus yang dikirim melalui *transmitter* dapat dilalui oleh kabel menuju elektroda Tx₁ dan Tx₂ untuk kemudian dapat mengalir ke bumi.



Gambar 3.1 Skema Pengukuran Pada *Transmitter* (Yamashita,2006).



Gambar 3.2 Skema Pemasangan Elektroda Tx₁ dan Tx₂ Yang Terhubung Pada *Transmitter*.

Setelah kabel terbentang sepanjang 2.5 km dari arah barat-timur atau sebaliknya dan lokasi Tx₁ dan Tx₂ sudah didapatkan, langkah awal pemasangan elektroda Tx₁ dan Tx₂ adalah menggali lubang persegi dengan panjang dan lebar Tx₁ meter serta kedalaman ± 80 cm. Setelah lubang tersebut digali dibuat bubur dari tanah yang dicampur air garam untuk kemudian dimasukkan ke lubang yang telah tersedia. Bubur tanah ini dibuat sebanyak 4 lapis. Pada lapisan 3 dan selanjutnya hal yang sama juga dilakukan, hanya saja pada tiap batas lapisan diberikan batas lapisan menggunakan *aluminium foil* dengan ditaburi garam yang masih berbentuk butiran. Hal tersebut dilakukan agar menghambat waktu

penyerapan air garam kedalam tanah dan memaksimalkan aliran arus ke bumi arah horizontal. Setelah lubang terisi penuh oleh bubur tanah yang dicampur air garam sebanyak 4 lapis, selanjutnya 4 buah elektroda ditancapkan ke lubang berbentuk persegi tersebut yang sudah penuh berisi 4 lapis bubur tanah.(Gambar 3.3).



Gambar 3.3 Kabel penghubung *transmitter*, Tx₁ dan Tx₂ (Kiri Atas), Pembatas *Aluminium Foil* (Kanan Atas). Penancapan 4 Buah Elektroda (Kanan Bawah). Kabel Sambungan Elektroda (Kiri Bawah).

Setelah elektroda Tx₁ dan Tx₂, untuk segi keamanan maka lubang tempat elektroda tersebut dipasang diberikan pagar pembatas (*boundary*) radius 2 meter, mengingat arus yang diinjeksikan bisa mencapai 10 Ampere atau lebih, selain itu juga kabel bentangan sepanjang 2.5 km untuk penghubung Tx₁ dan Tx₂ harus dipastikan berada di atas agar tidak tersangkut oleh masyarakat sekitar yang dapat menyebabkan putusnya kabel.

3.3 Pengaturan Otomatis Dengan *Software* CMTpro

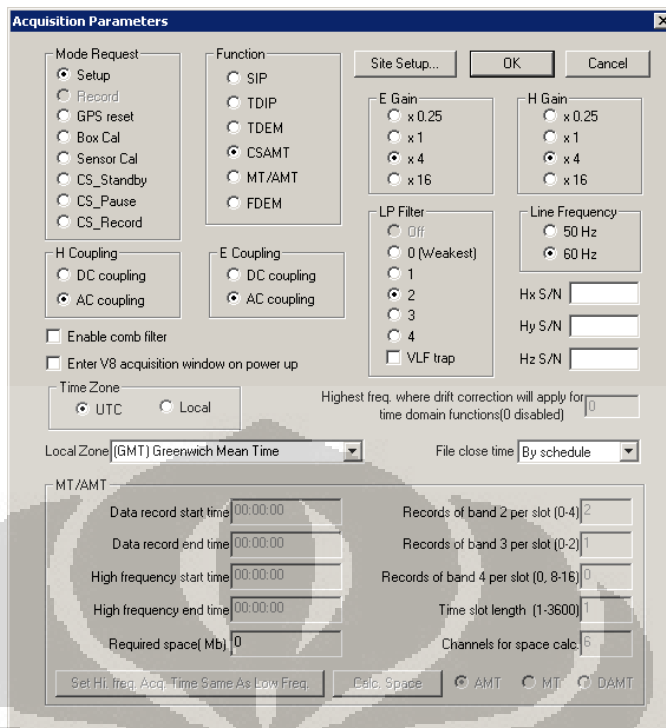
Setelah elektroda pada Tx_1 dan Tx_2 terpsang dengan baik, pada pengukuran data CSAMT dilapangan langkah yang dilakukan selanjutnya adalah menset data digital berupa pengaturan frekuensi, arus yang digunakan, serta lama waktu pengukuran yang akan digunakan selama proses pengukuran. Hal ini dilakukan guna men *synchronize* (mencocokkan) data *output* yang akan dikirim oleh *transmitter* TXU-30 dan data *input* yang akan diterima oleh *receiver* V8.

Pengaturan secara otomatis ini dilakukan dengan menggunakan *software* yang merupakan *software* bawaan dari alat CSAMT *Phoenix Geophysics* yaitu CMTpro.



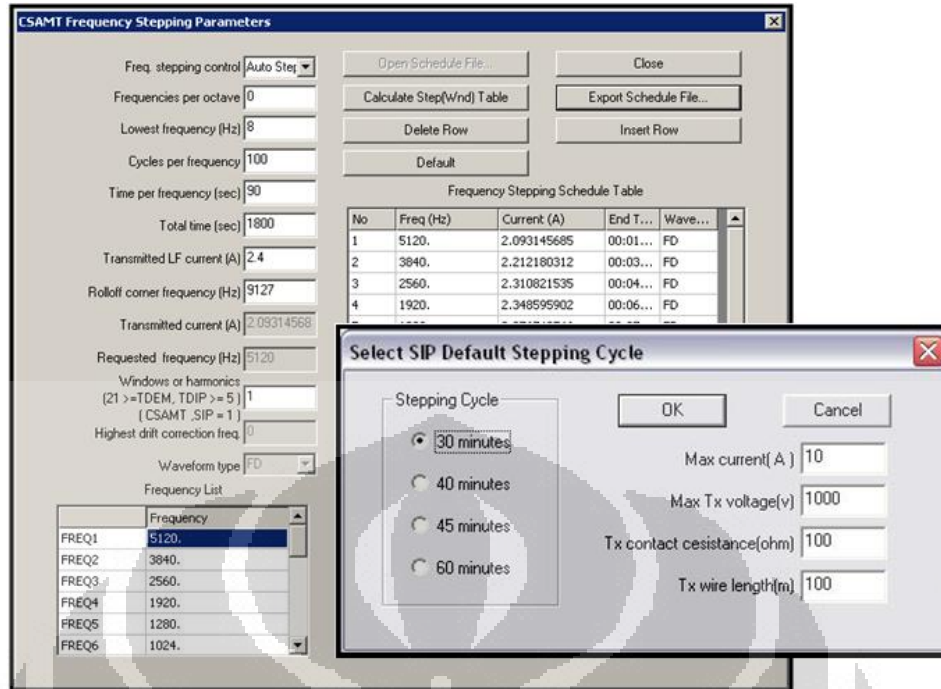
Gambar 3.4 Tampilan *Icon* Pada *Software* CMTpro *Phoenix Geophysics*.

Pengaturan awal yang dilakukan adalah menentukan parameter akuisisi yang bertujuan untuk mengatur *Setup* metode CSAMT dan memeasukan *line frequency* yang digunakan (Gambar 3.5). Pada pemilihan *icon* CSAMT maka, *setup* tersebut akan menggunakan *system format default* yang di sarankan pada *software* tersebut. Pada proses pemrograman sistem otomatis dengan *software* V8 and RXU Startup.tbl Editor, beberapa input yang harus dimasukkan adalah serial number dari peralatan CSAMT *Phoenix Geophysics* yang digunakan mencakup nomor seri: TMR pada *transmitter*, V8 box pada *receiver*, Aux box pada *receiver* dan coil magnet yang digunakan.



Gambar 3.5 Tampilan *Acquisition Parameters* Pada *Software CMTpro Phoenix Geophysics*.

Selanjutnya adalah mengatur waktu pengambilan data beserta frekuensi yang digunakan dengan software yang sama. Pada proses ini penulis menggunakan format *default stepping* dengan memasukkan parameter arus, resistansi, panjang *transmitter* dan waktu pengukuran (Gambar 3.6). Hasil yang diperoleh adalah deret frekuensi dan besarnya arus pada pada frekuensi tersebut, data ini disimpan dalam format “.tfs”.(Tabel 3.1). Selanjutnya adalah membuat file yang akan dimasukkan ke sistem otomatis pada TMR, V8 Box, dan Aux Box, dengan *software* yang sama, dengan cara menyimpan ke semua file (save to all). Kemudian akan muncul file dengan format “.tbl” dengan nama file 2234, 2229 dan 2225. File dengan nama 2229 dimasukkan ke dalam *memory card* milik V8 Box, file dengan nama 2225 dimasukkan ke dalam *memory card* milik *Auxiliary Box*, sedangkan untuk TXU-30 atau *Transmitter* (TMR) dimasukkan file dengan format “.tfs” yang telah didapat sebelumnya. Setelah semua file dimasukkan dan dipasang ke kotak masing-masing, maka alat siap untuk dijalankan.



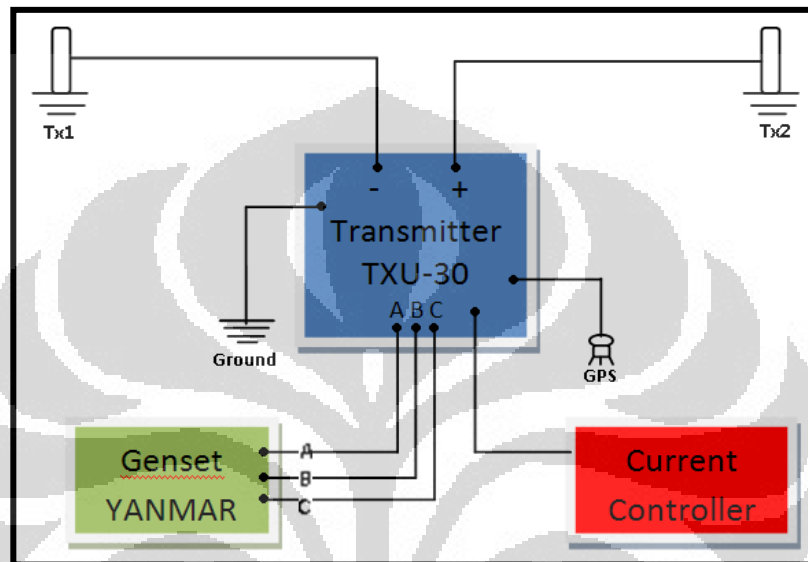
Gambar 3.6. Tampilan *Frequency Stepping Parameter* dan Pegaturan Waktu Pengukuran Tiap Titik Pada *Software CMTpro Phoenix Geophysics*.

Tabel 4. Data Frekuensi Yang Digunakan

No	Fre q (Hz)	Current (A)	End Time	Wave form
1	6400	2.0931457	0:01:30	FD
2	5120	2.2121803	0:03:00	FD
..	..	..	..	FD
..	..	..	..	FD
..	..	..	..	FD
..	..	..	..	FD
..	..	..	..	FD
35	2.6667	2.1181809	0:28:30	FD
36	2	2.3981809	0:30:00	FD

3.4 Transmitter

Persiapan yang dilakukan di *Transmitter* sebelum memulai pengukuran CSAMT diantaranya mempersiapkan TXU-30 itu sendiri serta peralatan pendukung lainya seperti *Current Source Controller*, genset, dan GPS (Gambar 3.7).



Gambar 3.7. Skema Peralatan Pada *Transmitter*.

3.4.1 Pengaturan pada *transmitter* TXU-30

Transmitter TXU-30 merupakan alat untuk mengirim arus yang kemudian dialirkan menuju elektroda Tx₁ dan Tx₂. Pengaturan besar frekuensi serta besar arus yang dipakai sudah diatur terlebih dahulu di awal menggunakan menggunakan *software* CMTpro dengan *memory card* seri 2234.(Gambar 3.8).



Gambar 3.8. *Transmitter* TXU-30 Tampak Depan (Kiri). Tampak Belakang (Kanan)

Setelah kabel elektroda Tx_1 dan Tx_2 terpasang dengan baik, barulah dilakukan pemasangan kabel untuk menghubungkan elektroda tersebut dengan *transmitter* TXU-30. Kabel penghubung yang digunakan adalah berupa *port* berbentuk kotak fungsinya adalah sebagai konverter kabel biasa menjadi jek untuk dapat masuk ke alat *transmitter* TXU-30 dengan keterangan kabel negatif (warna hitam) dan untuk kabel positif (warna merah).(Gambar 3.9).



Gambar 3.9. *Port* Konverter Kabel Untuk *Transmitter* (Kiri). Slot Pada *Transmitter* (Kanan).

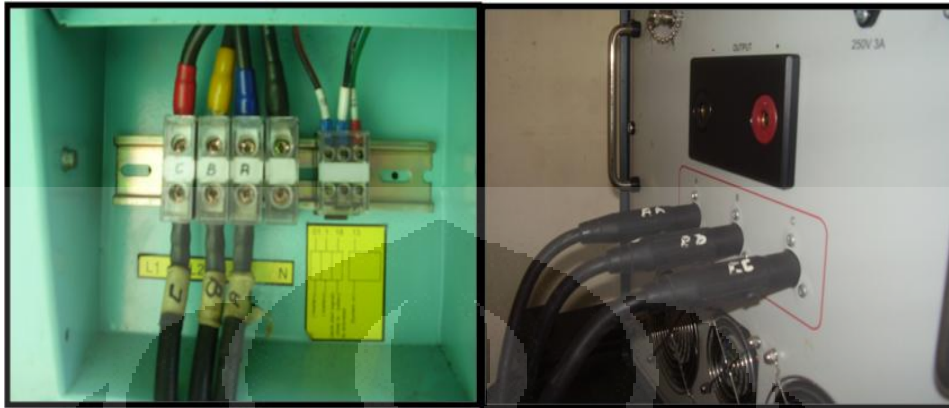
3.4.2 Pengaturan dan pengoperasian pada genset

Genset berfungsi sebagai pembangkit arus. Genset yang digunakan ber merk YANMAR (Gambar 3.10), genset ini dapat membangkitkan arus hingga 20 Ampere dan frekuensi hingga 50 Hz. Genset ini menggunakan bahan bakar solar. Sebelum digunakan, setiap pagi hari genset ini harus dipanaskan terlebih dahulu dan pengecekan oli harus selalu dilakukan.



Gambar 3.10. Genset YANMAR *Type* YTG30TL

Genset dihubungkan ke *transmitter* menggunakan 3 buah kabel A, B, dan C. pemasangan kabel A, B, dan C tersebut harus sangat diperhatikan, karena apabila tidak sesuai akan mengakibatkan rusaknya genset (Gambar 3.11).



Gambar 3.11. Kabel genset A, B, dan C (kiri) dihubungkan ke *transmitter* TXU-30 (kanan).

Pengoperasian genset ini termasuk *user friendly*, langkah awal nyalakan genset dengan menekan tombol “on” sebanyak 2 kali, kemudian dengan otomatis genset tersebut menyala. Biarkan genset menyala hingga keadaan stabil kurang lebih 2-3 menit. Setelah *transmitter* siap naikan tombol “on” pada baterai, selanjutnya naikan tuas “*voltage*” dari keadaan “off” ke “on” ini menandakan bahwa tegangan elah masuk. Pada saat mematikan genset langkah awal yang dilakukan adalah menurunkan tuas “*voltage*” dari posisi “on” ke “off” kemudian turunkan tuas baterai menjadi “off” , lalu tekan tombol “STOP” maka genset akan berhenti.



Gambar 3.12. Tampilan Tombol Pada Genset.

3.4.3 GPS transmitter

GPS berfungsi untuk mensinkronisasi waktu dengan *satellite* antara *transmitter* dengan *receiver*. GPS sebaiknya diletakan di tempat yang terbuka (tidak terhalang pohon) tujuannya agar mendapatkan sinyal *satellite* dengan maksimal. Dari GPS tersebut terdapat kabel yang tersambung pada *transmitter*.



Gambar 3.13. GPS.

3.4.4 Pengoperasian *Current Source Controller*

Current Source Controller (Gambar 3.14) merupakan alat yang tersambung pada *transmitter* TXU-30, berfungsi untuk mengatur frekuensi dan besar kecilnya arus pada *transmitter* TXU-30 yang dialirkan menuju elektroda Tx₁ dan Tx₂. Mula-mula TXU-30 hingga *system ready* dan mendapatkan sinyal *satellite* GPS. Kemudian setelah TXU-30 siap, langkah awal pengoperasian alat ini (*Current Source Controller*) adalah memutar kunci dari “off” menuju ke “on”. Tunggu hingga alat ini menyala stabil hingga lampu indikator menyala (*system ready*) dan sinyal GPS didapatkan. sebagai kalibrasi awal dengan menggunakan *setup* FD (frekuensi domain) pada arus 0.5 Ampere hingga tegangan menjadi stabil sebesar kurang lebih 110-113 Volt. Kemudian setelah dilakukan kalibrasi alat kemudian menunggu hingga *receiver* siap untuk dikirim arus. Pada saat mengirim arus dilakukan perubahan *setup* dari *mode* FD menjadi *auto 7*. *Auto 7* merupakan *setup* yang sudah diatur diawal menggunakan CMTpro. Saat *receiver* sudah siap untuk dikirimkan arus kemudian samakan frekuensi yang terbaca di *transmitter* dengan frekuensi yang terbaca pada *receiver* tombol *output* yang

3.5.1 V8 Box *Phoenix Geophysics*

Alat ini berfungsi untuk menangkap sinyal medan magnet dan medan listrik yang terbaca secara *real time* dari hasil pengukuran CSAMT bawah permukaan bumi. Alat ini berbentuk kotak (*box*) dengan disertakan layar LCD untuk pembacaan data secara *real time* serta pengaturan data pada titik yang akan diukur. Alat ini bekerja secara otomatis mengikuti *setup* yang sudah dibuat di awal menggunakan *software* CMTpro. Alat ini menggunakan Aki 12 Volt sebagai sumber pembangkit. Hasil dari pengukuran medan magnet dan medan listrik dapat di simpan pada *memory card* yang terdapat pada V8 ini dengan mendatur *mode* pada *toolbar* V8. Dari skema diatas (Gambar 3.15) semua peralatan pada *receiver* akan terhubung pada alat V8 ini, diantaranya kabel adalah *porospot* (Ex_1, Ex_2, Ex_3), coil magnetik (Hy), aki, GPS, dan Aux box (jika digunakan). Pada V8 ini juga memiliki sambungan *ground* yang berfungsi sebagai pengaman apabila petir.



Gambar 3.16. V8 Box *Phoenix Geophysics*.

Setelah kelengkapan peralatan pada *receiver* seperti pada skema (Gambar 3.15) terpasang dengan baik, pengoperasian V8 dimulai dengan menekan tombol “on” yang tersedia, langkah selanjutnya adalah menunggu kesiapan sinyal GPS. Setelah sinyal GPS siap maka memulai *mensetting* V8 dengan memasukkan parameter yang dibutuhkan pada tampilan LCD layar V8, antara lain nama lintasan, spasi *porouspot*, titik awal *porouspot*, dan arah lintasan. Selanjutnya jika semua parameter yang diperlukan sudah dimasukkan, serta sinyal GPS sudah dalam keadaan *ready* langkah selanjutnya adalah meminta *transmitter* untuk dikirimkan arus, setelah itu samakan frekuensi yang terbaca pada *receiver* dengan frekuensi yang terbaca pada *transmitter*.

CSAMT Site Setup

Survey Information

Project:
 Company:
 Client:
 Survey area:
 Operator:
 Comment:

Line: Site: Auto Inc:

Done Calculate Coord. Next Site

Array Layout

Array type:
 North reference:
 Declination:
 Hy azimuth:
 Ex length:
 Profile azimuth:
 Start pot coord.(North):
 (East):

CH	Box SN	CH	ID	View	+	(North)	+	(East)	-	(North)	-	(East)	Res (ohm)	DC (mV)	AC (m)
	0	1	Tx	No	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.		
	2007	1	|||||	Yes	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.			
	2007	2	|||||	Yes	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.			
	2007	3	|||||	Yes	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.			

BOX	Box Type	Box SN	Chs	E Gain	H(C) Gain	Mode	Clock	Mode Control	Update
	Transmitter	0	1	N/A	Unknown	Unknown	Unknown	No	Update
	V8 Receiver	2007	6	x16	x16	Setup	GPS		Update

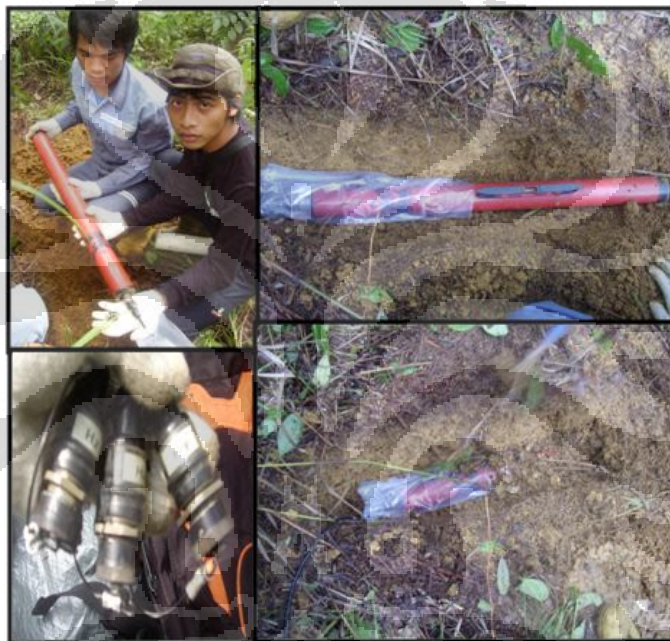
Gambar 3.17. Tampilan parameter yang diperlukan pada LCD V8.

3.5.2 Coil magnetik

Coil magnet merupakan sensor magnet untuk menangkap sinyal medan magnet. *Coil* magnet yang dipakai ber nomor seri 1677 berbentuk selinder panjang berdiameter kira-kira 10 cm dengan panjang 80 cm. *Coil* ini diletakkan tegak lurus arah transmitter misalkan arah lintasan yang akan diukur adalah barat-timur maka peletakan *coil* ini adalah menyarah ke utara. Pada pemasanganya *coil* ini harus di pendam kedalam lubang horizontal dengan kedalaman kira-kira 20 cm agar *coil* terkubur. Hal tersebut bertujuan agar *coil* tidak terganggu akibat adanya

getaran karena dapat menimbulkan *noise*, hal lain yang perlu diperhatikan juga saat memilih lokasi untuk melatakkan *Coil*, sebaiknya jauhkan dari *power line* atau arus bertegangan tinggi karena dapat menimbulkan *noise*.

Pemasangan *coil* dimulai dengan menggali lubang agar *coil* dapat terkubur, kemudian arah kepala *coil* dihadapkan ke arah *transmitter* dengan bantuan kompas geologi agar arahnya benar-benar lurus, setelah itu peletakan *coil* harus dalam keadaan datar (tidak miring), digunakan *water pass* sebagai alat bantu untuk memastikan *coil* berada dalam keadaan datar arah horizontal.



Gambar 3.18. *Coil* Magnetic Seri 1677.

3.5.3 *Accu* (Aki)

Aki merupakan sumber energi untuk menghidupkan alat V8. Aki yang digunakan ber merk DELKOR type NS40ZMF ber tegangan 12 Volt. Aki ini merupakan aki kering (*dry cell*) yang dapat di *recharge* kembali. Aki ini terhubung dengan alat V8 dengan 2 buah kutub polarisasi negatif (hitam) dan positif (merah). Pemasangan polarisasi pada aki ini harus diperhatikan jangan sampai terjadi kesalahan polarisasi kutub pada saat pemasangan karena dapat menyebabkan konslet pada alat V8. Setiap selesai pengukuran, pada malam harinya aki ini harus di *charge* agar terisi penuh kembali (Gambar 3.19).



Gambar 3.19. (a) Aki Merk DELKOR 12 Volt. (b) Charger Aki.

3.5.4 GPS receiver

GPS berfungsi untuk menyamakan waktu di *transmitter* dan *receiver* dengan waktu *satellite*. Sehingga waktu pada saat pengukuran berlangsung di *transmitter* dan *receiver* sudah ter sinkronisasi. GPS diletakkan ditempat terbuka agar sinyal yang didapat maksimal. GPS ini terhubung dengan alat V8 box. Setelah alat V8 menyala GPS akan bekerja secara otomatis mencari sinyal, kemudian setelah sinyal didapat barulah alat V8 dapat bekerja.



Gambar 3.20. GPS Untuk Mensinkronisasi Dengan *Transmitter*.

3.5.5 Porouspot

Porouspot merupakan salah satu perlengkapan alat yang dibutuhkan di *receiver*. *porouspot* tersebut terbuat dari kendi yang didalamnya terdapat lempengan Zn, berisi larutan $PbCl_2$ berwarna biru. Fungsi dari *porouspot* ini adalah untuk menangkap besarnya beda potensial yang nantinya akan dikonversi menjadi besar medan magnet arah x (E_x). Proses penggunaan *porouspot* ini adalah dengan meletakkan pada tiap titik daerah pengukuran yang telah dibuat oleh

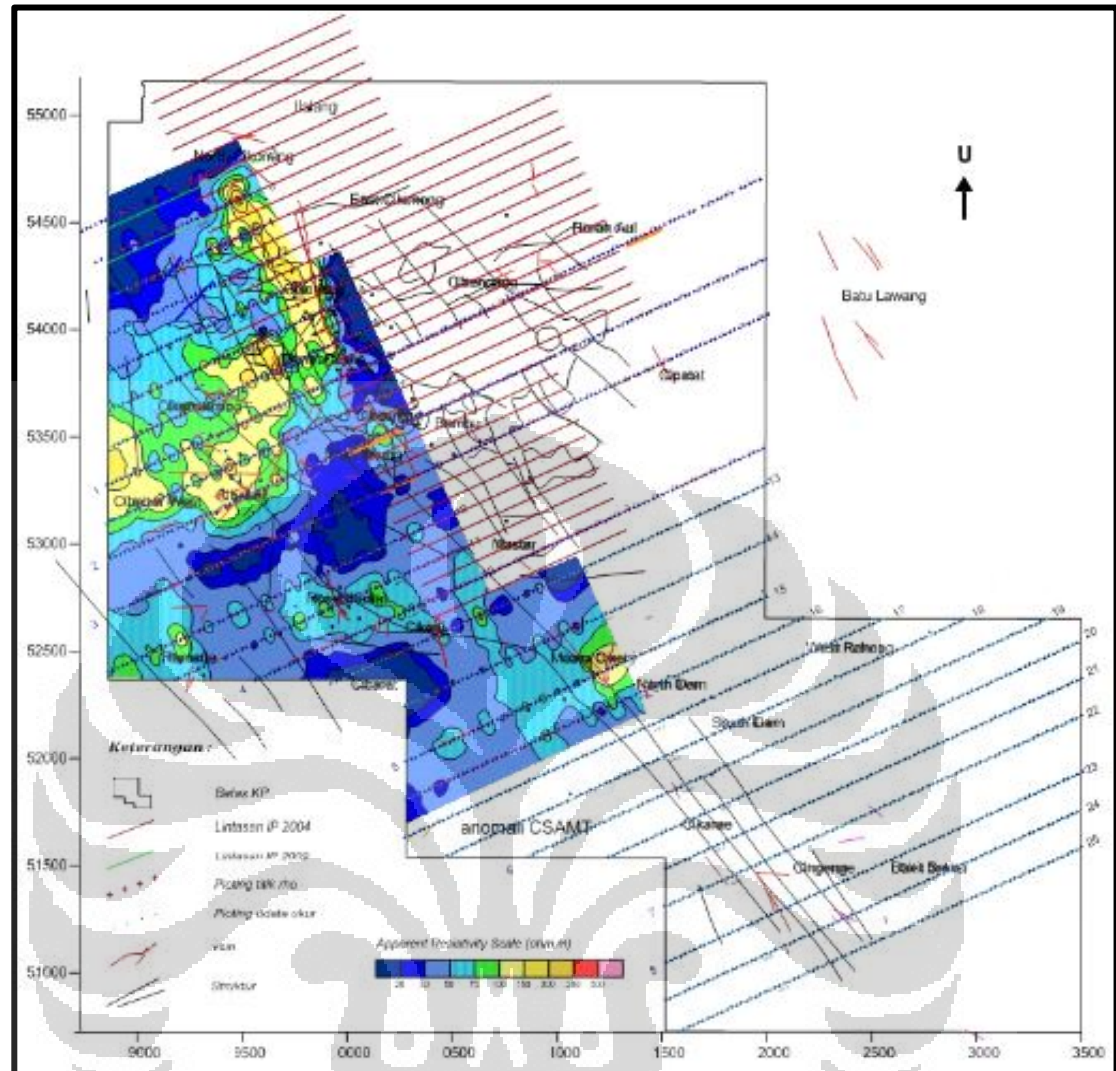
tim pengukuran dengan spasi titik sebesar 25 meter. *Porouspot* ini diletakkan di titik tersebut dengan cara dipendam.

Sebelum memendam *porouspot* pada titik pengukuran, langkah yang harus dilakukan adalah membuat lubang untuk memendam *porouspot*, kemudian membuat larutan bubuk tanah menggunakan cairan elektrolit NaCl, fungsinya adalah agar tanah lebih bersifat konduktif. Setelah *porouspot* terpasang terpendam, langkah selanjutnya adalah memasang kabel penghubung untuk kemudian dihubungkan pada *receiver*. Kabel pada yang terhubung tersebut kemudian disambung ke tempat jek Ex yang telah ditentukan titiknya.

Untuk pengecekan *porouspot* dilakukan dengan alat bantu Avo meter, fungsinya untuk mengetahui apakah kabel *porouspot* sudah terpasang dengan baik dengan cara melihat hambatan yang terbaca pada Avo meter tersebut, apabila hambatan harus menunjukkan kurang dari 1000 ohm. Apabila hambatan menunjukkan lebih dari 1000 ohm. Maka langkah yang harus dilakukan adalah dengan menambah larutan elektrolit NaCl atau memindah lokasi *porouspot* ke tempat lain dengan radius yang tidak terlalu sekitar 1-2 meter dari tempat asal.

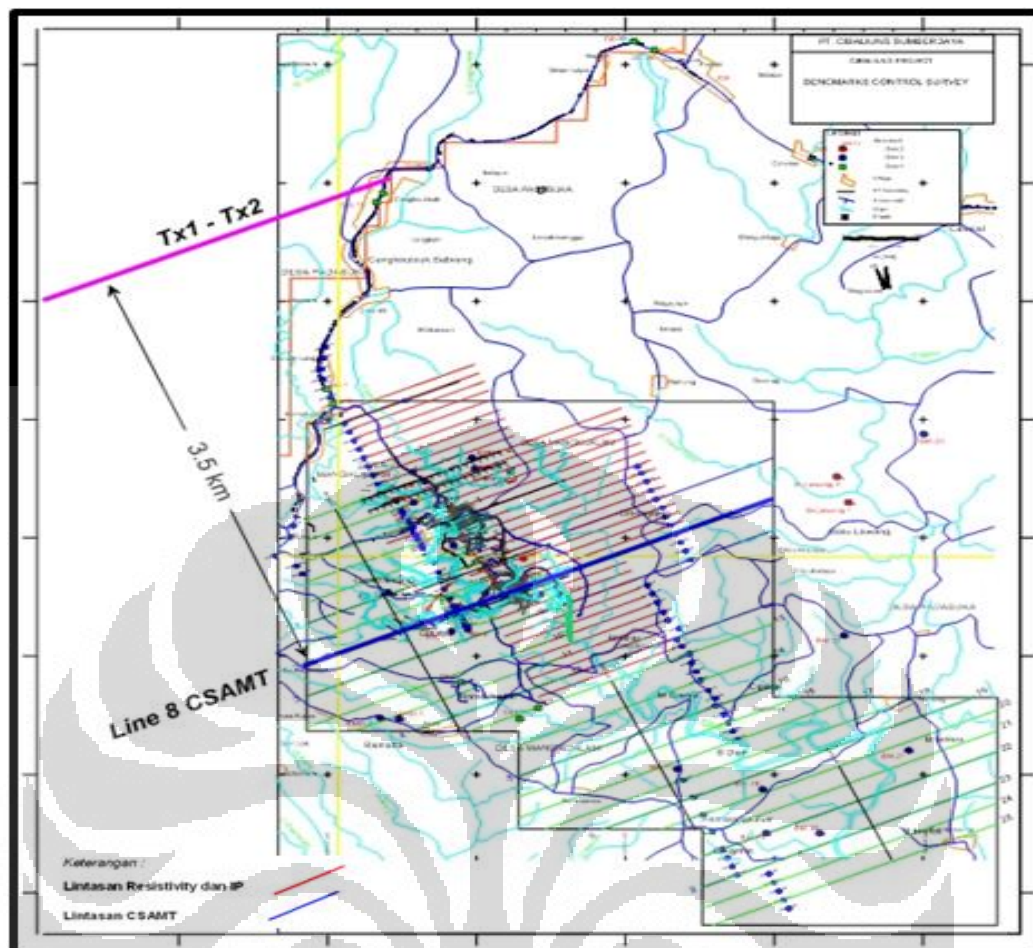


Gambar 3.21. *Porouspot*.



Gambar 3.23 Lintasan Survey

Gambar 3.23 merupakan lintasan survey pengukuran metode IP dan *Resistivity*, pada survey IP dan *Resistivity* dilakukan sebanyak kurang lebih 23 lintasan pada tahun 2009 dengan panjang lintasan 1-1.5 km dan spasi lintasan 250 meter dengan spasi elektroda 25-50 meter serta survey magnetik dengan spasi 5 meter. Pada tahun yang berbeda dilakukan survey metode geofisika lain yaitu metode CSAMT untuk melihat kemenerusan zona mineralisasi yang lebih dalam pada daerah tersebut. Berikut merupakan lintasan survey CSAMT yang dilakukan ditahun yang berbeda.



Gambar 3.34 Lintasan Survey *Reseistivity*, *IP* dan *CSAMT*

Gambar 3.34 Lintasan survey *CSAMT* di daerah “A” yang dilakukan ditahun yang berbeda dengan survey *IP*, *resistivity* dan magnetik. Pada survey *CSAMT* dilakukan pengukuran sebanyak 9 lintasan dari rencana survey sebanyak 23 lintasan *mengoverlapping* lintasan pengukuran *IP* dan *resistivity*. Panjang lintasan survey *CSAMT* adalah sepanjang 3 km dengan spasi elektroda 50 m memotong arah struktur dengan panjang *transmitter* 2.5 km dan jarak terdekat antara *transmitter* dan *receiver* adalah 3 km dengan ketentuan $> 3\delta$ (*skin depth*) untuk menghindari adanya efek *near field* di frekuensi tinggi, serta jarak terjauh lintasan pengukuran *CSAMT* dari *transmitter* adalah 8 km. *Transmitter* pada survey *CSAMT* ini terletak di arah Barat –Timur dan lintasan sejajar dengan letak *transmitter*, peletakan *coil* magnet pada saat pengukuran yaitu tegak lurus lintasan

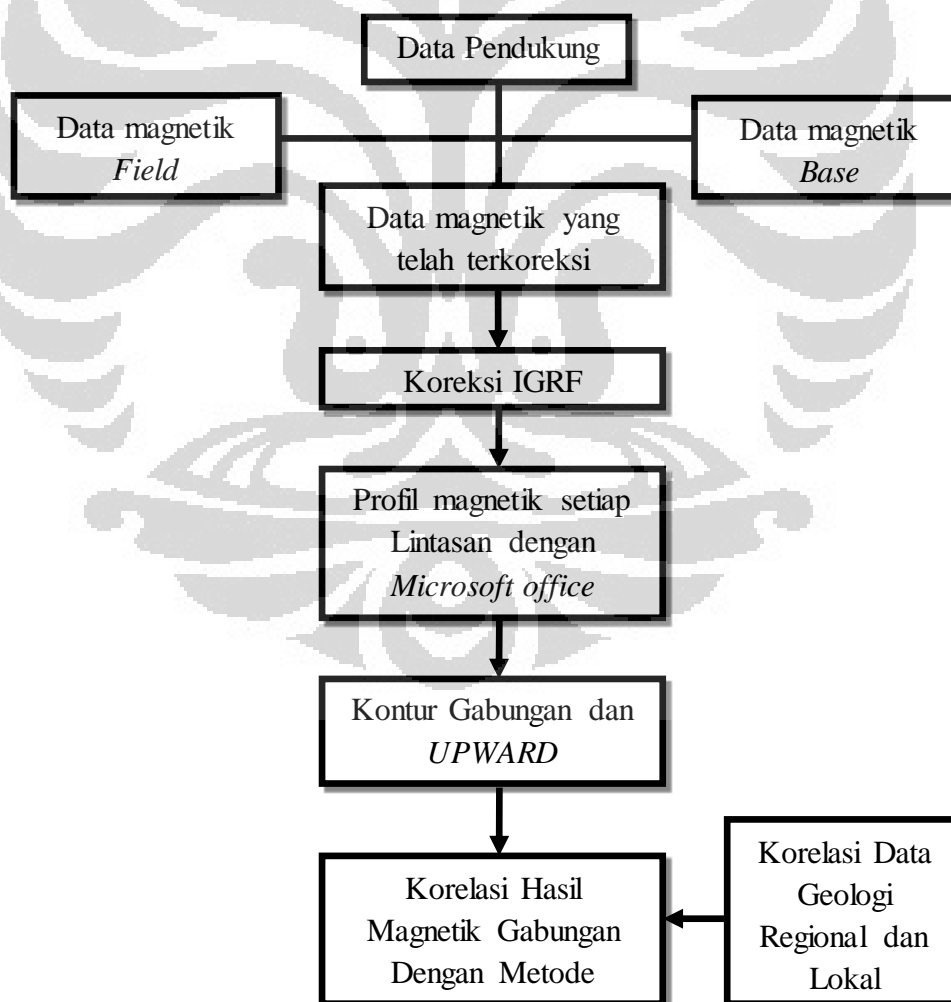
BAB 4

PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengolahan Data Magnetik

4.1.1 Alur Pengolahan Data Magnetik

Pada pengolahan data magnetik ini penulis tidak secara rinci memaparkan pengolahan data magnetik, penulis hanya memaparkan garis besar pengolahan data magnetic, dikarenakan data magnetik ini merupakan data pendukung untuk menunjang hasil pengolahan data pada metoda Geofisika lainnya, yang bertujuan untuk memudahkan dalam interpretasi dan analisis pada setiap lintasan pengukuran berikut adalah alur pengolahan data magnetik :



Gambar 4.1 Alur Pengolahan Data Magnetik

Dari akusisi data dilapangan, diperoleh data mentah berupa koordinat lokasi pengukuran dan nilai anomali magnetik regional. Kemudian dilakukan “loading data” menggunakan *software Magloc* untuk kemudian dapat dilakukan pengolahan lebih lanjut pada *Excel*. didapatkan data mentah dari lapangan berupa dua buah data yakni *base* dan *field*, untuk data *base* dan *field* masing-masing berekstensi STN dan DNL yang merupakan keluaran dari *software Magloc*.

Selanjutnya dilakukan proses koreksi DIURNAL yang terdapat pada *software* tersebut, tujuannya adalah untuk menghilangkan pengaruh medan yang berasal dari luar bumi seperti pengaruh benda angkasa, atmosfer, sinar matahari dll. Setelah melakukan koreksi harian kemudian melakukan koreksi *IGRF*, koreksi ini dilakukan untuk menghilangkan pengaruh medan dari dalam bumi yang dibangkitkan dari *Out Core* yang disebut medan magnet utama dan medan magnet yang berasal dari kerak bumi. output dari diurnal adalah medan magnetik sisa yang selanjutnya akan dikurangi dengan harga *IGRF* disesuaikan dengan tempat dilaksanakannya pengukuran. Sehingga akan didapatkan anomali medan magnetiknya. *IGRF (International Geomagnetic Reference Field)* yaitu model perhitungan magnet total yang bersifat *Global* termasuk variasi secular. Koreksi *IGRF* dilakukan dengan cara mengurangkan data dengan 45.000 nT. Koreksi *IGRF* sebesar ± 45.000 Gamma merupakan rata – rata nilai *IGRF* untuk wilayah Jawa.

Hasil akhir adalah merupakan anomali magnetik dari harga intensitas magnet di lapangan yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\Delta T = T_{obs} \pm \Delta V_{vh} - T_{IGRF} \quad (4.1)$$

Dimana :

ΔT = Anomali Magnetik

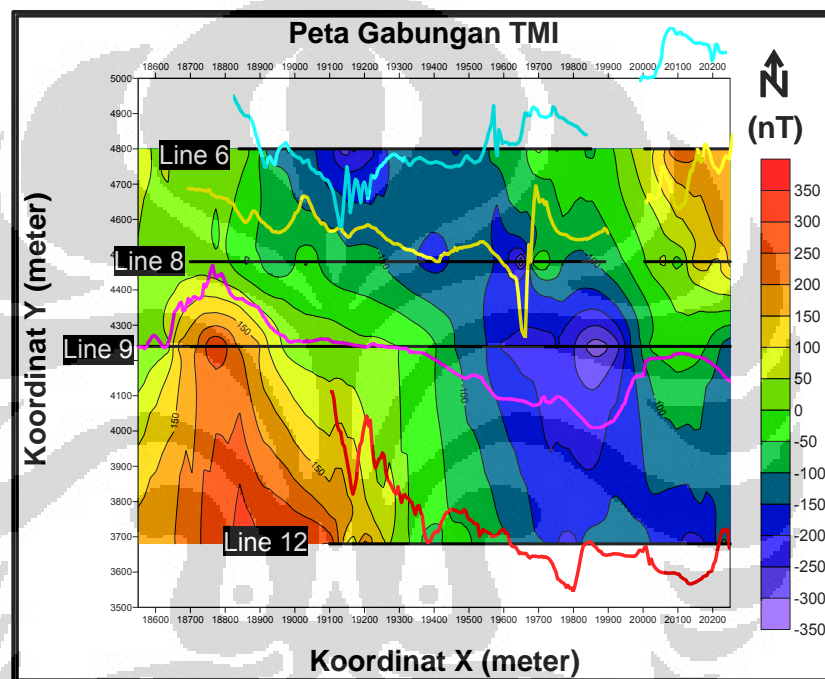
T_{obs} = Harga medan magnet terukur

V_{vh} = Harga variasi harian

$$V_{IGR} = \text{Harga medan magnet utama}$$

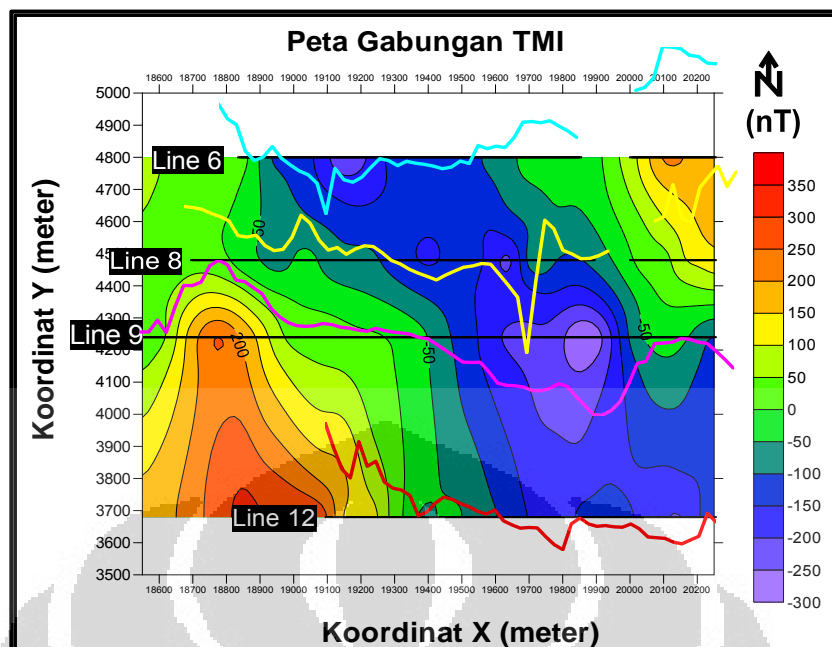
Nilai harga anomali magnet ini kemudian dibuat profil intensitas magnetik, dimana profil ini akan berguna untuk melihat variasi harian nilai kemagnetan perlintasan. Dari profil ini dapat diperkirakan kondisi geologi bawah permukaan berdasarkan sebaran profilnya yang dikaitkan dengan pola atau model yang telah ada.

4.1.2 Hasil Magnetik Gabungan



Gambar 4.2 Peta *TMI* gabungan sebelum di *UPWARD CONTINUATION* .

Pada Gambar 4.2 merupakan hasil *stacking* profil magnetik gabungan. Sebelum dilakukan *UPWARD*, dari hasil *stacking* menunjukkan bahwa kemungkinan zona alterasi terkonsentrasi pada bagian barat laut-tenggara dari daerah penelitian. Hal ini ditunjukkan oleh data intensitas magnetik yang cenderung *smooth* pada bagian tengah daerah pengukuran.



Gambar 4.3 Peta *TMI* gabungan sesudah di *UPWARD CONTINUATION* .

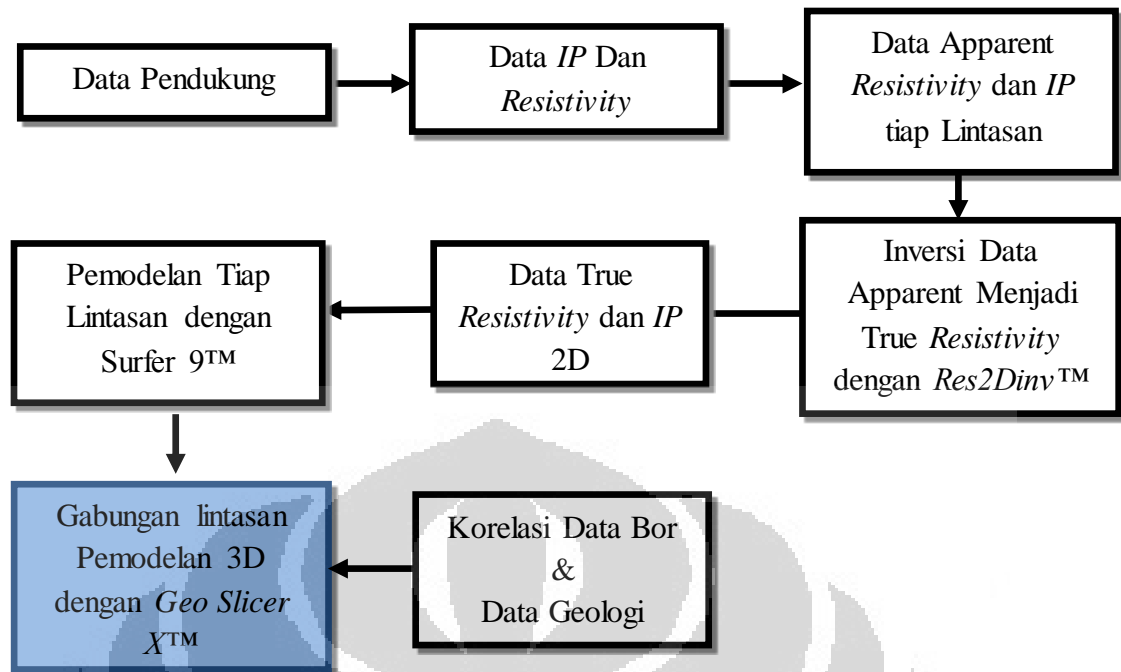
Pada Gambar 4.3 merupakan hasil *stacking* profil magnetik gabungan setelah dilakukan *UPWARD*, dari hasil *stacking* menunjukkan bahwa kurva dan kontur magnetik cenderung lebih *smooth* disbanding dengan kontur sebelum di *UPWARD*.

Pada bagian timur lintasan 6 dan lintasan 8 daerah penelitian terdapat variasi nilai intensitas magnetik yang sangat fluktuatif. Diduga kondisi ini berhubungan dengan zona struktur yang sangat tinggi intensitas keberadaannya di bagian ini. Pada bagian barat daerah penelitian juga ditemukan variasi nilai intensitas magnetik meskipun tidak terlalu fluktuatif. Diduga pada daerah ini juga terdapat zona struktur.

4.2 Pengolahan Data *Resistivity* dan *IP*

4.2.1 Alur Pengolahan *IP* Dan *Resistivity*

Data *Resistivity* dan *IP* pada pengolahan ini juga merupakan data penunjang yang nantinya akan diintegrasikan dengan hasil pengolahan data pada metoda geofisik lainnya tujuannya adalah untuk memudahkan dalam hal interpretasi dan analisis tiap-tiap lintasan, serta melihat anomali resistivitas dan *PFE* bawah permukaan.

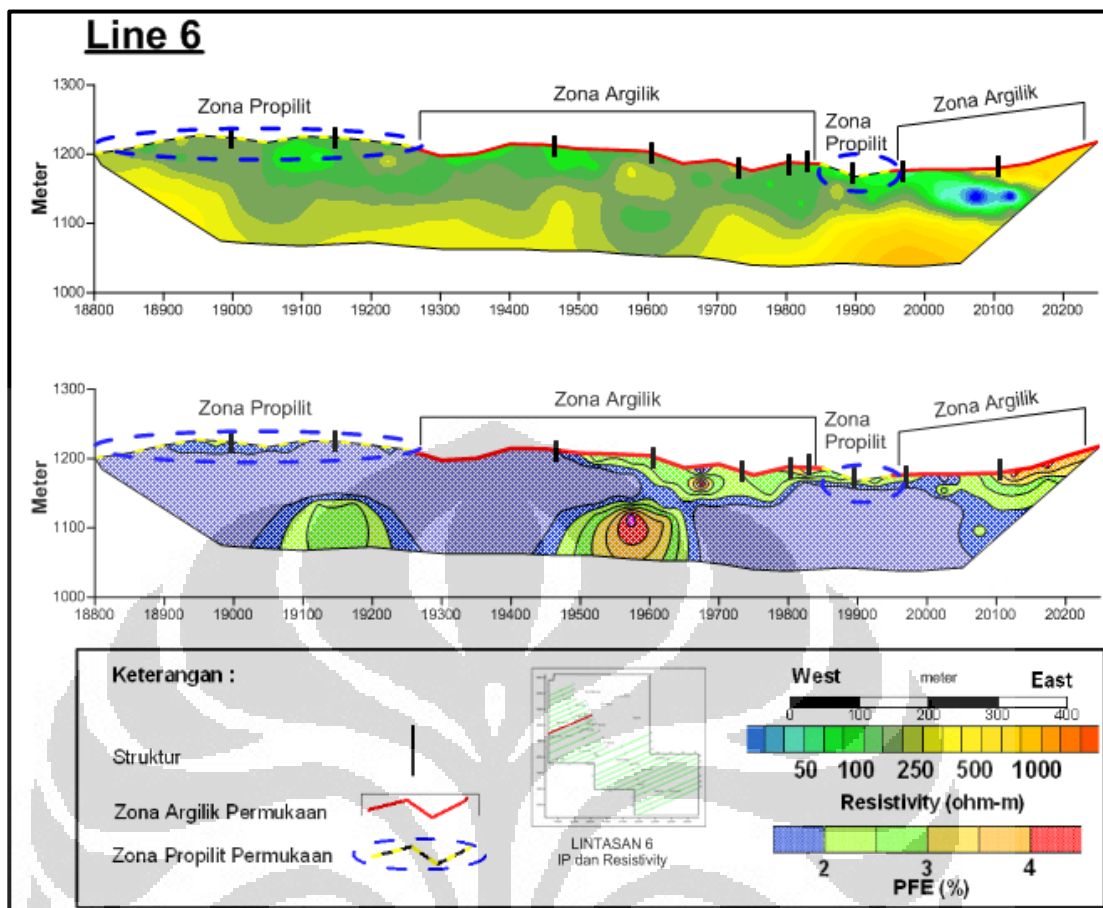


Gambar 4.4 Alur Pengolahan Data *IP* dan *Resistivity*.

4.2.2 Penampang 2D *IP* Dan *Resistivity* Tiap Lintasan

Dari data lapangan hasil pengukuran untuk metode *Resistivity* dan *IP* didapatkan nilai tegangan dan arus. Kedua kelompok data ini kemudian diolah menggunakan persamaan dengan melibatkan faktor geometri, tujuannya agar mendapatkan nilai yang sebanding antara arus yang diinjeksikan dengan tegangan yang diukur. Adapun persamaan untuk faktor geometri (K) adalah $K = \pi \cdot n(n+1)(n+1)a$ untuk konfigurasi dipol-dipol, sehingga diperoleh nilai *apparent resistivity* dan *apparent PFE*.

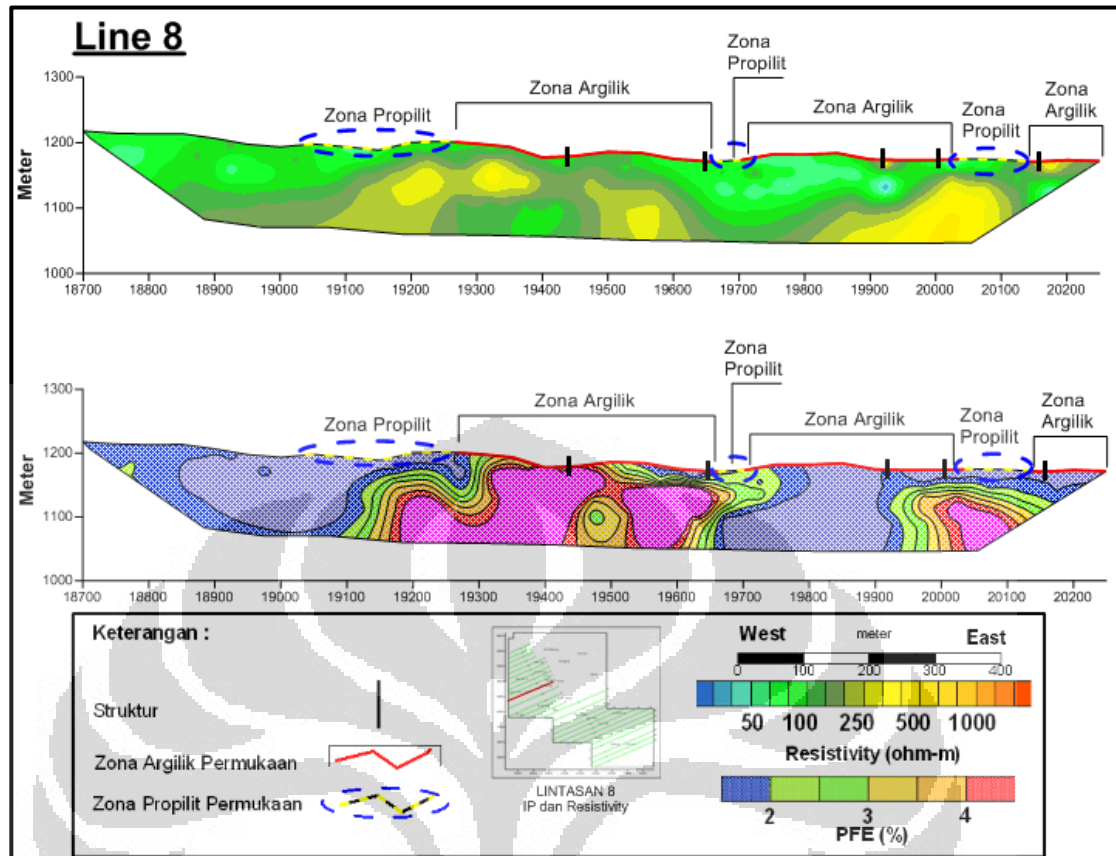
Dari data *apparent resistivity* tersebut dilakukan proses lanjutan yaitu proses inversi pada tiap-tiap lintasan. Proses inversi ini dilakukan dengan menggunakan *software Res2Dinv* untuk mendapatkan nilai *true Resistivity* dan *true PFE*. Dari hasil inversi tersebut kemudian diexport ke *software Surfer* untuk ditampilkan dan agar mudah pengaturan pewarnaan. Berikut adalah hasil penampang *true Resistivity* dan *true PFE* masing-masing lintasan dengan *surfer*.



Gambar 4.5 Penampang *Resistivity* (atas) dan *IP* (tengah) Pada Lintasan 6

Gambar 4.5 merupakan penampang 2 dimensi *Resistivity* dan *IP* pada lintasan 6. Dari hasil inversi, didapatkan hasil *true Resistivity* dan *true PFE*. Panjang lintasan 6 sekitar 1.4 km dengan spasi elektroda 50 meter dan kedalaman yang dicapai sekitar 100 meter. Terlihat adanya anomali pada penampang *Resistivity* dengan resistivitas tinggi berkisar antara 250-500 ohm.m hampir sepanjang lintasan dengan kedalaman kurang lebih 100 m. Nilai *PFE* sedang hingga tinggi juga terlihat pada penampang *IP*. Pada titik 19100-19200 terlihat respon *IP* sedang kisaran 2-3 % dan pada titik 19400-1700 terlihat respon *PFE* sedang hingga tinggi kisaran 3-5 %.

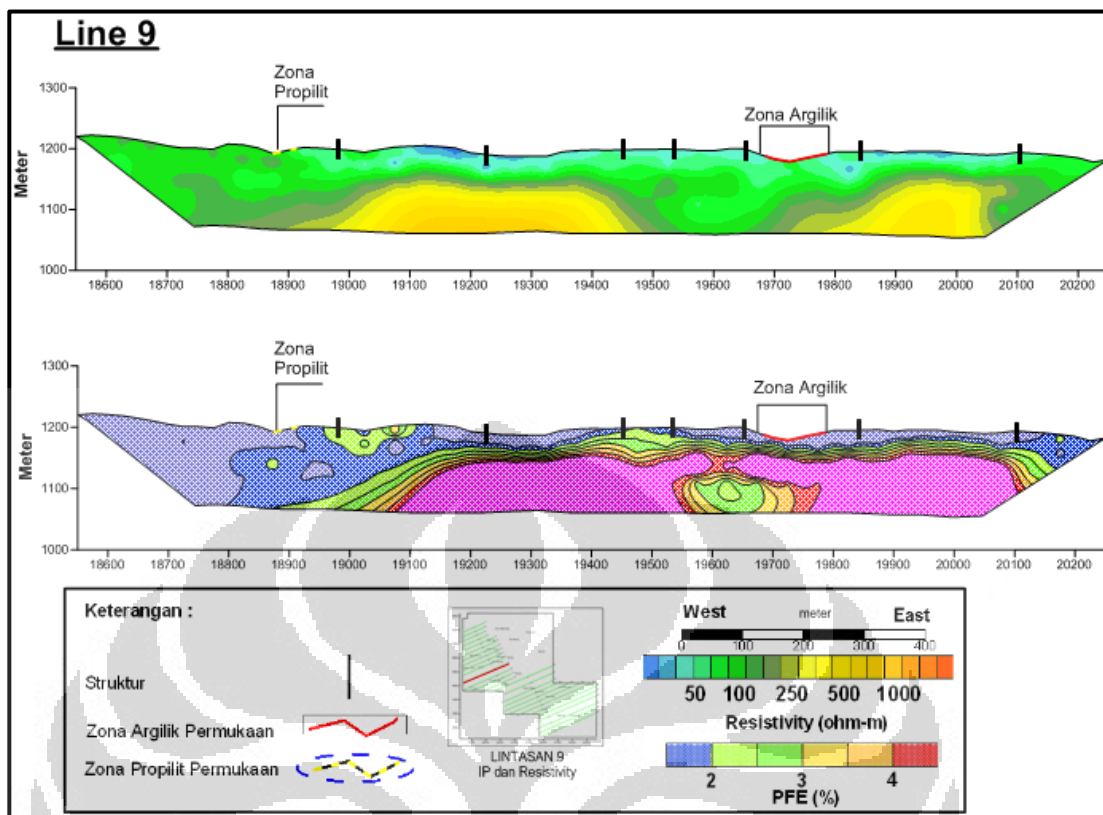
Informasi dipermukaan juga ditambahkan pada penampang 2 dimensi diantaranya terdapat zona argilik dan propilit diatas permukaan, hal tersebut bertujuan memudahkan dalam interpretasi untuk menentukan zona mineralisasi *subsurface*.



Gambar 4.6 Penampang *Resistivity* (atas) dan *IP* (tengah) Pada Lintasan 8

Gambar 4.6 merupakan penampang 2D lintasan 8 *Resistivity* dan *IP*. Panjang lintasan 8 sekitar 1.5 km dengan spasi elektroda 50 meter dan kedalaman yang dicapai sekitar 100 meter. Terlihat topografi pada lintasan ini relatif datar, anomali dengan resistivitas tinggi berkisar antara 250-500 ohm m di kedalaman kurang lebih 100 m terlihat di beberapa titik terpisah diantaranya 19100-19300, 19500-19650 dan 19800-2100.

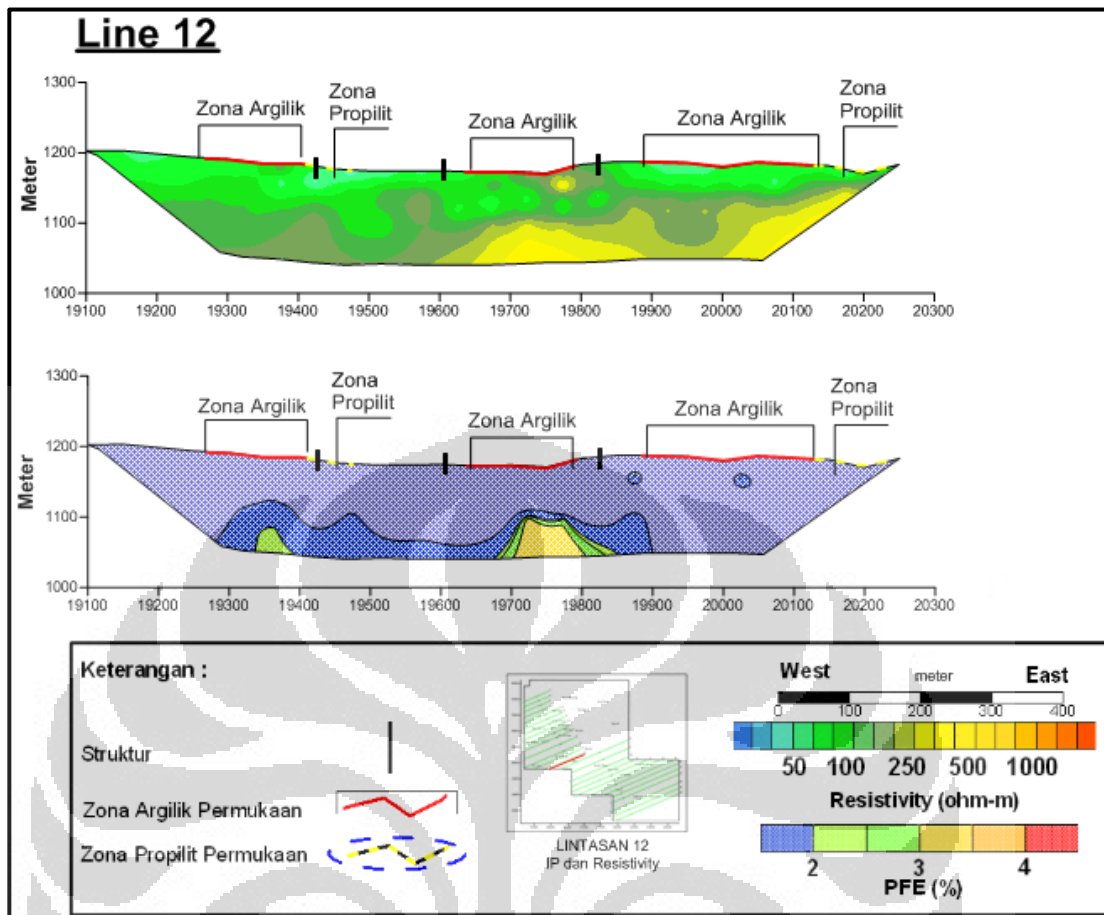
Nilai *PFE* tinggi juga terlihat pada penampang *IP*. Pada titik 19100-19300 ditandai dengan nilai *PFE* > 4 %, pada 19500-19650 terlihat respon *IP* tinggi kisaran > 4 % serata pada titik lain 19600-2100 juga ditunjukkan dengan nilai *PFE* tinggi > 4 %. Respon-respon dengan harga resistivitas dan *PFE* tinggi akan dibahas lebih rinci pada pembahasan selanjutnya pada bab 5.



Gambar 4.7 Penampang *Resistivity* (atas) dan *IP* (tengah) Pada Lintasan 9

Gambar 4.7 merupakan penampang lintasan 9, panjang lintasan 1.4 km arah Barat-Timur, dengan spasi elektroda 50 meter dan kedalaman yang dicapai sekitar 100 meter. Terdapat anomali dengan harga resistivitas tinggi > 250 ohm m pada titik 18900-19500 dan didukung oleh nilai *PFE* > 4 %. Anomali resistivitas tinggi hilang pada titik 19600 dan kembali muncul di titik 19700-2100 dengan nilai resistivitas kisaran 250-500 ohm m dengan nilai *PFE* tinggi > 4 %.

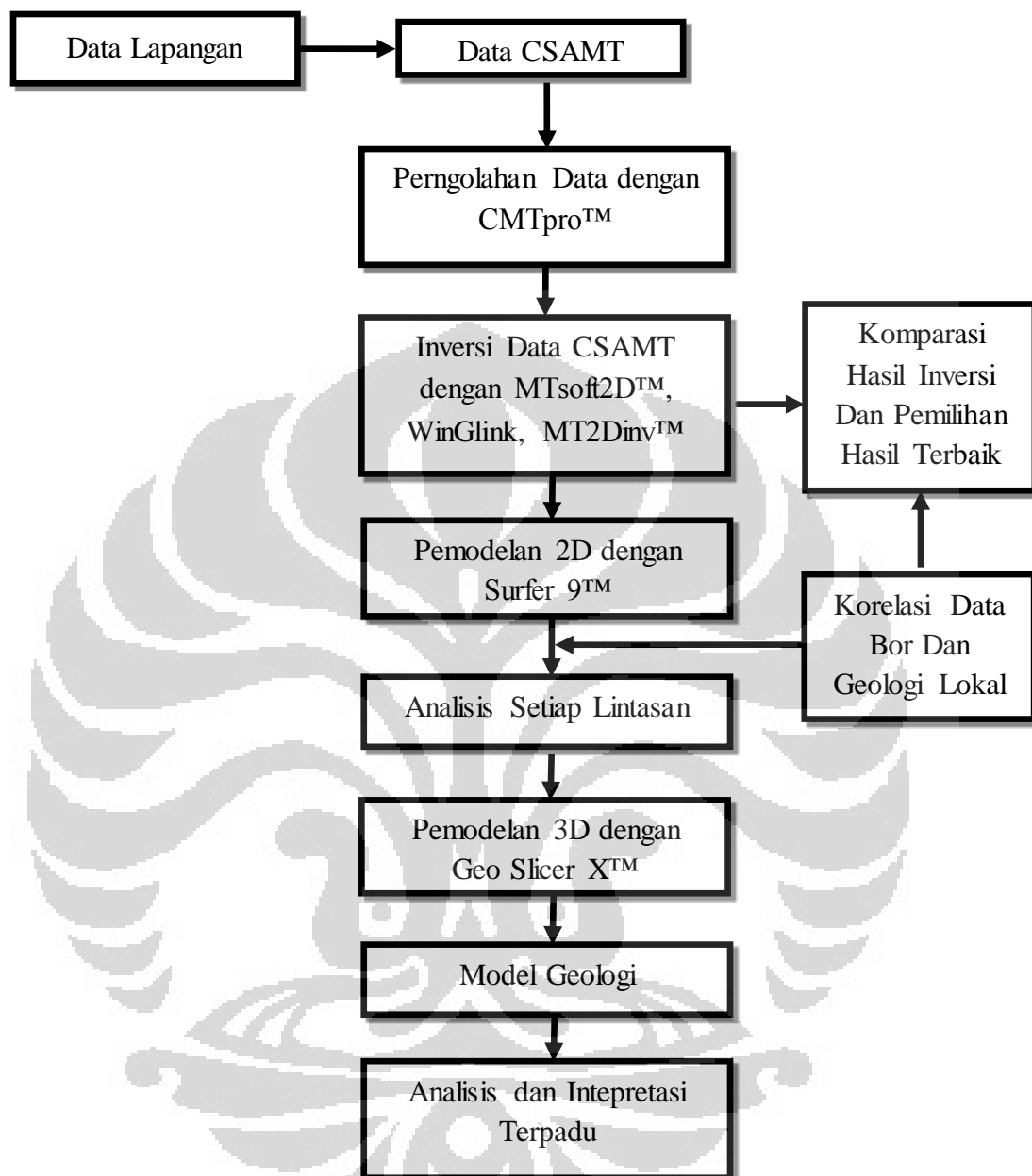
Hilangnya anomali resistivitas tinggi pada titik 19600 diduga karena adanya struktur, terlihat dari data geologi yang dikorelasikan pada tiap-tiap lintasan. Hal tersebut dilakukan untuk mempermudah dalam interpretasi menentukan zona mineralisasi bawah permukaan yang umumnya dikontrol oleh zona struktur.



Gambar 4.8 Penampang *Resistivity* (atas) dan IP (tengah) Pada Lintasan 12

Gambar 4.8 merupakan penampang lintasan 12, panjang lintasan 1.1 km arah Barat-Timur, dengan spasi elektroda 50 lintasan ini merupakan lintasan *Resistivity* dan *IP* terpendek. Dari penampang *resistivity* didapatkan nilai tahanan jenis *low to moderate* < 250 ohm m pada titik 19200-19600 dan juga tahanan jenis tinggi > 250 ohm m pada titik 19500-20200. Respon *PFE moderate to high* juga terlihat pada titik 19700-19800, hal tersebut diperkuat oleh data geologi, dimana terdapat struktur antara titik 19700-19800, diduga anomali tersebut merupakan respon adanya mineralisasi yang ditunjukkan dengan nilai tahanan jenis tinggi antara 250-500 dan *PFE* sedang 3-4 %.

4.3 Pengolahan Data CSAMT

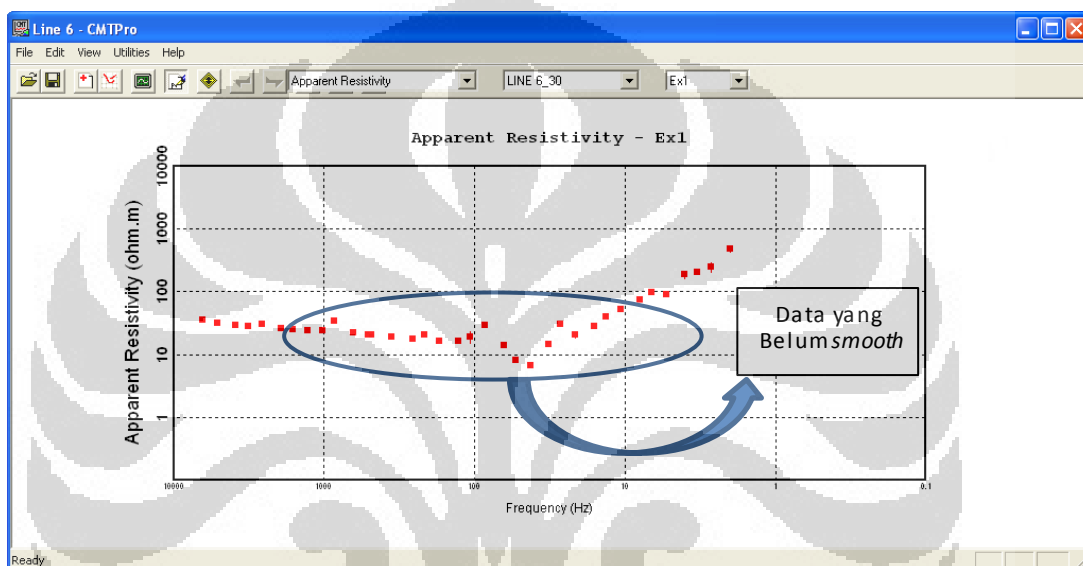


Gambar 4.9 Alur Pengolahan Data CSAMT

Pengolahan data CSAMT dilakukan dengan dua tahapan besar yaitu proses *editing* data dan inversi. Untuk *editing* data digunakan *software* CMTpro buatan *Phoenix Geophysics*, kemudian proses lanjutan adalah inversi data hasil *editing* menggunakan *software* MTsoft2D buatan *Phoenix Geophysics*.

4.3.1 Software CMTpro

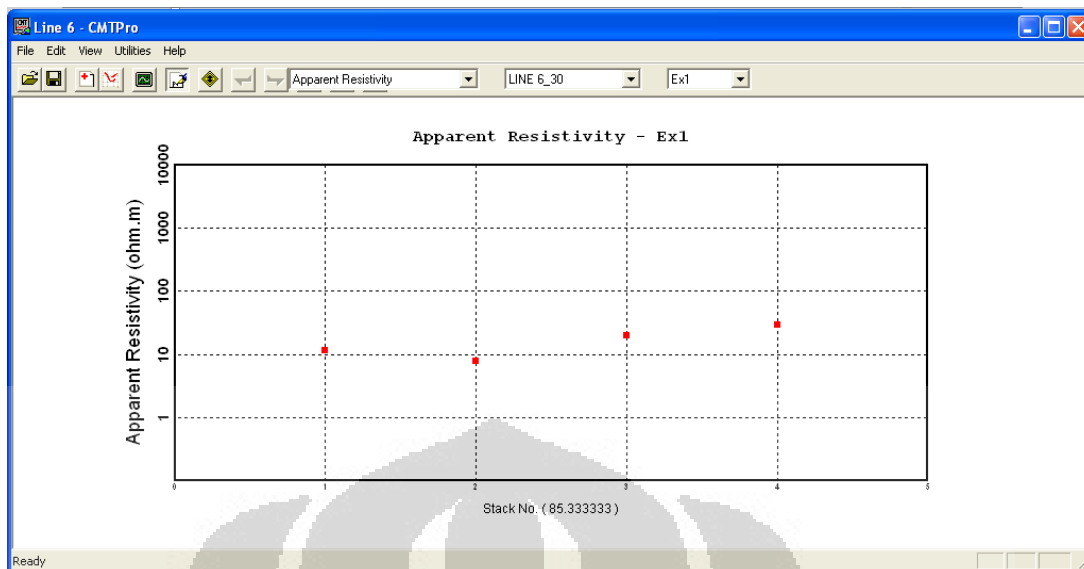
Sebelum melakukan *editing* data menggunakan CMTpro terlebih dahulu dilakukan loading data dari hasil pengukuran di lapangan, yang terdapat pada alat *receiver* V8 berupa *memory card* eksternal menggunakan bantuan *card rider*. Data yang didapatkan berupa tiga jenis ekstensi *file* yang berbeda yaitu “.tss”, “.tbl”, dan “.trs”. selanjutnya pilih data yang ber ekstensi “.tbl” untuk kemudian dilakukan pengolahan pada CMTpro



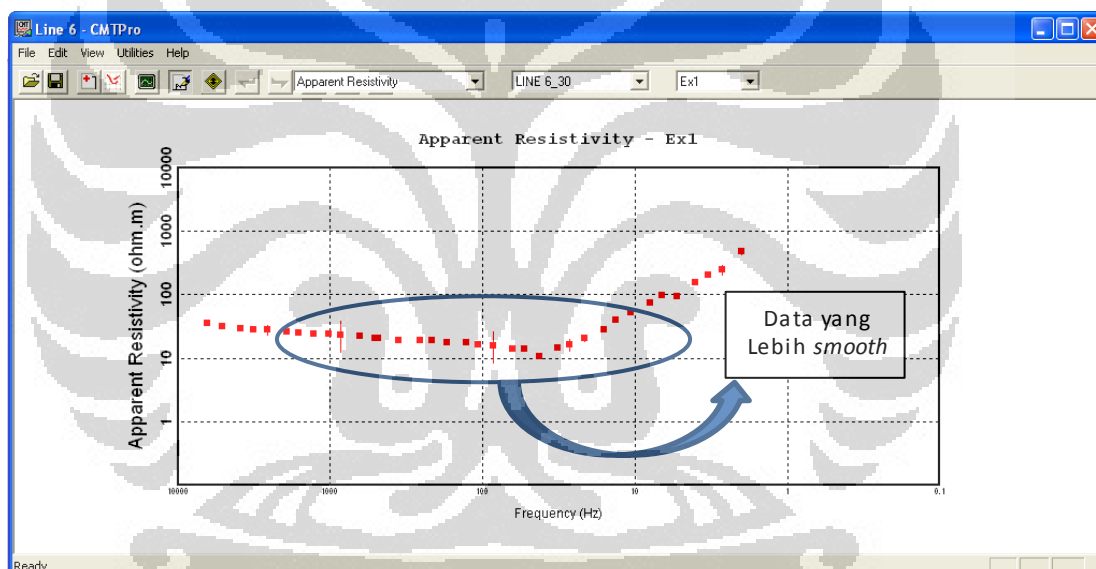
Gambar 4.10 Tampilan Satu Lintasan Titik Pengukuran

Gambar 4.10 merupakan tampilan data salah satu lintasan titik pengukuran *apparent resistivity vs frequency*. Setelah semua data hasil pengukuran dalam satu lintasan dimasukkan, data tersebut kemudian diperiksa kualitasnya. Data yang baik akan memperlihatkan kurva yang kontinu (Surya,2010). Selanjutnya apabila data tersebut kurang *smooth* dilakukan *editing* data dengan menu pilihan yang tersedia, tujuannya mengganti data dengan pilihan data yang tersedia hasil rekaman saat pengukuran.

Gambar 4.11 merupakan pilihan data hasil rekaman dimenu *editing*, caranya adalah memilih satu titik yang akan *diedit* kemudian memilih data yang akan digunakan dimenu pilihan data hasil rekaman pengukuran dilapangan. Pilihan data tersebut didapatkan dari hasil pengukuran yang merupakan data rekaman selama waktu pengukuran yang ditentukan di awal.



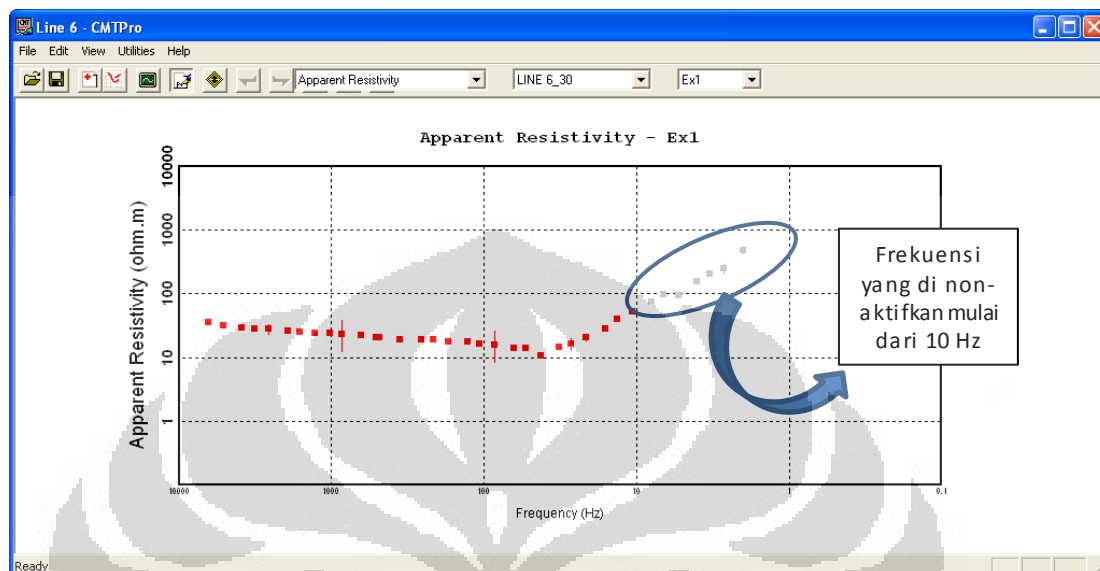
Gambar 4.11 Tampilan Pilihan Data Hasil Pengukuran



Gambar 4.12 Tampilan Data Setelah Dilakukan *Editing*

Gambar 4.12 merupakan tampilan data setelah *diediting*, terlihat data yang awalnya kurang *smooth* menjadi lebih *smooth*. Pada CMTpro dapat dilihat nilai *apparent resistivity* dan *frequency* dari data hasil pengukuran di lapangan. Untuk harga *apparent resistivity* berkisar antara 10 ohm m-100 ohm m, pada frekuensi 6400 Hz -100 Hz. Fasilitas lain yang terdapat pada CMTpro yaitu, dengan mematikan data pada frekuensi yang tidak diinginkan, namun perlu diingat, apabila dimatikan satu data, maka nantinya akan mengalami kendala pada proses inversi menggunakan MTsoft2D, dikarenakan MTsoft2D tidak dapat digunakan

apabila terdapat jumlah frekuensi yang tidak sama pada lintasan tersebut, solusinya adalah mematikan frekuensi seterusnya, berikut adalah tampilan data yang dimatikan frekuensinya.

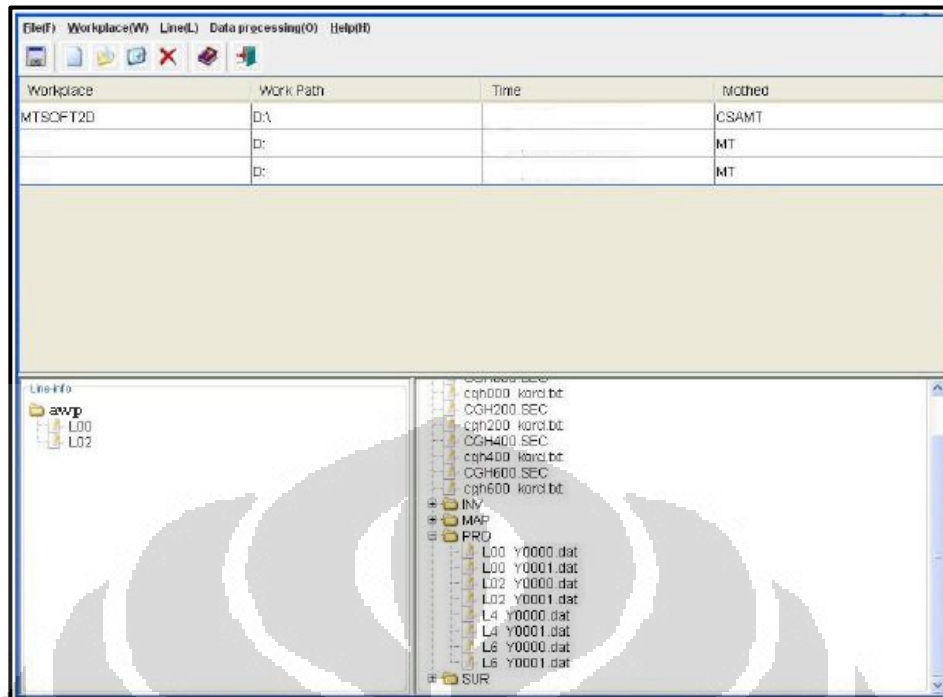


Gambar 4.13 Tampilan Data Setelah Frekuensi di Non-Aktifkan

Gambar 4.13 merupakan tampilan data setelah frekuensi yang diinginkan dinon-aktifkan, maka keluaran data nya berupa frekuensi dari 6400 Hz-10 Hz, yang pada awalnya sampai dengan 2 Hz. Kemudian disave dengan ekstensi .sec dan “.bos_sec”. kemudian gunakan file “.sec” yang merupakan ekstensi keluaran dari CMTpro untuk selanjutnya dilakukan proses tahapan kedua yaitu inversi pada software MTsoft2D.

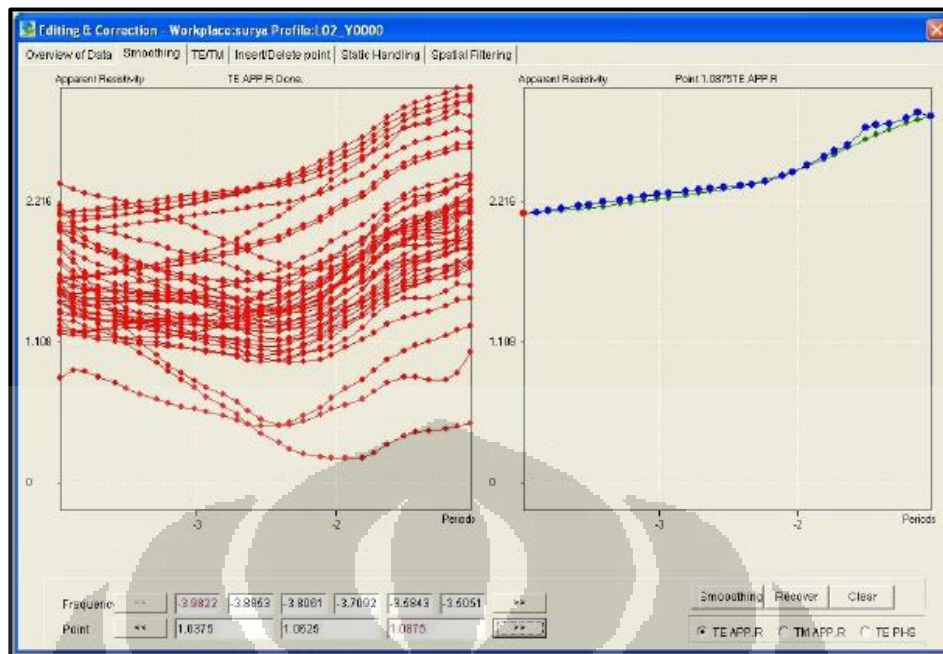
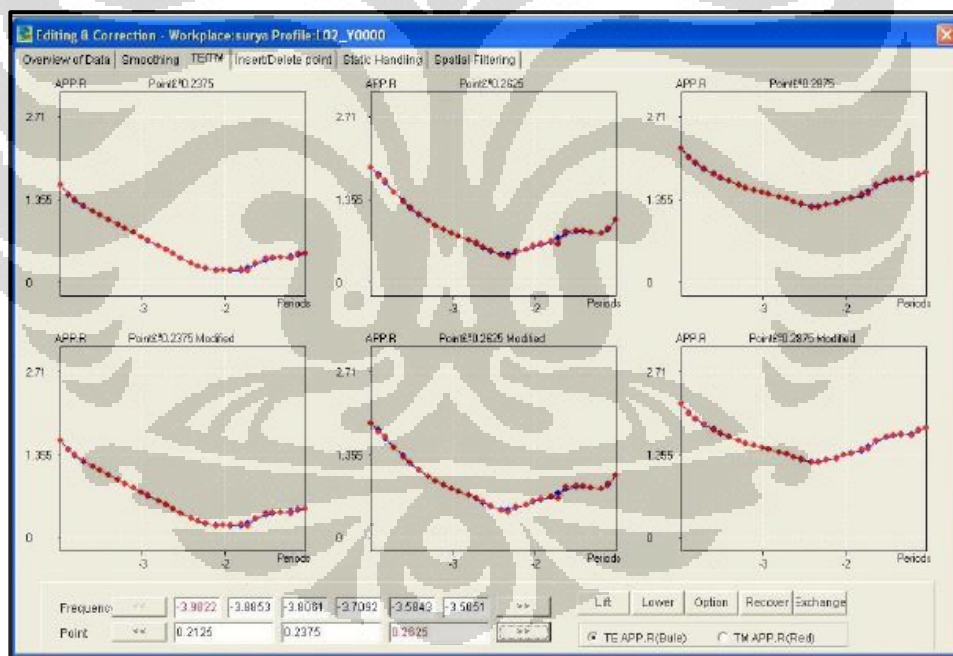
4.3.2 Software MTsoft2D

Data yang telah diolah dengan CMTpro, kemudian dilakukan proses *editing* dan invesi menggunakan software MTsoft2D. dari hasil pengolahan dengan CMTpro didapatkan data yang sudah *diedit* dengan batas frekuensi dan kedalaman yang diinginkan dengan melakukan perhitungan *skin depth* dan *effective depth*. Dari hasil keluaran CMTpro diperoleh file “.sec” untuk kemudian digunakan di MTsoft2D.



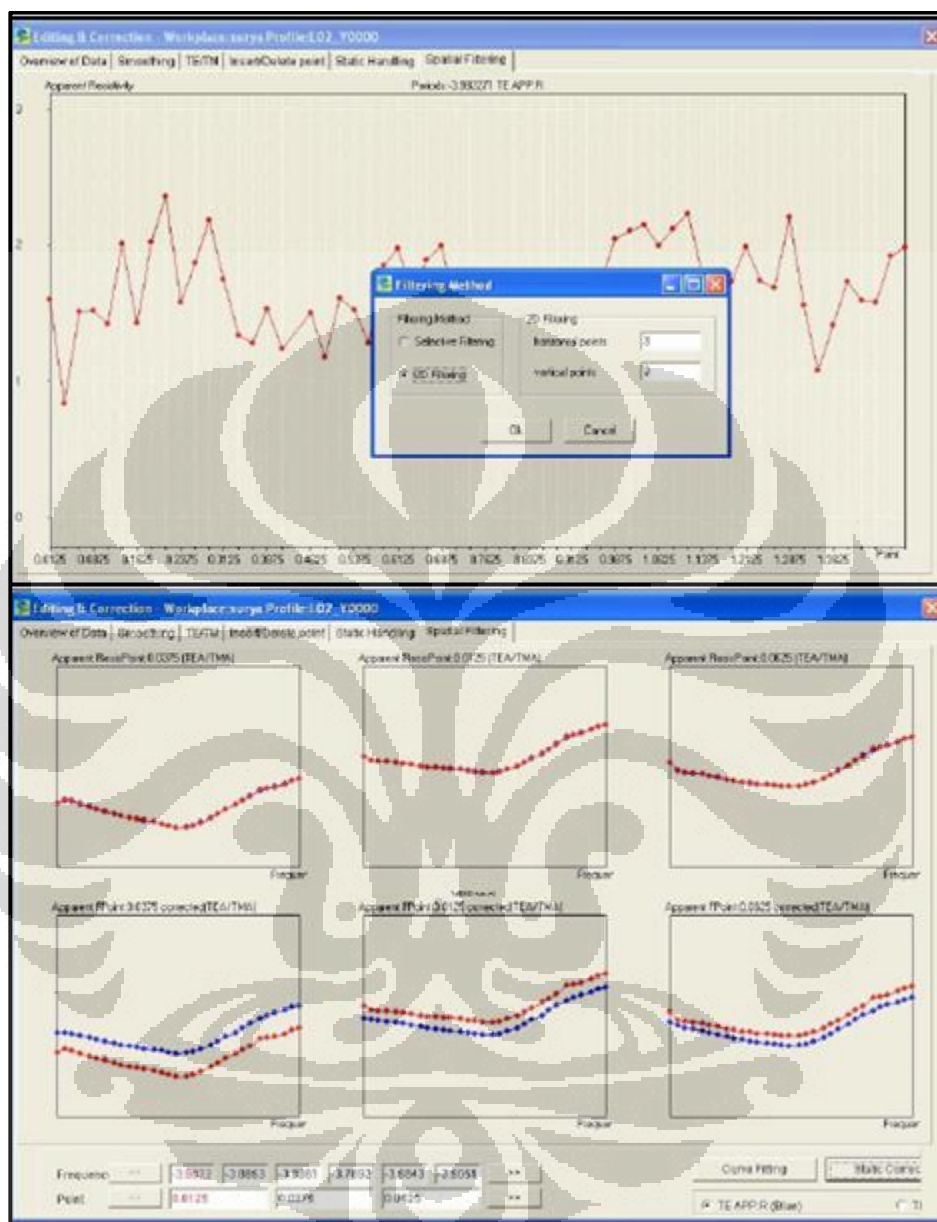
Gambar 4.14 Tampilan Awal MT2soft2D

Data yang sudah masuk kemudian di *smoothing* sehingga memperlihatkan kurva yang lebih kontinu. Proses *smoothing* ini menggunakan konsep interpolasi *fivespot triple*. Gambar 4.15 memperlihatkan proses *smoothing*, kurva berwarna merah pada bagian kiri merupakan data awal, sedangkan kurva biru pada bagian kanan adalah data saat proses *smoothing* berlangsung, kurva hijau pada bagian kanan merupakan kurva referensi yang merupakan hasil perhitungan dari kurva *sounding* disisi-sisi titik *sounding* (Chengdu University, 2008).

Gambar 4.15 Tampilan Proses *Smoothing*Gambar 4.16 Tampilan Hasil Proses *Smoothing* Tiap *Sounding*

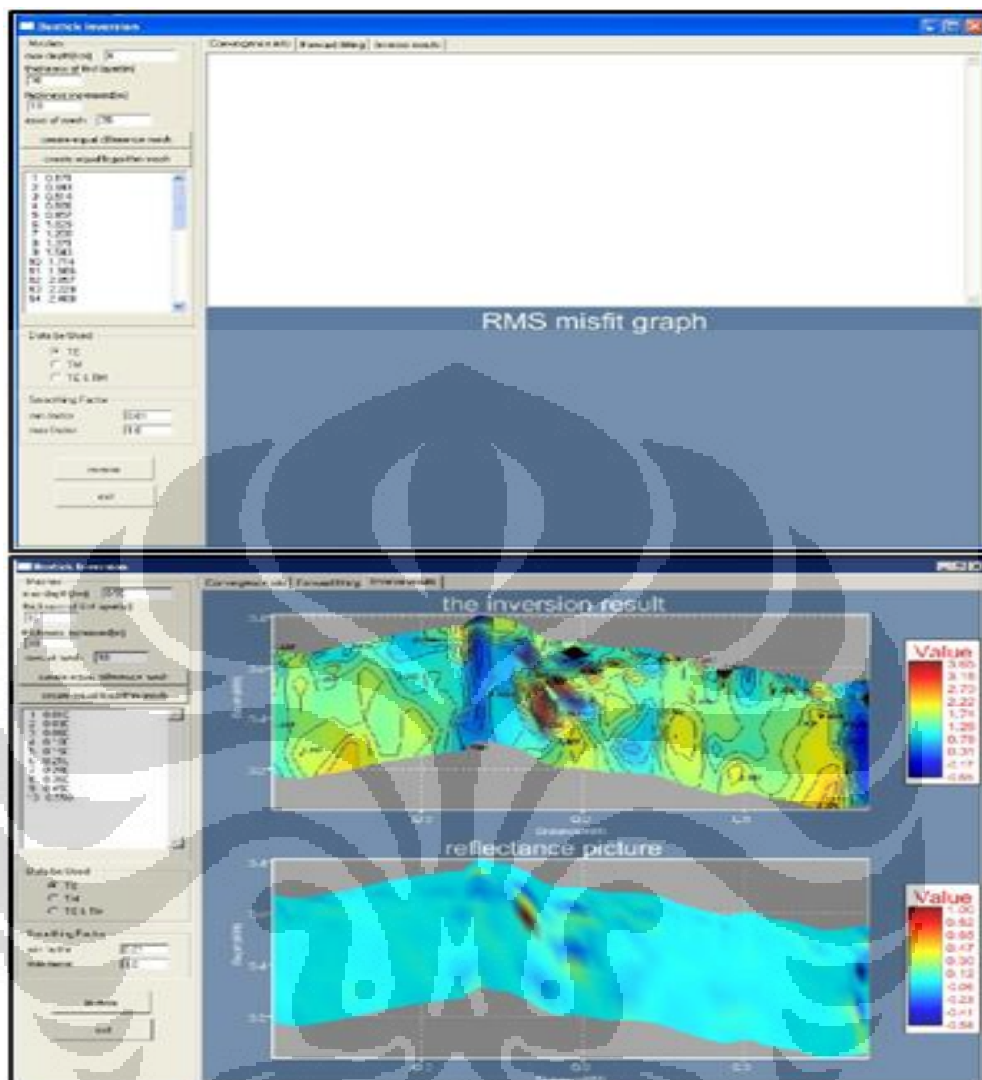
Gambar 4.16 merupakan tampilan hasil *smoothing* tiap 3 titik *sounding*, dimana terdapat 2 kurva merah dan biru. Kurva merah merupakan kurva yang belum *dismoothing* dan kurva biru adalah kurva hasil *smoothing*. Kurva pada bagian sebelah kiri merupakan titik *sounding* sebelumnya, kurva pada bagian

tengah merupakan kurva pada titik *sounding* *Itersebut* dan bagian kanan merupakan titik *sounding* selanjutnya, dan begitu seterusnya.



Gambar 4.17 Tampilan 2D filtering

Apabila nilai resistivitas semu berubah namun fase tidak menunjukkan adanya perubahan, maka dapat diduga bahwa data mengalami pergeseran statis (Zonge and Hughes, 1991). Software MTSOFT2D juga dilengkapi dengan 2D Filtering yang berguna dalam mengatasi kasus seperti ini. (Gambar 4.15) memperlihatkan proses 2D Filtering pada software MTSOFT2D.

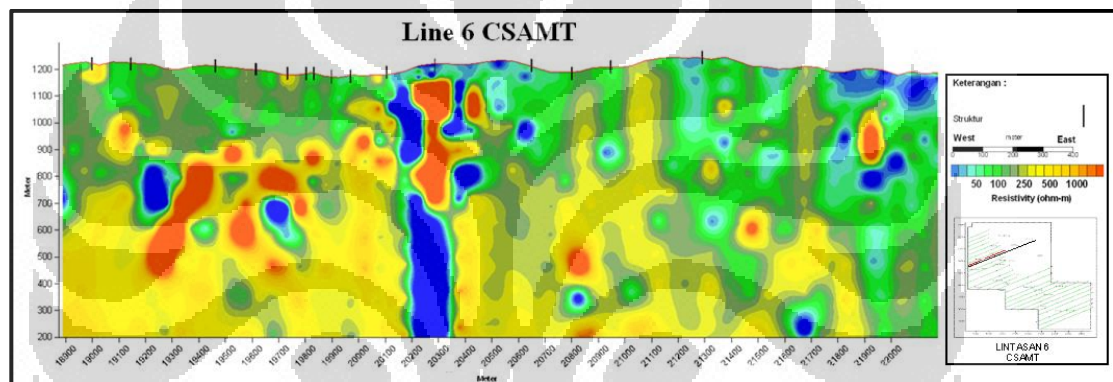


Gambar 4.18 Tampilan Inversi MTsoft2D

Proses selanjutnya adalah proses inversi dengan menggunakan *bostick inversion* pada software MTSOFT2D (Gambar 4.16). Parameter kedalaman yang ingin diperlihatkan diubah dari kedalaman 6 km menjadi kedalaman 1 km. Hal tersebut dilakukan karena proses interpretasi hanya ingin dilakukan pada rentang kedalaman tersebut. Alasan lainnya adalah keterbatasan data yang tersedia, akibatnya jika terdapat hasil inversi sampai kedalaman yang lebih tinggi dari nilai kedalaman efektif, maka hasil inversi tersebut kurang bisa dipercaya karena didapat dari hasil perhitungan matematis, bukan merupakan data asli yang didapat dari pengukuran lapangan.

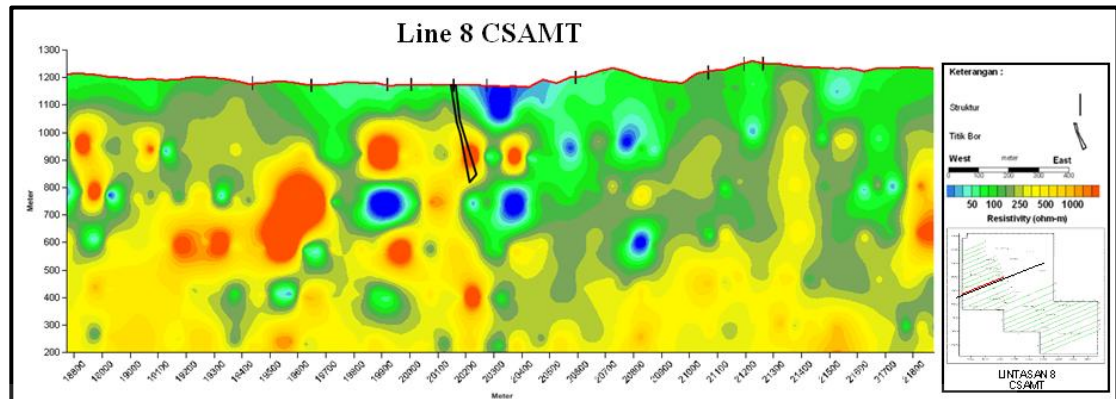
4.3.3 Penampang 2D CSAMT Tiap Lintasan

Dari hasil inversi menggunakan *software* MTsoft2D didapatkan data keluaran dalam bentuk “.dat”, namun perlu diperhatikan data hasil keluaran tersebut masih dalam skala logaritmik dan kedalaman serta panjang lintasan masih dalam satuan kilometer. Apabila ingin menampilkan dalam bentuk meter maka harus dilakukan *editing* koordinat dengan mengalikan 1000, serta apabila ingin menampilkan dalam skala linier maka harus mengalikan skalanya dengan “10^(skala log)”. Hal tersebut bertujuan untuk memudahkan pembacaan skala dalam linier dan juga dalam satuan meter. Selanjutnya baru dapat menampilkan hasil inversi menggunakan *software* surfer 9.0. berikut merupakan tampilannya.



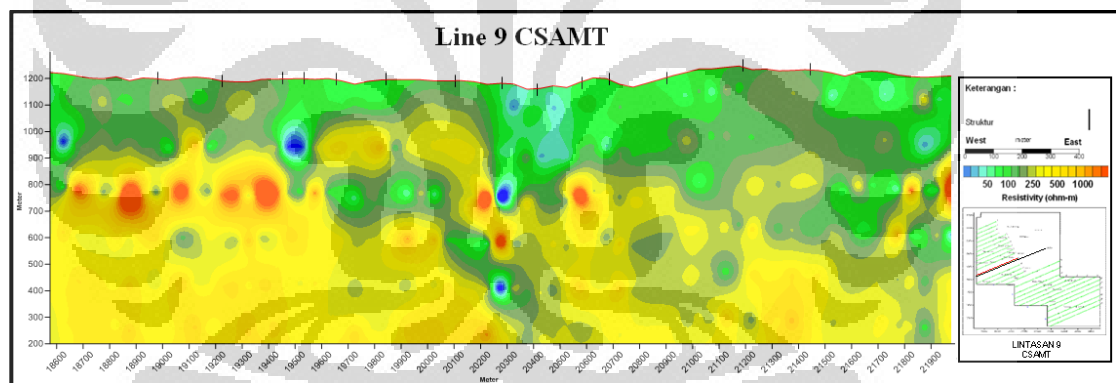
Gambar 4.19 Penampang Lintasan 6 CSAMT

Gambar diatas merupakan tampilan 2D lintasan 6 CSAMT yang ditampilkan dengan Surfer 9, *input* dari data tersebut adalah “.dat” yang kemudian digridding kemudian dilakukan *blank* terhadap data topografi, sehingga diperoleh penampang yang berundulasi mengikuti pola kontur. penampang tersebut memiliki panjang lintasan 3.3 km, jarak spasi antar elektroda 50 meter dengan kedalaman yang dicapai sekitar 1 km.



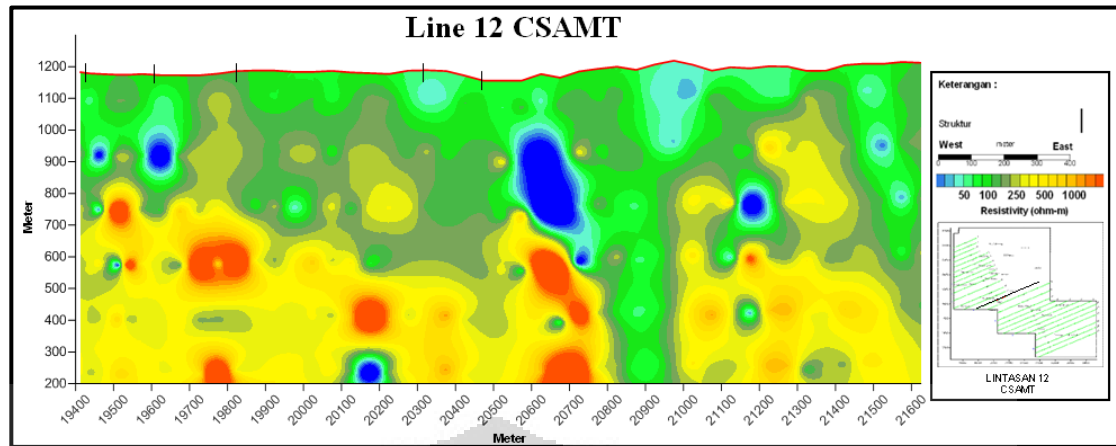
Gambar 4.20 Penampang Lintasan 8 CSAMT

Gambar diatas merupakan tampilan 2D lintasan 8 CSAMT dengan panjang lintasan 3.4 km, dengan spasi elektroda 50 cm dan kedalaman yang dicapai 1 km. lintasan 8 ini membentang dari arah Barat-Timur memotong arah struktur Utara-Selatan, terlihat dari penampang diatas, ditambahkan pula informasi struktur yang dilewati lintasan tersebut. Pada lintasan 8 ini terdapat titik bor pada titik 20200 dengan kedalaman bor mencapai kedalaman 400 meter.



Gambar 4.21 Penampang Lintasan 9 CSAMT

Gambar 4.21 merupakan penampang lintasan 9, dengan panjang lintasan 3.4 km terbentang dari arah Barat-Timur memotong arah struktur Utara-Selatan dengan spasi elektroda 50 meter, dan kedalaman yang dicapai sekitar 1 km. pada lintasan ini ditambahkan informasi adanya struktur tujuannya agar lebih mudah dalam menginterpretasi zona mineralisasi tiap lintasan.



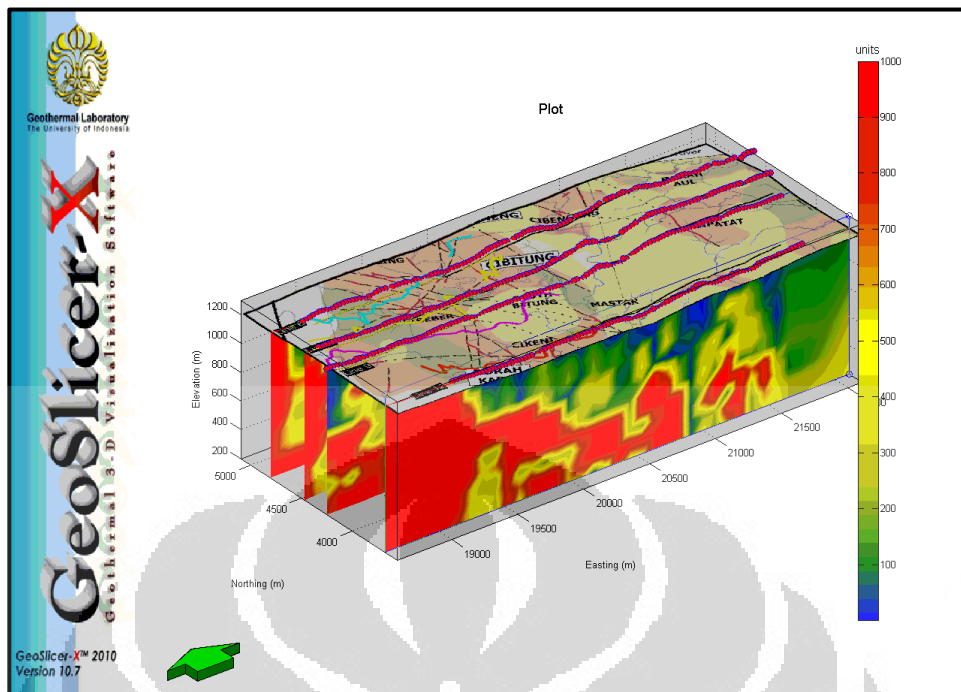
Gambar 4.22 Penampang Lintasan 12 CSAMT

Gambar 4.22 merupakan penampang lintasan 12, lintasan ini merupakan lintasan terpendek dari 4 lintasan CSAMT yang lain. Lintasan ini terbentang dari arah Barat-Timur sepanjang 2.2 km dengan spasi elektroda 50 meter dan kedalaman yang dicapai sekitar 1 km.

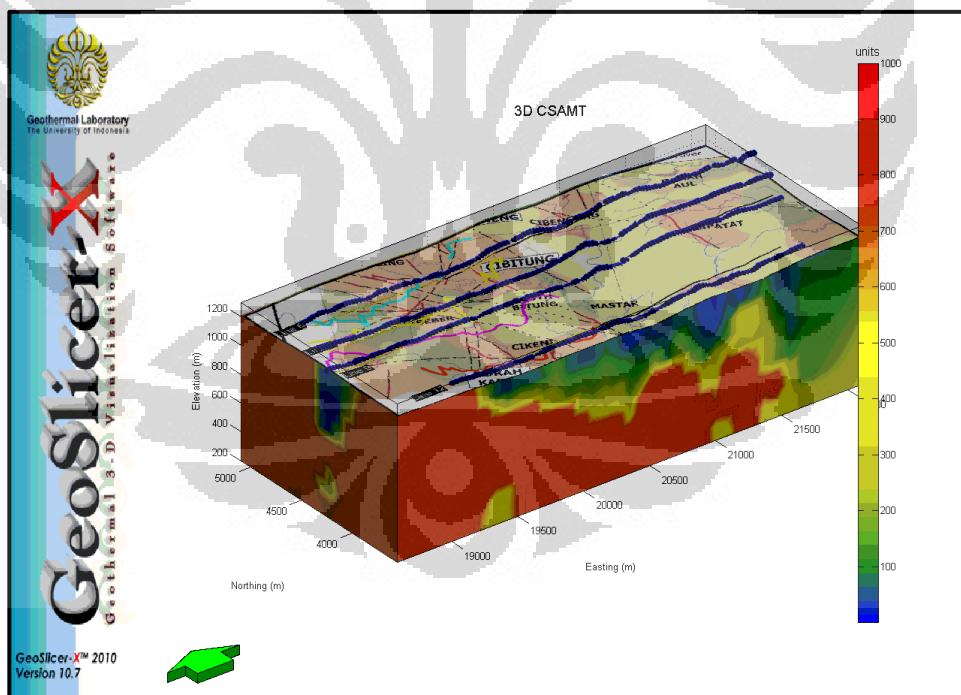
4.3.4 Software Geoslicer-X

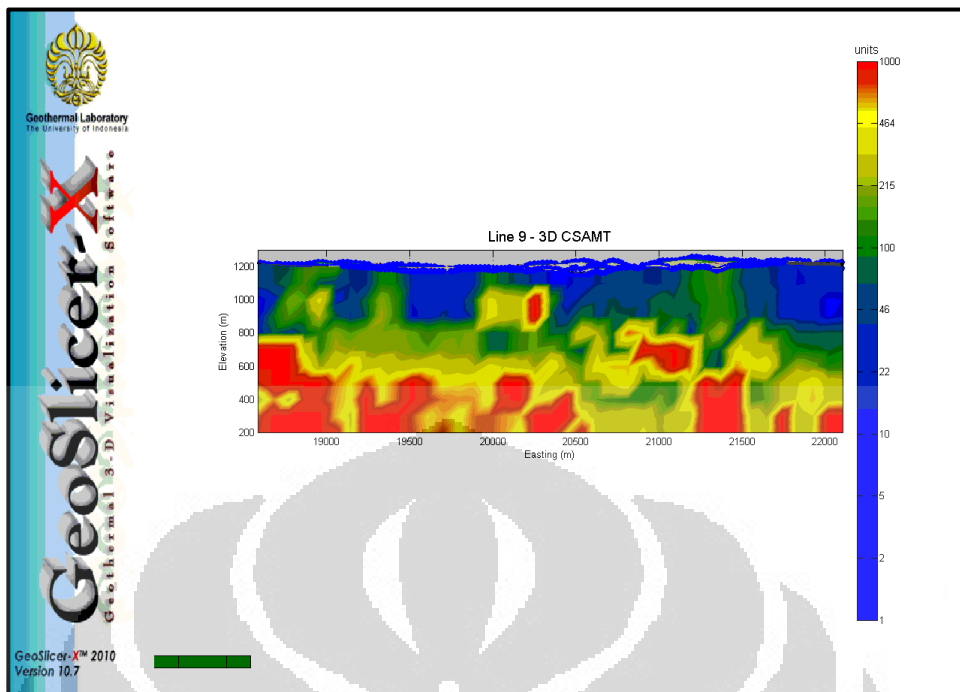
Geoslicer-X merupakan *software* pengembangan laboratorium geofisika Universitas Indonesia, dimana pemodelan 3 dimensi dilakukan pada *software* ini. Pemodelan 3 dimensi tersebut dilakukan dengan menggabungkan hasil pemodelan 2 dimensi kedalam sebuah *cube* yang kemudian diinterpolasi. Data *input* yang diperlukan untuk membuat pemodelan 3 dimensi ini terdiri dari 3 *file* dalam bentuk “.txt” dan satu *file* dalam bentuk “.bmp”.

File pertama adalah *file* yang berisi nilai resistivitas beserta kordinatnya (x, y, z dan nilai resistivitas) dalam bentuk *file* “.txt”. *File* kedua adalah *file* yang berisi data topografi titik sounding (x, y dan topografi) dalam bentuk *file* “.txt”. *File* ketiga adalah *file* peta permukaan dalam bentuk “*.bmp”. Dan yang keempat adalah *file* batas koordinat dalam bentuk *file* “.txt”. Data-data tersebut adalah data yang dikumpulkan dari hasil inversi MTSOFT2D. berikut merupakan hasil tampilan Geoslicer-X yang ditampilkan dalam berbagai sudut tampilan.

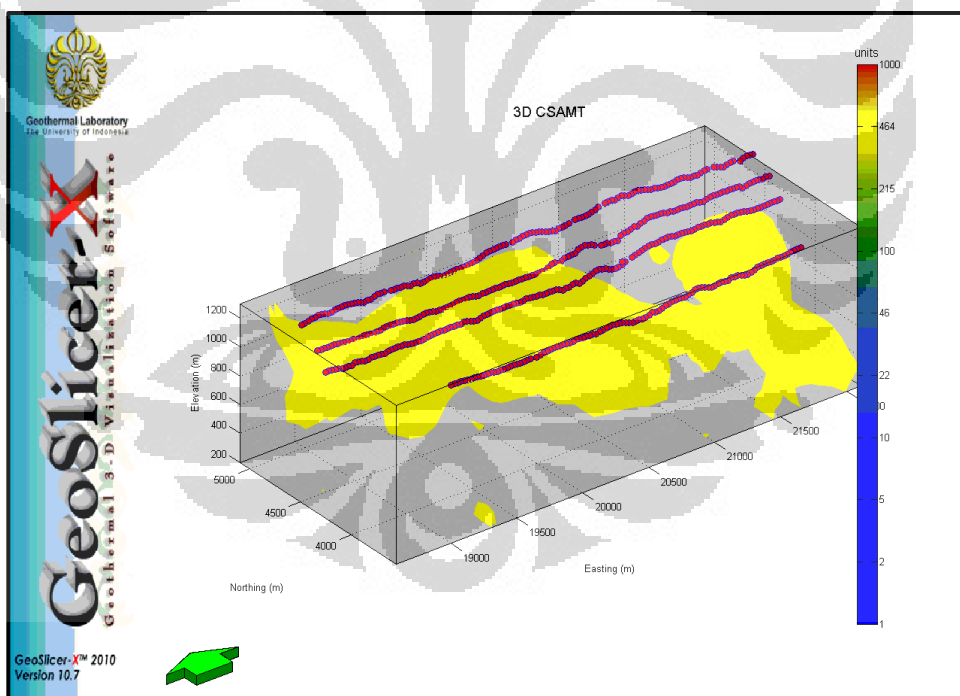


Gambar 4.23 Penampang Lintasan Gabungan CSAMT

Gambar 4.24 Penampang *Cube* Hasil Interpolasi



Gambar 4.25 Penampang Lintasan 9 Barat-Timur

Gambar 4.26 Anomali *Isovalue* 350 Ohm-m

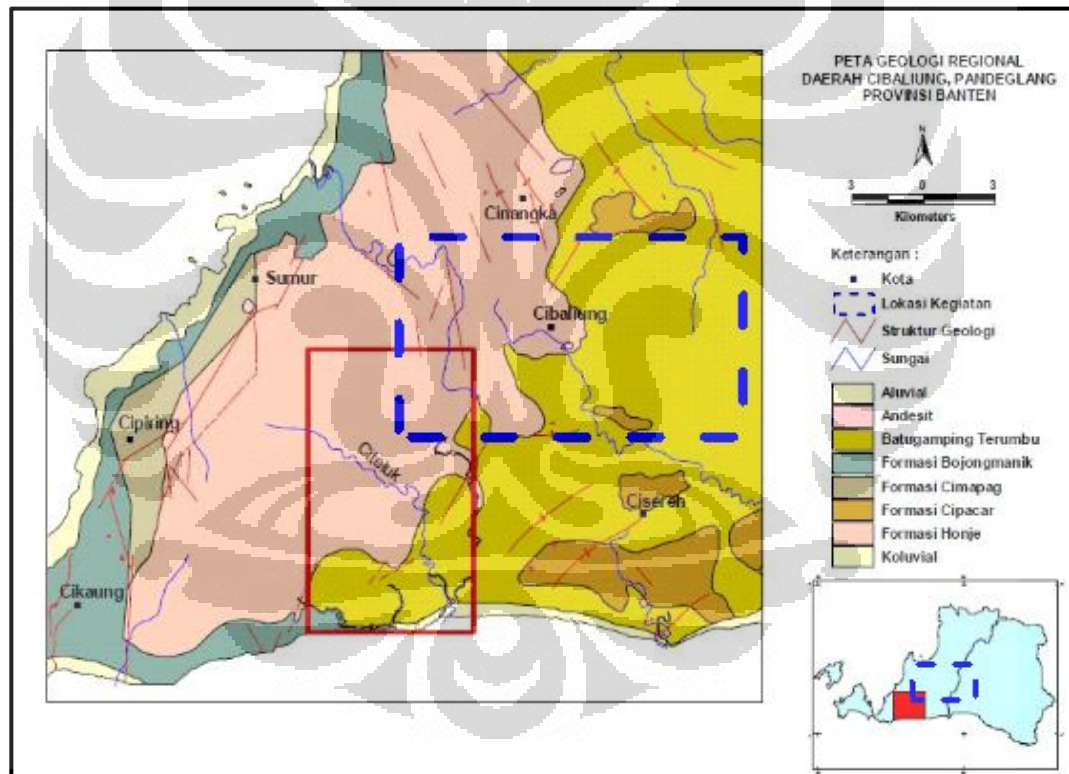
BAB 5

INTERPRETASI TERPADU DAN PEMBAHASAN

5.1 Data Geologi Daerah Penelitian

5.1.1 Geologi Regional

Cibaliung berada di bagian tengah dari busur magmatik Sunda-Banda yang berumur Neogen. Berlokasi antara zona transisi yang didominasi sesar mendatar menganan (*right lateral strike slip fault*) berarah barat laut yang bergerak sepanjang bagian busur Sumatra ke arah sesar naik (*compressional fault*) yang berarah Timur Barat di pulau Jawa (*Annual Report CSD, 2007*).



Gambar 5.1 Peta Geologi Regional (www.google.com)

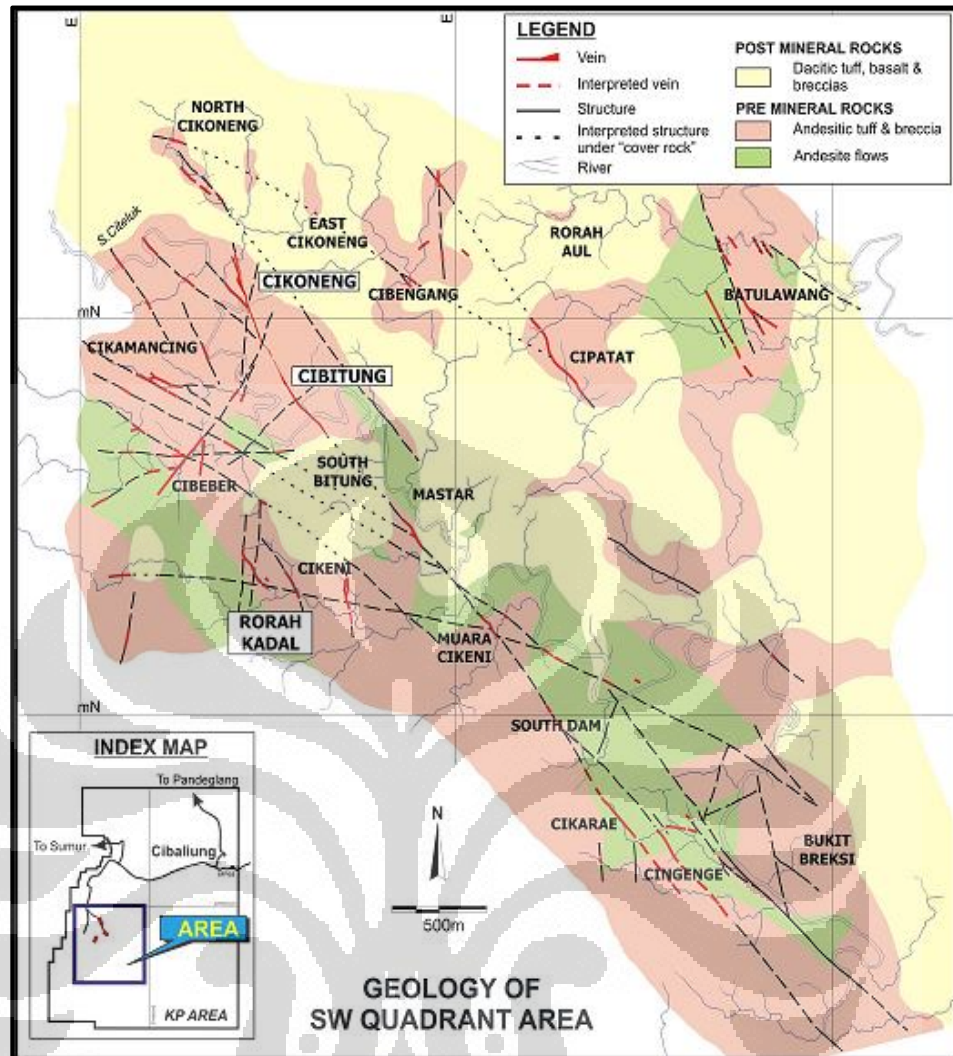
Secara regional, wilayah Cibaliung termasuk dalam keadaan kompleks batuan beku yang dinamakan “Honje Complex”. Kompleks batuan beku vulkanik ini diperkirakan merupakan produk dari peristiwa *back arc riftin volcanism*, yang diindikasikan oleh kehadiran dari bimodal vulkanim atau peralihan dari basalt ke riolit.

5.1.2 Stratigrafi Regional

Satuan Batuan yang tertua, yakni formasi Honje, merupakan satuan yang tebal dari batuan basaltic andesitic ke andesit flow dan breksi vulkanik dengan beberapa sedimen interklastik. Hasil penentuan umur batuan dengan K-Ar dating menggunakan sample andesit dari Formasi Honje memperkirakan bahwa batuan tersebut berumur Miosen Tengah (11.40 ± 0.8 Ma). Berada menumpuk secara tidak selaras diatas Formasi Honje yakni lapisan batuan dacitic tuff, yang masif dan datar yang dinamakan Cibaliung Tuff. Hasil penentuan umur batuan, memperkirakan bahwa lapisan batuan tersebut berumur Mio-Pliosen (4.90 ± 0.006 Ma). Dimana batuan andesit - diorit subvulkanik dan dike mengintrusi Formasi Honje sebagaimana yang dapat terlihat pada *coring* hasil pengeboran,

Satuan batuan yang termuda yakni berupa satuan batuan sedimen dengan dip yang berarah timur berada diatas formasi batuan ini (Cibaliung Tuff). Dimana bagian bawahnya terdiri dari konglomerat, batupasir karbonat, batuan lempung, dan gamping dengan interkalasi lignite. Sedangkan, dibagian atasnya terdiri beraneka sedimen tuffan dan tuff.

Basalt flow yang diperkirakan berumur Kuartar berada menumpang diatas atau mengintrusi formasi batuan yang teratas dibeberapa bagian wilayah KP pertambangan, dan termasuk kedalam eks perkebunan kakao. Mineralisasi vein (khususnya Cikoneng dan Cibitung) dengan batuan induk dari Formasi Honje (re mineral rock), sementara itu Cibaliung Tuff dan formasi batuan lainnya sebagai batuan penutup (post mineral rock).



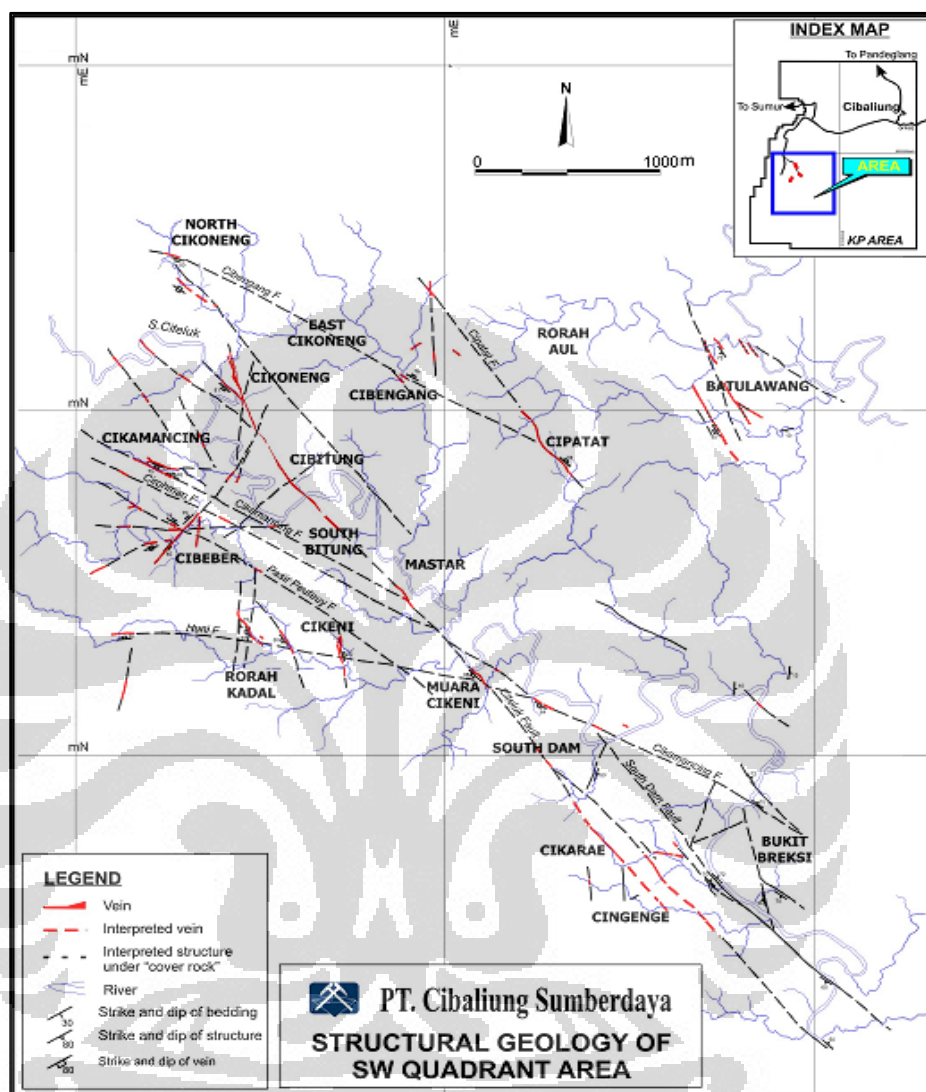
Gambar 5.2 Peta Geologi Lokal

Distribusi batuan disekitar wilayah KP, memperlihatkan Pre mineral rock (Formasi Honje) berada pada kuadran bagian barat daya dan didominasi oleh Cikoneng Cibitung *Influence Area*. Batuan gamping post mineral pada kuadran bagian tenggara, batuan basalt dibagian tengah dan utara, sementara batuan dacite menutup hamper seluruh sisa bagian wilayah KP tersebut.

5.1.3 Alterasi Dan Mineralisasi

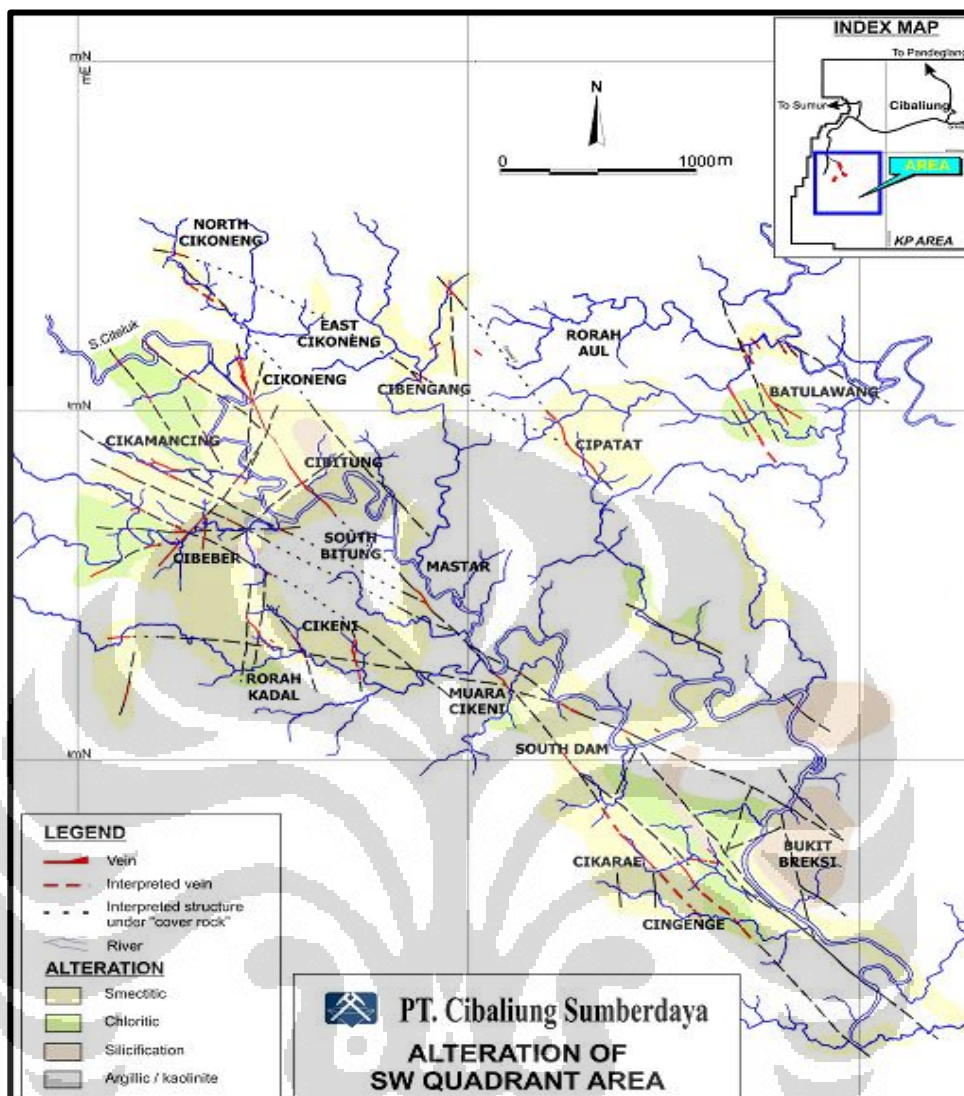
Daerah Cibaliung terletak di baratdaya pulau Jawa, termasuk ke dalam tipe mineralisasi endapan emas epithermal sulfida rendah. Pada daerah Cibaliung memiliki batuan dasar berupa lava yang bersifat andesitik hingga basaltik yang

termasuk dalam *Middle Miocene Honje Formation*, kemudian ditutup oleh *Pliocene Cibaliung tuff*.



Gambar 5.3 Peta Struktur

Mineral biji penyerta dari endapan terdiri dari electrum, naumannite, Ag-Se-Te sulfide mineral, kalkoporit, pirit, dan galena. Mineral-mineral biji tersebut terdapat dalam urat kuarsa bertekstur *colloform-crustiform*. Terdapat pula campuran mineral lempung seperti illite dan smectite.

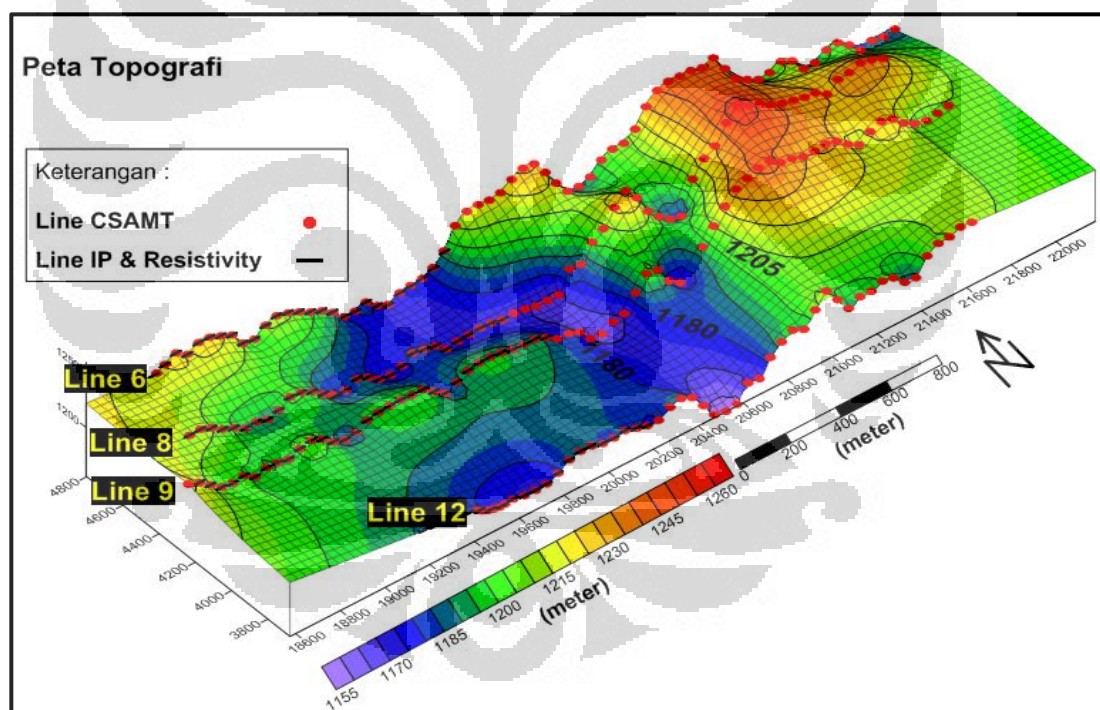


Gambar 5.4 Peta Alterasi

5.2 Interpretasi Terpadu

5.2.1 Interpretasi Terpadu Tiap Lintasan

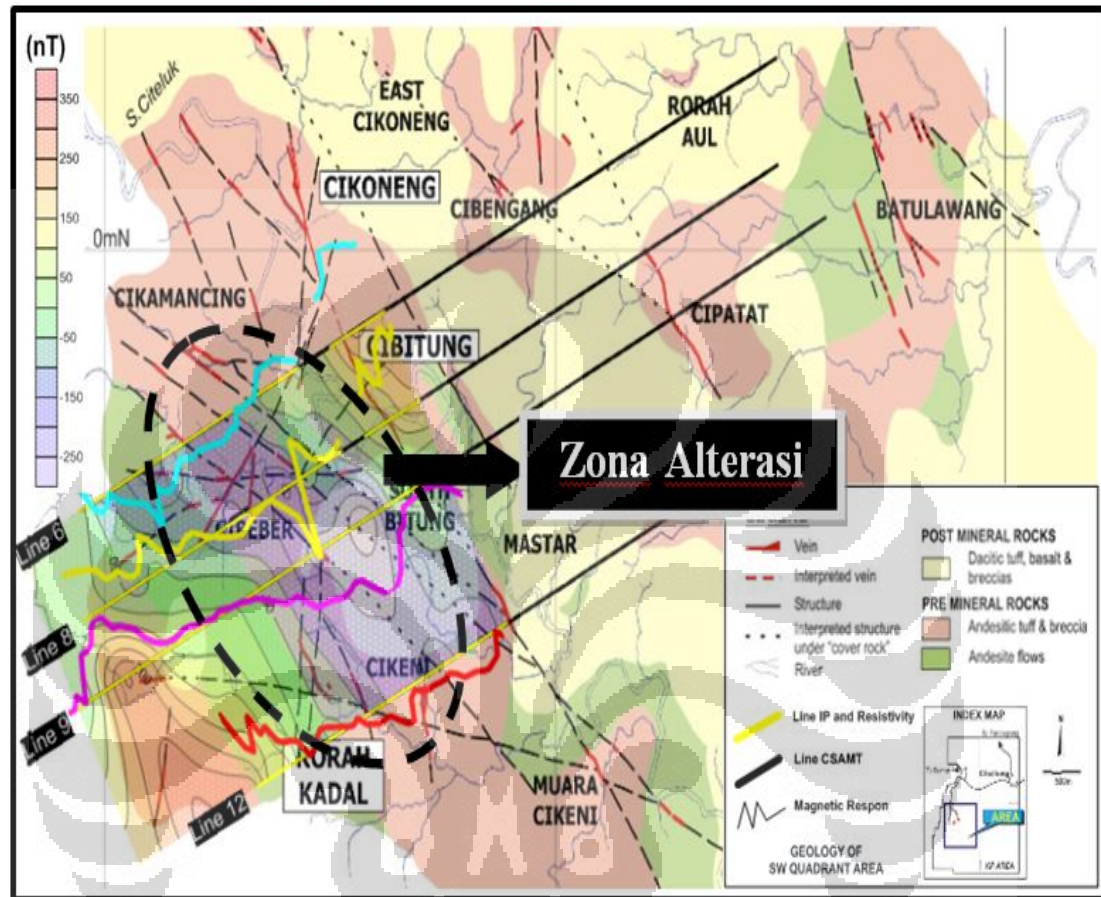
Gambar 5.5 merupakan peta topografi dengan titik-titik pengukuran metode geofisika. Dari gambar tersebut terlihat topografi daerah pengukuran yang relatif datar, dengan elevasi tertinggi 1200 meter ditandai dengan kontur berwarna merah dan elevasi terendah sekitar 1100 meter yang ditandai kontur berwarna ungu hingga biru. Pada gambar 5.5 jumlah lintasan CSAMT sebanyak 4 lintasan, *di overlapping* oleh lintasan magnetik, *IP* dan *resistivity*. Pengukuran yang dilakukan pada metode magnetik, *IP* dan *resistivity* belum *mengcover* semua lintasan CSAMT.



Gambar 5.5 Peta Topografi dan Lintasan Pengukuran

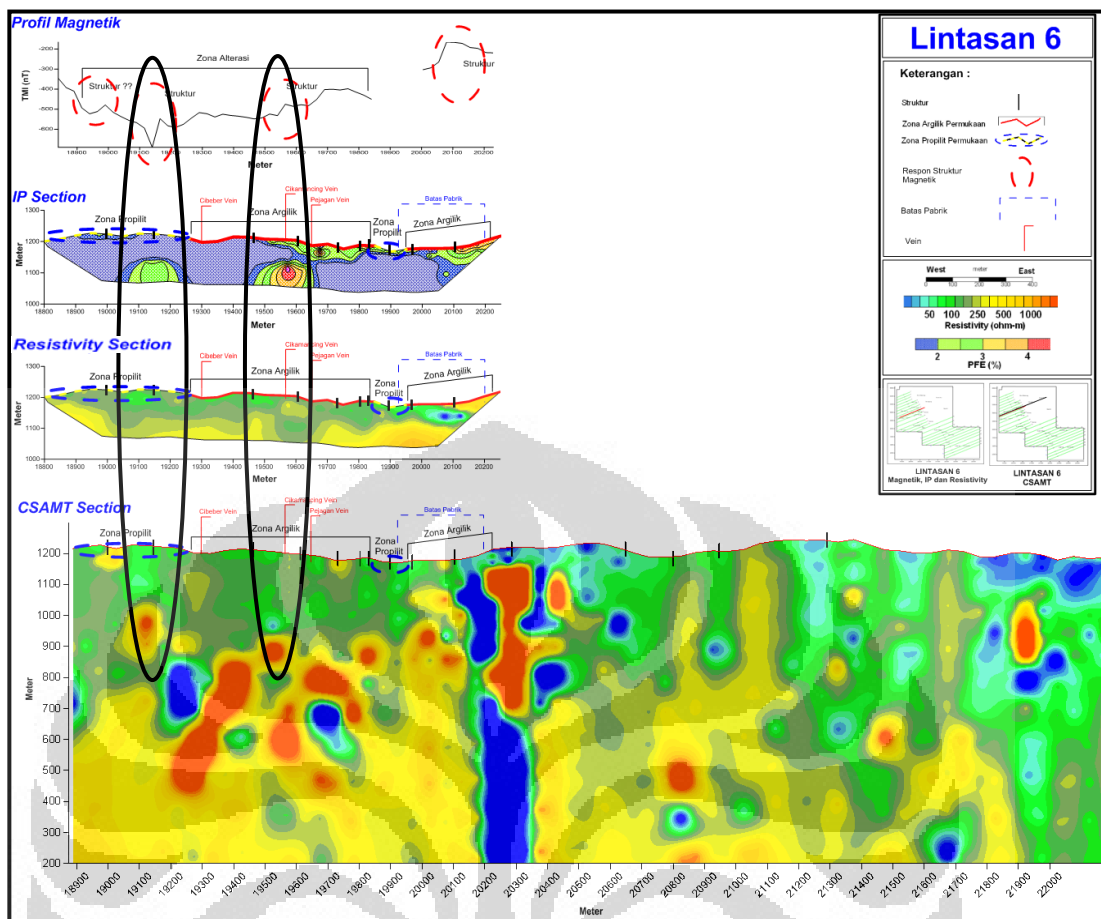
Dari hasil profil magnetik yang telah di *overlay* dengan lintasan dan peta geologi lokal daerah penelitian, dapat menentukan indikasi adanya zona alterasi pada lintasan gabungan yang mengarah dari Barat laut-Tenggara, dari respon yang terlihat umumnya zona alterasi tersebut ditunjukkan dengan respon magnetik yang relatif datar dan disertai dengan undulasi magnetik yang dapat diartikan sebagai

zona struktur. Zona alterasi tersebut bisa digolongkan dengan zona lemah atau zona pelapukan, terdapat zona struktur yang terisi larutan hidrotermal dimana dapat berisi mineral yang umumnya mengontrol zona mineralisasi.



Gambar 5.6 Peta Respon Magnetik

Gambar 5.6 merupakan profil dan kontur magnetik gabungan yang di *stacking* kemudian *dioverlay* dengan peta geologi lokal. Informasi yang didapatkan dari profil serta kontur magnetik tersebut adalah indikasi zona alterasi pada arat Barat laut-Tenggara, ditandai dengan profil magnetik yang relatif *smooth* serta didukung dengan adanya undulasi magnetik yang merupakan indikasi adanya struktur, hal tersebut didukung oleh data geologi lokal yang menunjukkan adanya pola struktur dengan ditandai garis hitam putus-putus yang memotong lintasan pengukuran.

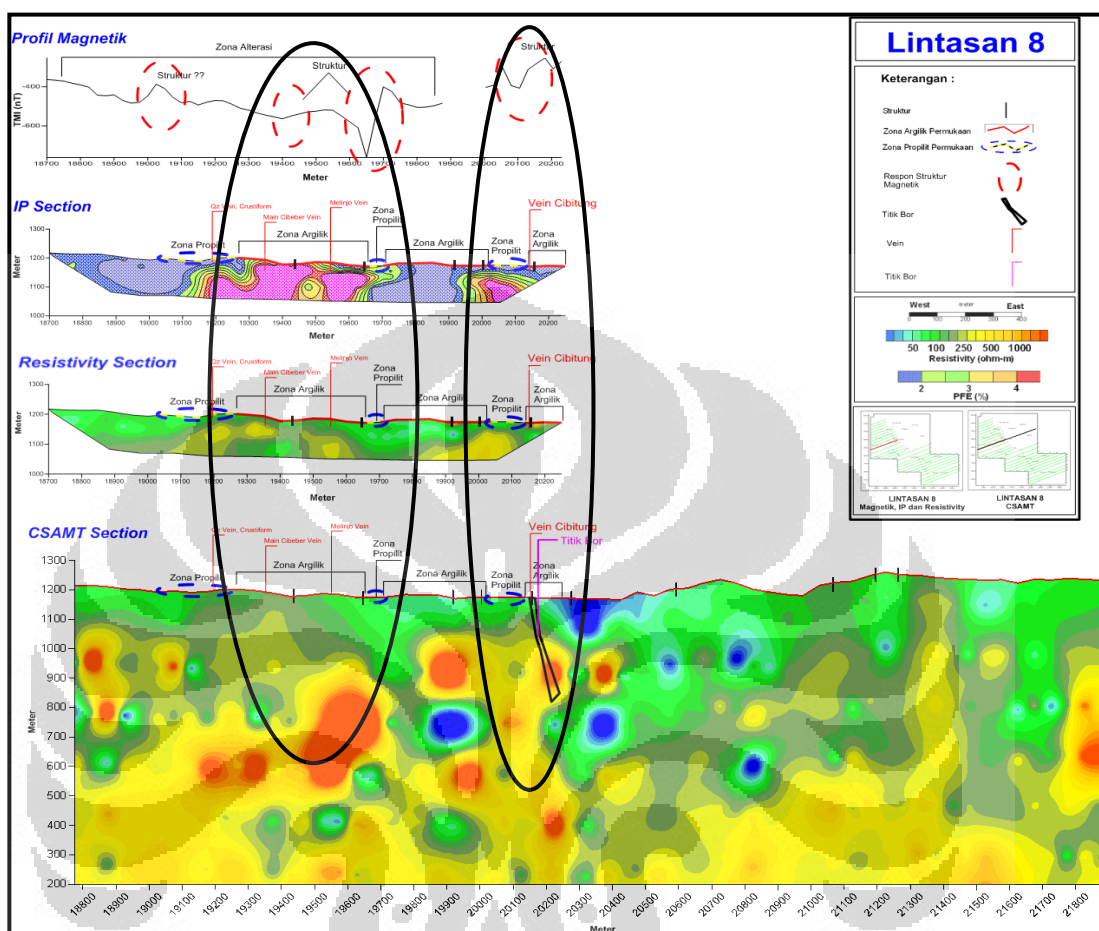


Gambar 5.7 Penampang Gabungan Lintasan 6

Gambar 5.7 merupakan penampang gabungan magnetik, *IP*, *resistivity* dan CSAMT. Pada magnetik ditandai dengan pola kurva yang relatif *smooth* mulai titik 19100-19900 diduga respon tersebut merupakan zona alterasi pada lintasan ini, anomali resistivitas sedang menuju tinggi terlihat pada bagian bawah kedalaman kurang lebih 100 m, hampir menyeluruh pada penampang *resistivity* berkisar antara 250-350 ohm.m, didukung dengan respon CSAMT yang relatif lebih dalam diduga nilai resistivitas tinggi tersebut menerus dikedalaman 400 m, jika dikorelasikan dengan respon *IP*, pada titik 19100-19200 terlihat nilai PFE sedang > 2% dan pada titik 19500-19600 respon *IP* sedang menuju tinggi > 3% hal tersebut merupakan indikasi adanya zona alterasi propilit.

Dugaan tersebut diperkuat oleh respon magnetik dan data geologi lokal, dimana untuk respon magnetik pada titik 19100-19200 dan 19500-19600 menunjukkan adanya pola undulasi magnetik yang merupakan struktur, serta dari

data geologi permukaan menunjukkan pada titik tersebut terdapat struktur yang diduga kuat terisi larutan hidrotermal dan berisi mineral.



Gambar 5.8 Penampang Gabungan Lintasan 8

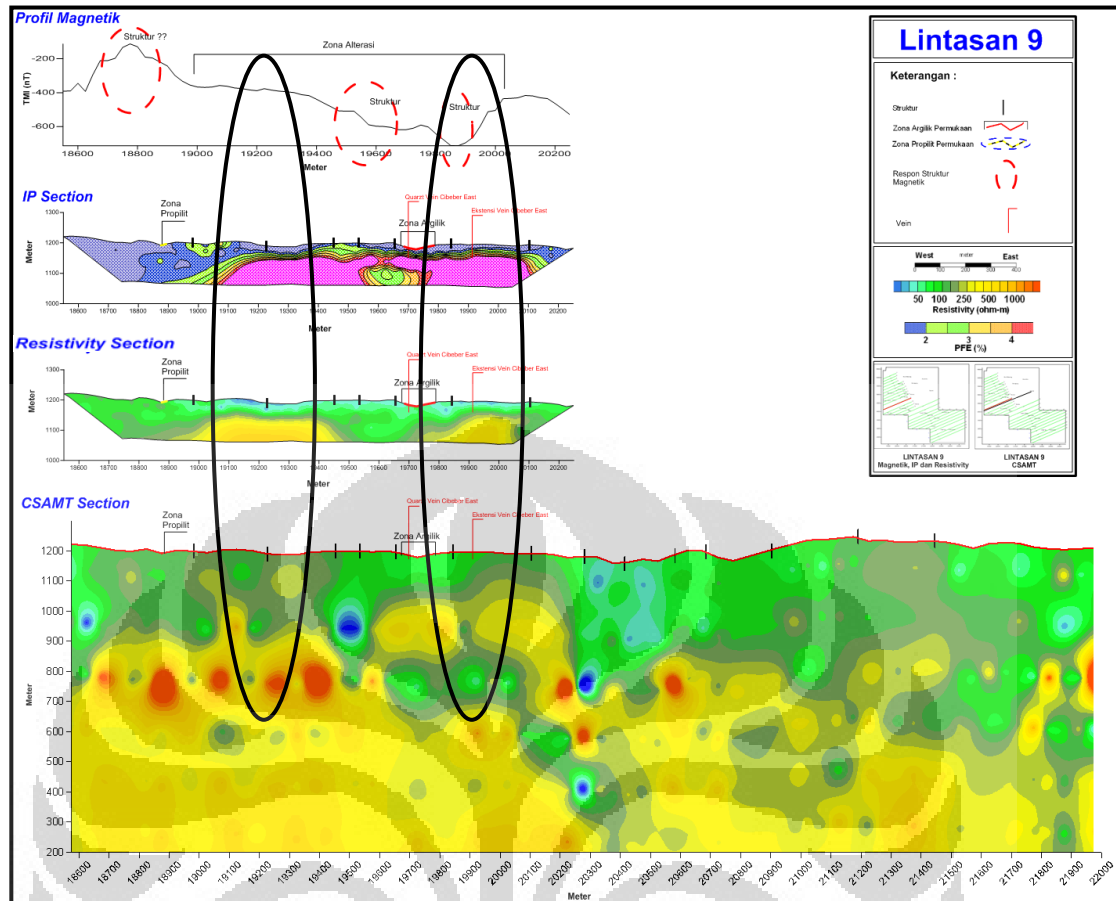
Gambar 5.8 merupakan penampang gabungan *IP*, *resistivity* dan CSAMT lintasan 8. Respon magnetik yang relative *smooth* hampir seluruh lintasan, diduga merupakan respon dari zona alterasi, respon menarik juga terlihat pada beberapa titik, diantaranya pada titik 19400, 19650, dan antara titik 20000-20200, terdapat undulasi magnetik yang diduga merupakan struktur. Dugaan tersebut diperkuat dengan adanya data geologi dimana pada titik tersebut terdapat struktur.

Nilai *PFE* yang terbaca tergolong tinggi $> 4\%$ antara titik 19400-19650 dan titik 20000-20200 diduga pada titik tersebut merupakan struktur yang terisi larutan hidrotermal dengan kandungan mineral tinggi. Dugaan adanya struktur yang terisi larutan hidrotermal dengan kandungan mineral tinggi diperkuat dengan respon tahanan jenis resistivitas. Jika dikorelasikan dengan respon *resistivity* dan

CSAMT, pada titik 19400-19650 dan titik 20000-20200 respon resistivitas tinggi > 250 ohm.m terbaca pada penampang *resistivity* di kedalaman 100 meter, dan dipermukaan terdapat nilai tahanan resistivitas rendah < 100 ohm.m, diduga merupakan zona alterasi silisifikasi yang berasosiasi dengan argilik dan propilit.

Dari respon CSAMT didapatkan informasi pada kedalaman yang lebih dalam. Pada titik 19400-19650 terlihat kemenerusan nilai resistivitas tinggi > 250 ohm.m masih menerus hingga kedalaman 400 meter, dari respon CSAMT di beberapa titik pada kedalaman sekitar 400 meter ditemukan beberapa anomali *spotted* dengan nilai resistivitas tinggi > 1000 ohm.m yang diduga merupakan batuan dasar setempat yang diintrusi oleh fluida hidrotermal (*host rock*) yang masih *fresh*. Ini berarti batuan tersebut tidak mengalami proses alterasi dan sedikit mengalami pelapukan, dalam hal ini adalah batuan andesit dan breksi-andesitik.

Respon anomali resistivitas menarik lainnya pada penampang CSAMT ditunjukkan pada titik antara 20000-20200, dimana nilai *resistivity* tinggi > 350 ohm.m pada kedalaman 200 meter yang diapit dengan nilai resistivitas rendah kurang dari < 250 ohm.m dengan nilai *PFE* tinggi > 4%, serta respon magnetik yang berundulasi, adalah merupakan zona silisifikasi. Hal tersebut dibuktikan dengan adanya titik bor hingga kedalaman 400 meter pada titik 20200. Respon tersebut diharapkan dapat menjadi acuan untuk mencari zona silisifikasi prospek pada titik lainnya. karena keberadaan endapan emas biasanya berasosiasi dengan resistivitas tinggi yang dilingkupi oleh resistivitas rendah dan terjadi pada bidang batas antara resistivitas tinggi dan rendah. Dengan melihat pola anomali tersebut dapat ditentukan kemiringan urat kuarsa yang berhubungan dengan intensitas alterasi.



Gambar 5.9 Penampang Gabungan Lintasan 9

Gambar 5.9 merupakan penampang gabungan *IP*, *resistivity* dan *CSAMT* lintasan 9. Pada lintasan ini didapat profil magnetik yang relatif *smooth* mulai dari titik 19200-20000, diduga pada titik tersebut merupakan zona alterasi pada lintasan ini serta undulasi magnetik yang diduga patahan di titik 19600. Pada titik 19200 profil magnetik menunjukkan adanya indikasi struktur, namun hal tersebut tidak terlalu terlihat pada profil magnetik dikarenakan hasil *UPWARD* yang membuat profil magnetik tersebut menjadi lebih *smooth* sehingga efek undulasi struktur tidak terlihat, dugaan adanya struktur didapatkan dari data geologi permukaan yang menunjukkan pada titik 19200 terdapat adanya struktur, hal tersebut diperkuat dengan respon *IP*, *resistivity* dan *CSAMT*, yang memperkuat dugaan tersebut.

Pada titik 19600 terdapat undulasi magnetik yang dapat diinterpretasikan adanya struktur dengan didukung data geologi serta, *IP*, *resistivity* dan *CSAMT*. Respon magnetik yang menunjukkan adanya struktur adalah di titik 19800, dimana

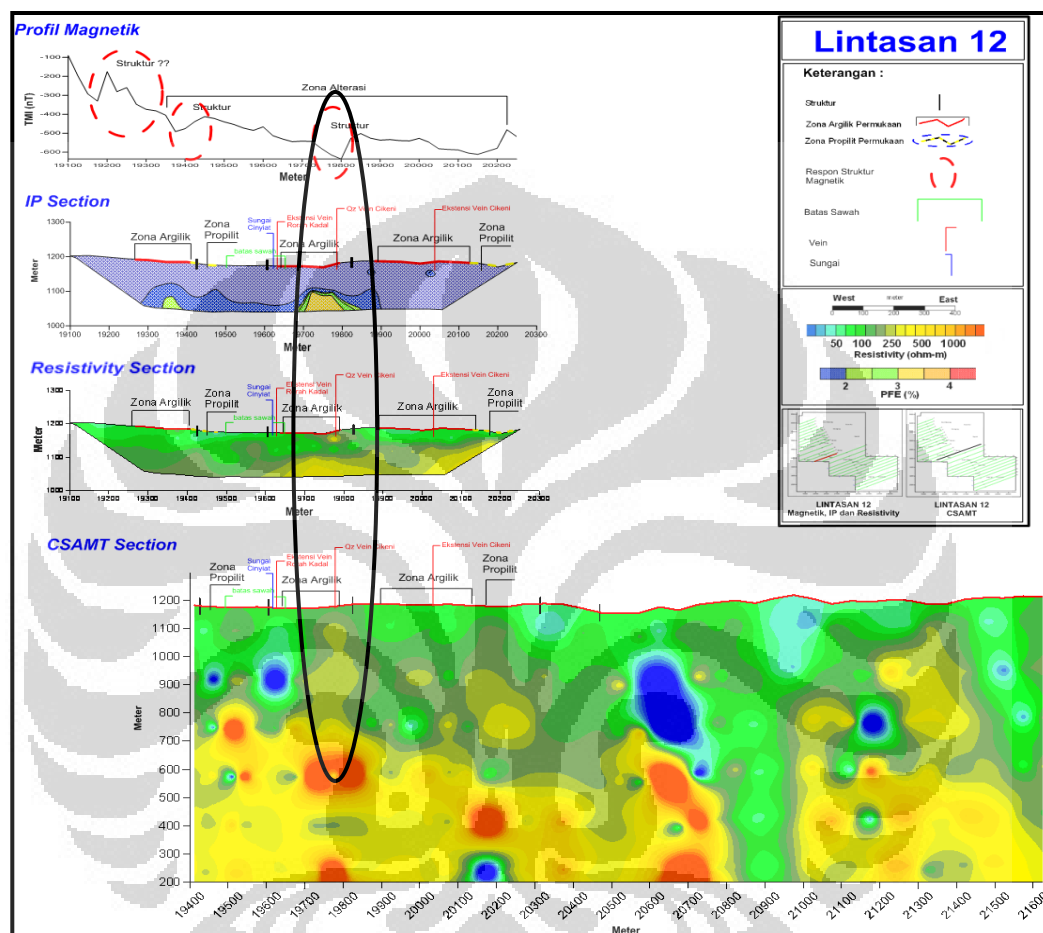
terdapat profil magnetik yang menurun kemudian naik kembali, dugaan struktur tersebut diperkuat oleh data geologi permukaan.

Respon *IP* pada titik 19200 > 4% hal tersebut mengindikasikan struktur di 19100-19550 terisi oleh larutan hidrotermal dan memiliki kandungan mineral tinggi. Pada titik selanjutnya yaitu 19700-20100, masih menunjukkan nilai *PFE* > 4%, diduga respon ini menghilang dititik 19600 akibat adanya struktur dan kembali muncul pada titik 19700-20100. Namun respon *PFE* di titik 19600 masih tergolong tinggi > 3 % hal tersebut merupakan respon terdapatnya mineralisasi pada struktur 19600.

Pada penampang *resistivity* di titik 19100-19550 menunjukkan nilai resistivitas sedang-tinggi berkisar 350-500 ohm.m, merupakan adanya indikasi zona silisifikasi mulai kedalaman 50 meter yang ter apit oleh nilai resistivitas sedang-rendah < 100 ohm.m pada permukaan, diduga merupakan zona argilik yang banyak didominasi dengan mineral pengikat seperti *smectite*, *illite*, *khlorit* dan *kaolin*. Pada titik 19600 respon resistivitas tinggi hilang, dan muncul kembali di titik 19700-20100 dengan nilai tahanan jenis antara 350-500 ohm.m, hal tersebut diduga merupakan adanya indikasi struktur patahan yang membuat anomali resistivitas tinggi hilang di titik 19600 dan muncul kembali di titik 19700-20100. Hal tersebut diperkuat dengan data geologi yang menunjukkan pada titik 19600 terdapat struktur.

Pada penampang CSAMT di dapat gambaran bawah permukaan yang lebih dalam, tujuannya agar dapat melihat kemenerusan pada kedalaman yang lebih dalam di titik-titik dengan respon resistivitas dan *PFE* tinggi. Pada titik 19100-19550 terlihat adanya kemenerusan pada kedalaman 400 meter dibawah permukaan dengan nilai resistivitas > 350 ohm.m, kemudian titik 19600 yang diduga adanya struktur, ditandai dengan respon CSAMT yang menerus kebawah hingga kedalaman 300 meter, dengan nilai tahanan jenis > 100 ohm.m, diduga struktur tersebut berisi air atau banyak mengandung *clay*. Kemudian pada titik 19700-20100 anomali resistivitas dengan tahanan jenis tinggi antara 350-500 ohm.m muncul kembali dan menerus kebawah hingga kedalaman 600 meter dengan sudut kemiringan 45° arah Barat laut-Tenggara. Diduga respon ini

merupakan zona silisifikasi yang ditandai dengan nilai $PFE > 4\%$, respon magnetik yang menunjukkan pola struktur, dan data geologi yang menunjukkan adanya struktur yang terisi larutan hidrotermal pada titik ini dengan kandungan mineral tinggi. Serta indikasi adanya pola kemenerusan dari lintasan sebelumnya.



Gambar 5.10 Penampang Gabungan Lintasan 12

Gambar 5.10 merupakan penampang gabungan *IP*, *resistivity* dan *CSAMT* lintasan 12. Merupakan lintasan terpendek dari semua lintasan pengukuran. Dari respon magnetik didapat kurva *smooth* hampir sepanjang lintasan antara titik 19400-20200, diduga merupakan zona alterasi yang menerus pada semua, sama seperti lintasan lain pada lintasan 6, 8, dan 9, zona alterasi tersebut muncul hampir diseluruh lintasan pengukuran. Dugaan struktur timbul pada titik 19400 dimana kurva magnetik yang awalnya *smooth* terlihat berubah berundulasi. Dugaan adanya struktur juga timbul pada titik 19700-19800 ditunjukkan dengan pola kurva

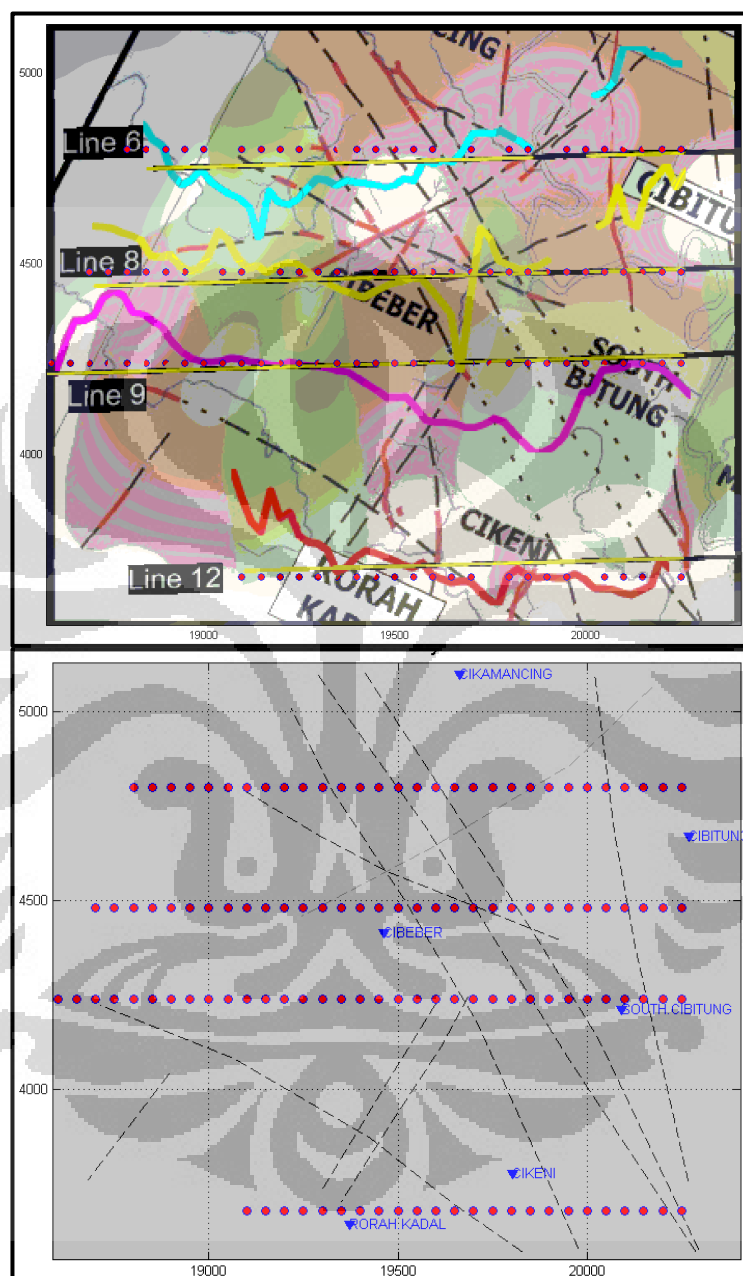
magnetik yang berudulasi, serta diperkuat dengan data geologi yang menunjukkan adanya struktur di titik tersebut.

Ditinjau dari respon *IP*, nilai *PFE* sedang kisaran 3% muncul pada titik 19700-19800 pada kedalaman 150 meter di bawah permukaan. respon tersebut diduga merupakan zona struktur yang terisi larutan hidrotermal yang kaya akan mineral. Hal tersebut dikuatkan dengan respon resistivitas pada penampang *resistivity*. Pada titik 19700-19800 muncul anomali tahanan jenis tinggi dengan nilai 250-350 ohm.m pada kedalaman 150 meter. Diduga merupakan zona mineralisasi silisifikasi dimana pada permukaannya tertutupi resistivitas rendah < 100 ohm.m yang merupakan zona argilik, dan didukung oleh data geologi permukaan yang menunjukkan adanya batuan argilik yang tersebar dipermukaan.

Jika dikorelasi dengan hasil dari CSAMT, pada titik 19700-19800 kemenerusan nilai resistivitas tinggi > 350 ohm.m terlihat mulai kedalaman 100 meter dan masih menerus hingga kedalaman > 400 meter. Pada beberapa bagian titik CSAMT ditemukan beberapa anomali *spotted* yang diduga merupakan *host rock* (batuan dasar setempat yang diintrusi oleh fluida hidrotermal) yang masih fresh. Ini berarti batuan tersebut tidak mengalami proses alterasi dan sedikit mengalami pelapukan, dalam hal ini adalah batuan andesit dan breksi-andesitik.

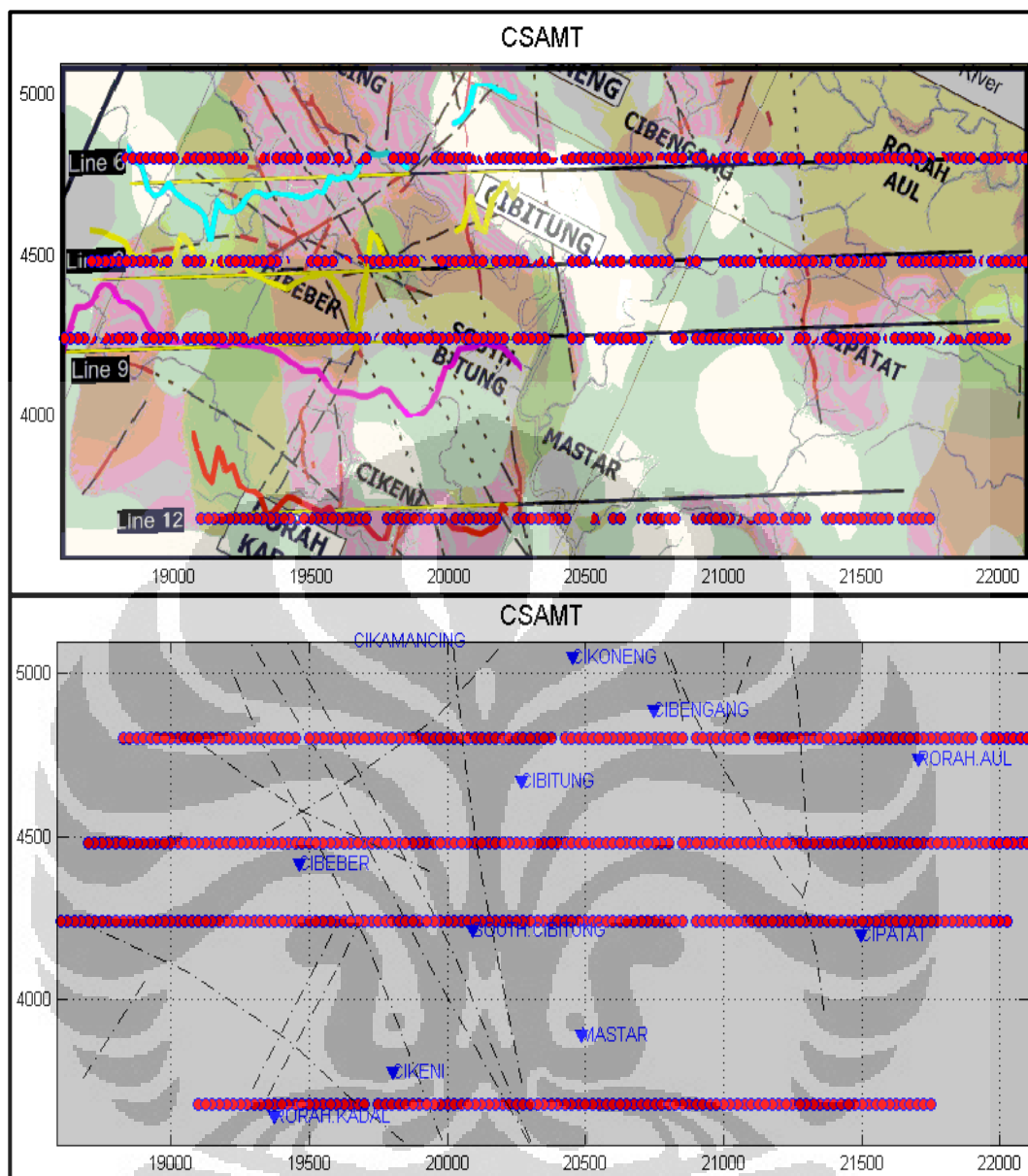
5.3 Gabungan Lintasan Dengan Geoslicer X

5.3.1 Penentuan Penyebaran Jalur Mineralisasi



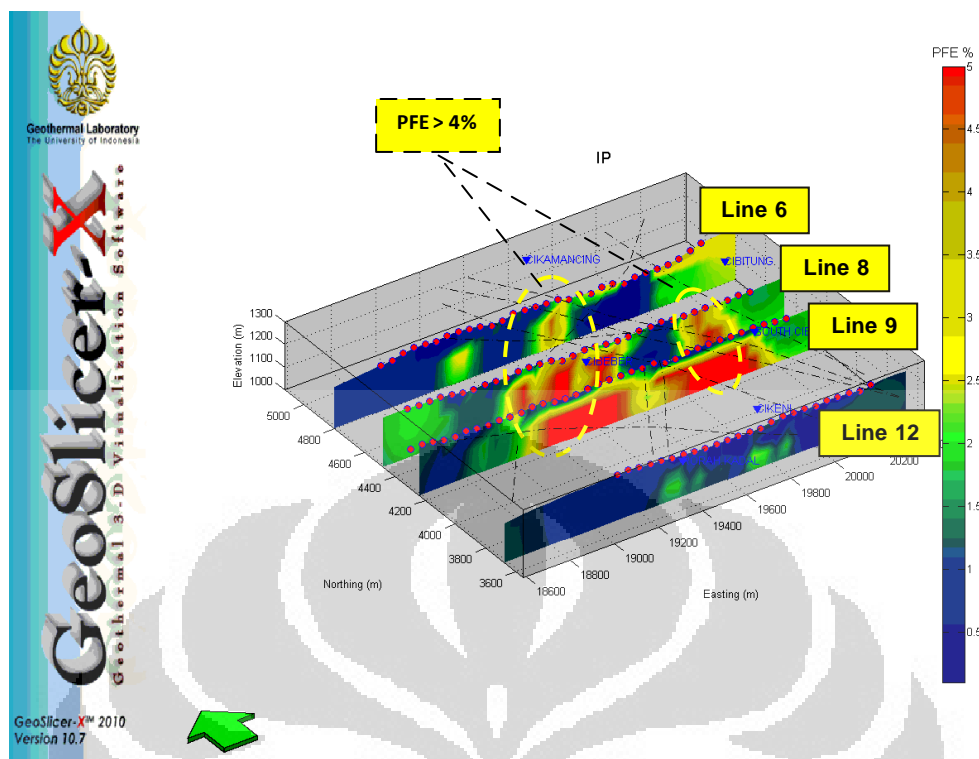
Gambar 5.11 Peta Lintasan Serta Struktur *Resistivity* dan *IP*

Gambar 5.11 merupakan peta lintasan *resistivity* dan *IP* yang *dioverlay* dengan peta geologi dan profil magnetik, dari tampilan tersebut ditambahkan informasi struktur yang didapat dari peta geologi, tujuannya agar memudahkan dalam interpretasi dan analisis gabungan tiap lintasan



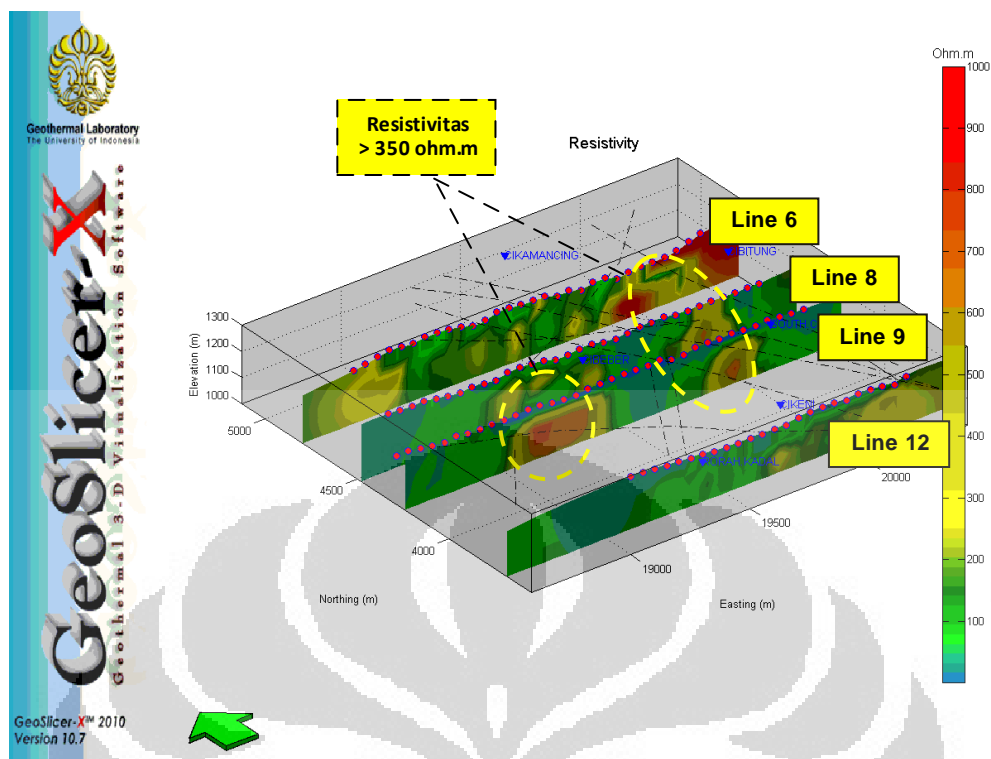
Gambar 5.12 Peta Lintasan Serta Struktur *CSAMT*

Gambar 5.12 merupakan peta lintasan pengukuran *CSAMT* yang *dioverlay* dengan peta struktur lokal hal tersebut dilakukan guna memudahkan menentukan sebaran zona mineralisasi yang umumnya dikontrol oleh struktur. Pada lintasan *CSAMT* tersebut *dioverlap* dengan lintasan *resistivity* dan *IP* dari titik 18500-20300. Dengan melihat respon anomali yang timbul dari hasil metode geofisika lainnya diharapkan dapat lebih mudah dan akurat menentukan zona pesebaran serta anomali prospek pada daerah penelitian.



Gambar 5.13 *Slicing* IP gabungan

Gambar 5.13 merupakan hasil *slicing* penampang IP gabungan. Dari hasil gambar diatas dapat dilihat harga *PFE* sedang kisaran 2.5-3% mulai terlihat di lintasan 6 pada titik 19100, 19500 hal tersebut dikarenakan struktur yang terisi mineral. Pada lintasan 8 dan 9 nilai *PFE* tinggi > 3.5% terlihat pada titik 19200-19400 dan 19800-20100, hal tersebut dikarenakan struktur yang terisi larutan hidrotermal kaya akan kandungan mineral diduga pada titik ini merupakan zona silisifikasi, kemenerusan anomali *PFE* tinggi pada lintasan 8 dan 9 tersebut akibat adanya struktur yang melewati kedua lintasan tersebut, sehingga penyebaran larutan hidrotermal yang masuk ke zona struktur masih dapat terlihat pada dua lintasan ini. Kemudian hasil diatas di korelasikan dengan hasil *slicing* penampang resistivitas pada gambar dibawah ini (gambar 5.14).

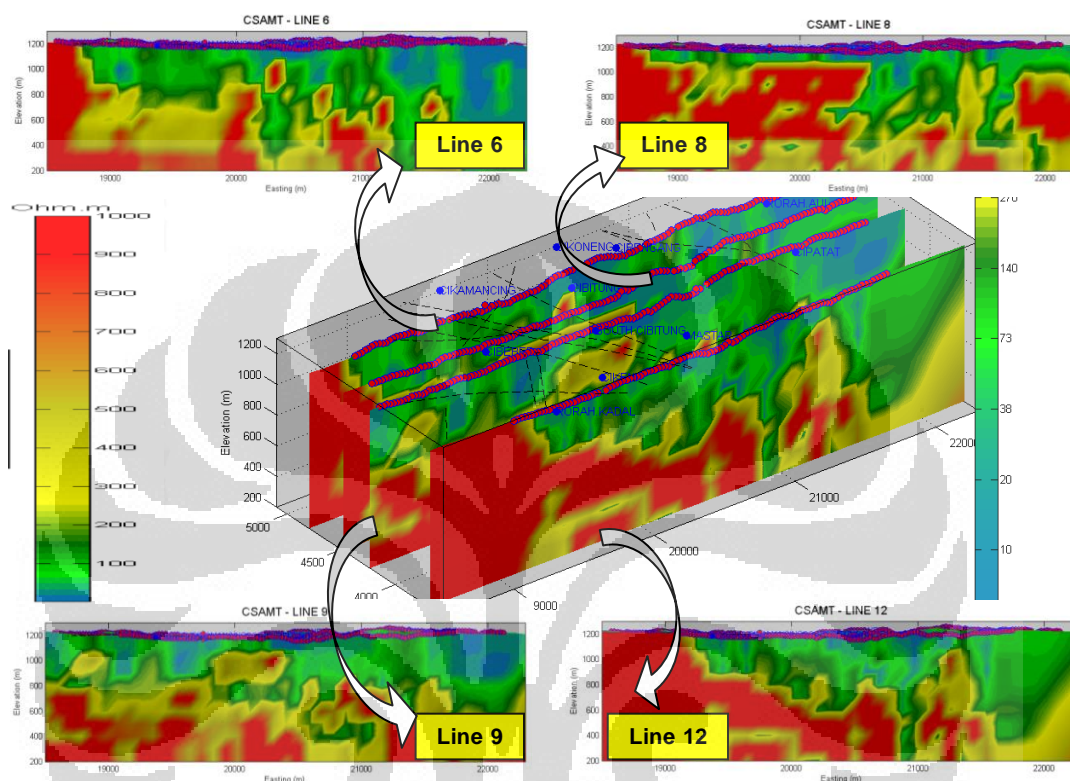


Gambar 5.14 *Slicing Resistivity* gabungan

Gambar 5.14 merupakan penampang gabungan *resistivity* semua lintasan. Dari hasil gabungan tersebut terdapat anomali resistivitas tinggi pada lintasan 6 dengan harga > 350 ohm.m kemudian menerus hingga lintasan 8 dan 9. Respon nilai tahanan jenis tinggi terlihat pada pada titik 19200-19400 dan 19800-20100, hal tersebut dikarenakan struktur yang terisi larutan hidrotermal kaya akan kandungan mineral serta berkorelasi dengan nilai *PFE* tinggi. Kemenerusan ini terjadi dengan adanya struktur yang menerus pada lintasan tersebut, diduga merupakan respon zona silisifikasi dengan didukung nilai *PFE* tinggi $> 4\%$ (gambar 5.12).

Pada ujung sebelah Barat lintasan 6 dan 12 merupakan respon anomali hasil ekstrapolasi data pengukuran, dikarenakan tidak terdapatnya data pengukuran pada ujung sebelah Barat lintasan. Pada ujung lintasan arah timur lintasan 6 dan 12 juga merupakan ekstrapolasi pewarnaan yang dilakukan *software*

Dari hasil korelasi anomali resistivitas dan *PFE* didapat kan indikasi zona silisifikasi dengan nilai resistivitas > 350 ohm.m serta nilai *PFE* $> 4\%$, yang di tutupi oleh zona argilik serta propilit dengan nilai tahanan jenis < 200 ohm.m pada titik 19200-19400 dan 19800-20200 menerus pada lintasan 6, 8 dan 9.

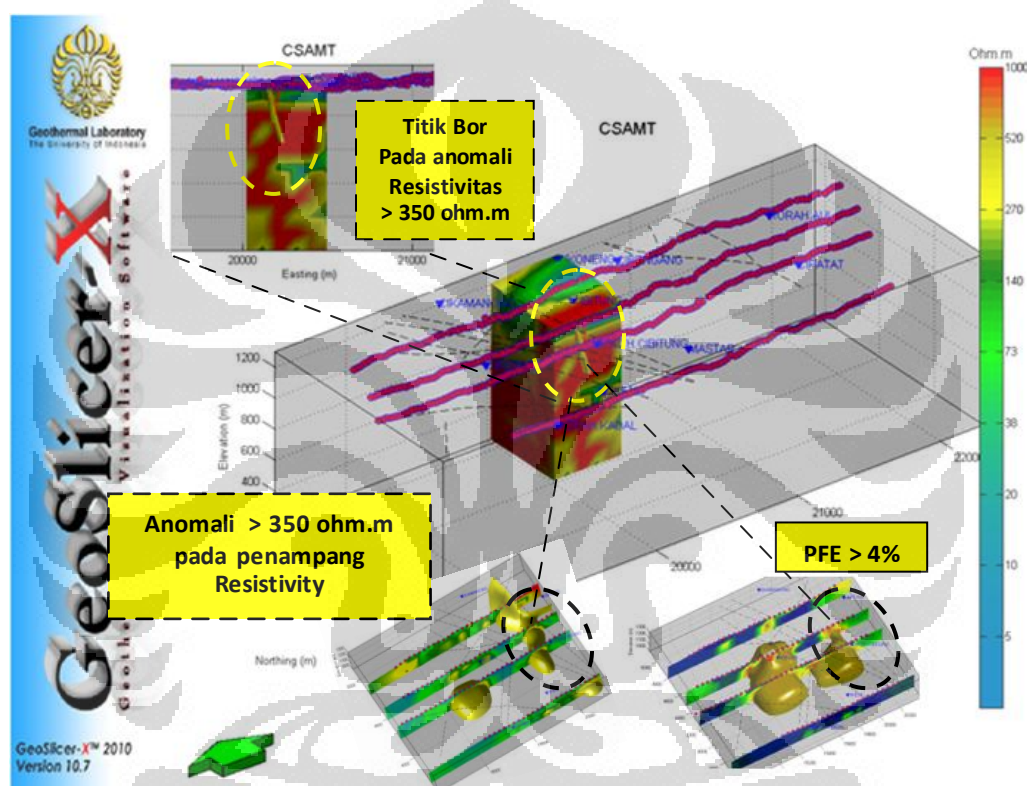


Gambar 5.15 *Slicing* CSAMT gabungan

Gambar 5.15 merupakan *slicing* lintasan CSAMT, dari hasil korelasi *resistivity* dan *IP*, kembali dilakukan korelasi dengan penampang CSAMT, tujuannya adalah agar dapat melihat kemenerusan arah vertikal zona mineralisasi mengingat penetrasi yang didapatkan metode ini relatif lebih dalam kisaran 1 km di bawah permukaan. Dari gambar 5.15 dapat dilihat pada lintasan 6 adanya anomali resistivitas tinggi kisaran > 350 ohm.m hampir sepanjang lintasan dengan kedalaman 400 meter. Kemenerusan anomali resistivitas kisaran > 350 ohm.m juga terlihat pada lintasan 8 dan 9 pada kedalaman kisaran > 350 meter diduga merupakan kemenerusan zona silisifikasi arah vertikal, adanya kemenerusan tersebut dikarenakan struktur yang menerus arah Barat Laut-Tenggara dan ditutupi oleh resistivitas > 200 ohm.m yang merupakan zona argilik dengan nilai *PFE* $< 2\%$.

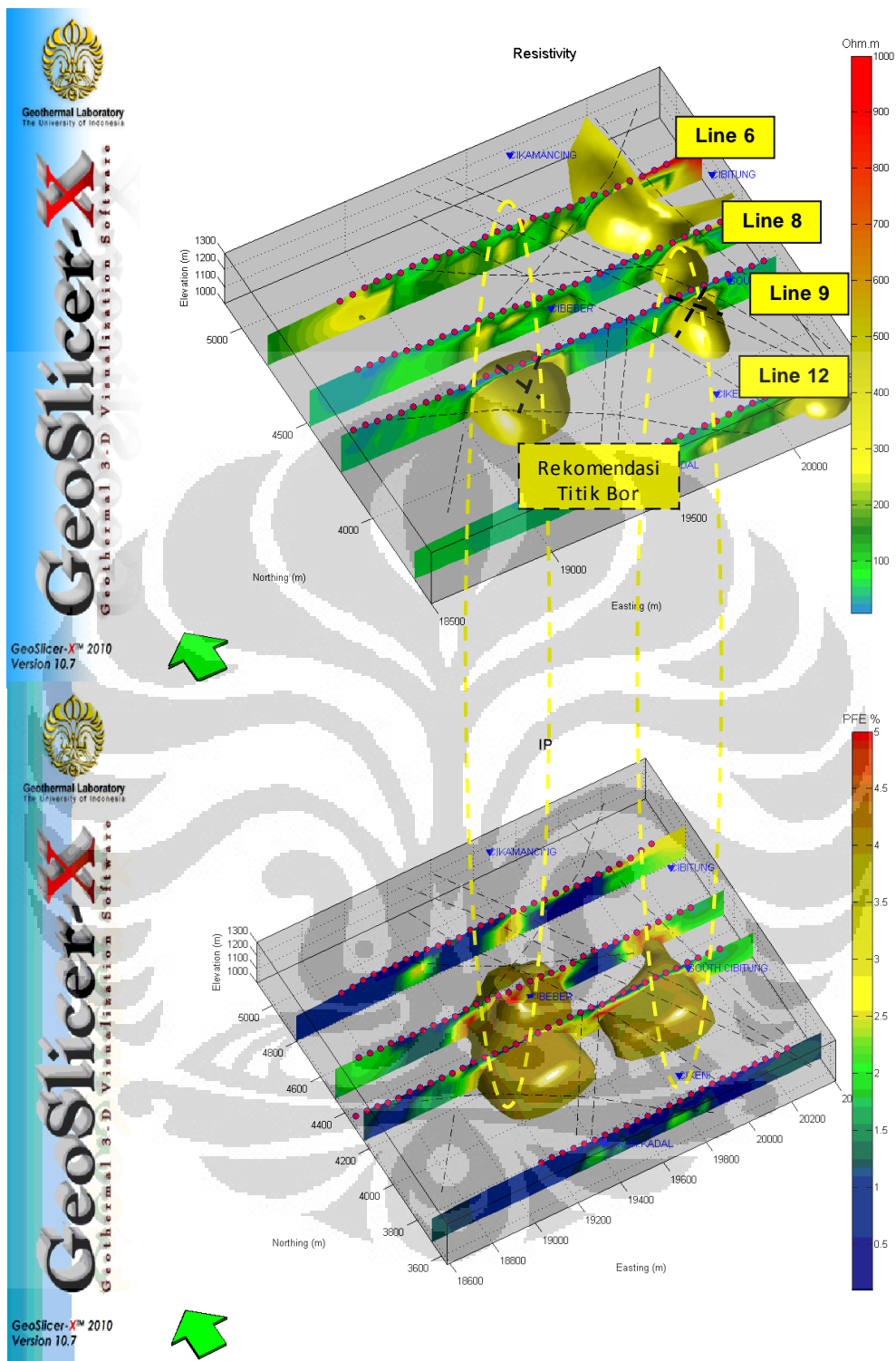
5.3.2 Evaluasi dan Rekomendasi Titik Bor

Gambar 5.16 merupakan titik bor pada lintasan 8 di titik 20200. Dari hasil anomali resistivitas dan IP , menunjukkan nilai tahanan jenis > 350 ohm.m dan $PFE > 4\%$ yang tedapat dipastikan bahwa lokasi titik bor tersebut sudah tepat. Dari hasil respon tersebut dapat digunakan untuk mencari kemenerusan vein pada titik dan lintasan lain, serta perlu dilakukan uji bor pada lintasan lain, dengan melihat respon anomali resistivitas dan PFE pada lintasan tersebut,



Gambar 5.16 Titik Bor Lintasan 8

Gambar 5.17 merupakan korelasi anomali resistivitas dan IP . Dari respon anomali dapat ditentukan lokasi rekomendasi titik bor lain diantaranya pada lintasan 9 di titik 19200, 19400 kemiringan bor 60° dengan anomali *resistivity* > 350 ohm.m dan $PFE > 4\%$ dan 19800, 20100 pada sudut 45° dengan anomali *resistivity* > 350 ohm.m dan nilai $PFE > 4\%$. Diduga pada titik di lintasan 9 merupakan kemenerusan dari anomali lintasan 8 yang ditandai adanya struktur yang menerus pada lintasan tersebut



Gambar 5.17 Korelasi Resistivity dan IP Serta Rekomendasi Bor

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Telah dilakukan akuisisi, prosesi, dan interpretasi pada data *CSAMT*, *resistivity*, *IP* dan magnetik, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Telah dapat menguasai akuisisi, pengolahan data dan interpretasi metode *CSAMT* dengan ditunjang metode geolistrik dan magnetik dengan baik
2. Dari hasil analisis didapatkan bahwa zona silisifikasi ditunjukkan dengan profil kurva magnetik yang berundulasi yang mengindikasikan struktur, dengan nilai resistivitas *CSAMT* tinggi pada > 350 Ohm.m dan menerus ke bawah mulai kedalaman > 400 meter serta tahanan jenis tinggi pada *resistivity* antara *range* 350-500 Ohm.m dan harga *IP* $> 4\%$
3. Terdapat kemenerusan zona silisifikasi dengan harga tahanan jenis tinggi pada respon *CSAMT* kisaran 350-500 Ohm.m, yang menerus hingga kedalaman > 400 meter serta nilai *resistivity* tinggi > 350 Ohm.m dan harga *PFE* $> 4\%$ pada lintasan 8 dan lintasan 9, kemudian kemenerusannya menghilang pada lintasan 12
4. Lokasi zona prospek lintasan 9 di titik 19200,19400 kemiringan bor 60° dengan anomali *resistivity* > 350 ohm.m dan *PFE* $> 4\%$ dan 19800,20100 pada sudut 45° dengan anomali *resistivity* > 350 ohm.m dan nilai *PFE* $> 4\%$

6.2 Saran

1. Melakukan survey lanjutan *IP*, *resistivity* dan magnetik pada lintasan CSAMT yang belum *tercover*.
2. Melakukan Survey CSAMT, *IP*, dan *Resistivity* dengan spasi lintasan yang lebih rapat yaitu dengan spasi 100 m, serta spasi elektroda yang lebih rapat yaitu 25 m.
3. Perlu dilakukan uji bor pada titik lain untuk mencari keberadaan endapan emas, dengan melihat anomali acuan pada titik bor yang sudah ada.



DAFTAR ACUAN

- Akbar, M, 2004, "Studi Geofisika Terintegrasi untuk Mendeteksi Keberadaan Endapan Emas Sistem Epithermal", Universitas Indonesia, Depok, Tidak diterbitkan.
- Annual Report CSD*. PT. ANTAM tbk, tidak diterbitkan 2007
- Blakely, R.J. 1995. *Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications*, Cambridge University Press.
- Chengdu University of Technology, "Mtsoft2D Version 2.2 User Manual", China.
- Daud, Y. and Saputra, R., "Geoslicer-X: A 3-D Interactive Software for Geothermal Data Analysis", *Proceeding paper in World Geothermal Congress*, Bali, Indonesia, 2010.
- Grand, F.S and West, G.F. 1965. *Interpretation Theory in Applied Geophysics*, Mc Graw-Hill Book Company.
- <http://www.docstoc.com/docs/21473210/Gambar-2-Peta-Geologi-Regional-Daerah-Cibaliung-Gambar-3>
- Hughes, L. J., and Carlson, N. R., "Structure mapping at Trap Spring Oilfield, Nevada, using controlled-source magnetotellurics", *48th Meeting of European Association of Exploration Geophysicist*, Ostend, 1986.
- Keller, George V., and Frank C. Frischnecht. 1996. *Electrical Methods in Geophysical Prospecting*, Pergamon, London.
- Leach, T. M., and Corbett, G. J., "Characteristics of low sulphidation gold-copper systems in the southwest Pacific", *In Pacific Rim Congress 95*, 19-22 November 1995, Auckland, New Zealand, 1995.
- Lodeyik, Jimmi Daniel. 2008. *Akuisisi Data DC-Resistivity Di Daerah Citayam Dengan Metode Dipole-dipole Dan Wenner-Schlumberger Serta Perbandingannya*, Universitas Indonesia, Depok, Tidak diterbitkan
- Pamuji, Khristian Enggar "A Geophysics Survey Using Magnetic Method to Study the Intrusion of Igneous Rock ". Laboratorium Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Papua.
- Parulian, H. B., "Pemodelan 3D Zona Mineralisasi Endapan Emas Sistem Epitermal

- Daerah Z, Untuk Menentukan Titik Ore Shoot Pada Bor Eksplorasi”, Skripsi S1, FMIPA, Universitas Indonesia, Depok, 2008.
- Pratama, Surya Aji., “Aplikasi CSAMT dalam menentukan zona mineralisasi daerah Z”, *Skripsi S1, FMIPA, Universitas Indonesia*, Depok, 2009.
- Shuey, R.T., Pasquale, AS. End correction in magnetic profile interpretation. *Geophysics, Volume 38, No.3, 507-512.*
- Telford, W.M. 1976. *Applied Geophysics*. Cambridge University Press, London.
- Vanderlinde, J., “Classical Electromagnetic Theory 2nd Ed”, *John Wiley & Sons, Inc, US*, 1993.
- Yamashita, M., “Controlled Source Audio-Frequency Magnetotelluric (CSAMT)”, 2006.
- Zonge Engineering and Research Organization, Inc., Introduction to CSAMT. Arizona, 1992.
- Zonge, K. L., and Hughes, L. J., “Controlled Source Audio-frequency Magnetotellurics” , 1991