

**PEMODELAN DATA CSAMT 3D PADA EKSPLORASI DEPOSIT EMAS
DI DAERAH “X”**

SKRIPSI

Oleh
DINI MAGFIROH
0305020322



**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS INDONESIA
2009**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : DINI MAGFIROH

NPM : 0305020322

Tanda Tangan :

Tanggal : 4 Desember 2009

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : DINI MAGFIROH

NPM : 0305020322

Program Studi : GEOFISIKA

Judul Skripsi : Pemodelan Data CSAMT 3D Pada Eksplorasi Deposit
Emas di Daerah “X”

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Eng. Yunus Daud, M.Sc ()

Penguji I : Drs. Lingga. H ()

Penguji II : Ir. Ronald. A ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 4 Desember 2009

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil'aalamiin. Puji syukur penulis panjatkan hanya kepada Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Karena selalu memberikan anugerah terindahannya kepada penulis dan telah menuntun penulis dalam menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Shalawat dan salam kerinduan kepada sebaik – baik tauladan yaitu Rasulullah SAW beserta keluarga dan sahabatnya.

Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains Jurusan Fisika pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

Penulis menyadari bahwa, selesainya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dorongan dan doa yang tulus dari banyak pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini. Tanpa itu semua sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Untuk itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang setulus - tulusnya kepada:

1. Dr. Yunus Daud selaku dosen pembimbing yang telah membimbing penulis hingga penyelesaian skripsi, juga dengan sabar memberikan dukungan, dan arahan kepada penulis dari segala permasalahan.
2. Kak Akbar dan Kak elwin yang senantiasa membantu pada saat melakukan penelitian di lapangan.
3. Bapak Syamsu Rosyid yang telah membantu penulis melalui bantuan finansial ketika penulis baru menginjakkan kaki di dunia perkuliahan serta seluruh dosen dan karyawan departemen Fisika atas segala ilmu dan bantuan teknis yang penulis peroleh selama menjadi mahasiswa Fisika UI.
4. Terkhusus untuk kedua orang tua penulis, yang telah mendidik penulis dengan sangat istimewa. Terima kasih atas kepercayaan dan do'a tiada henti yang telah diberikan. Semoga Allah senantiasa menjaga kalian
5. Kepada teman-teman seperjuangan (surya, rahmah, nendar) yang senantiasa memberikan semangat. Serta kepada teman-teman fisika angkatan 2005, terkhusus Wahyu Cesar yang senantiasa memberikan

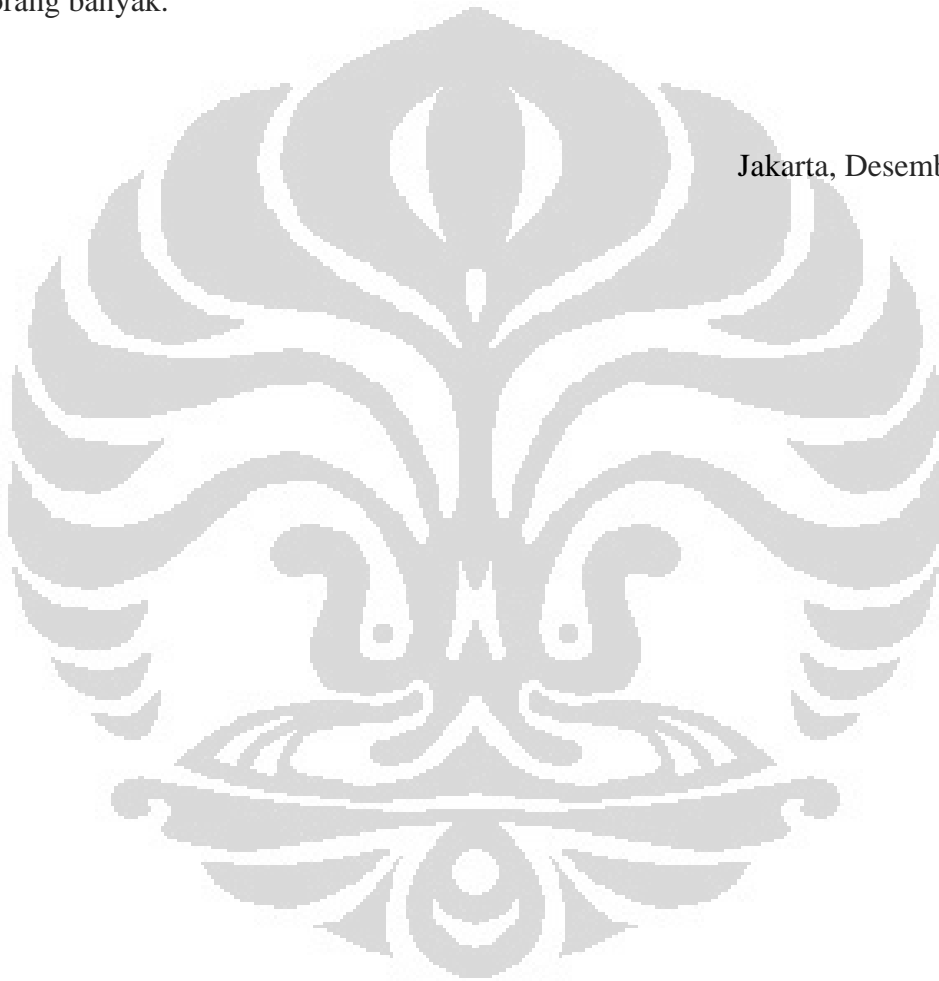
dukungan baik moril maupun materil selama perkuliahan hingga menyelesaikan penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

6. Terima kasih untuk semua pribadi yang secara sadar ataupun tidak, telah menjadi 'guru' dalam kehidupan penulis. Semoga Allah memberikan balasan untuk setiap keikhlasan dari setiap amal shaleh kalian.

Semoga skripsi ini dapat berguna bagi siapa saja yang mengkajinya, serta dapat dikembangkan dan disempurnakan agar lebih bermanfaat untuk kepentingan orang banyak.

Jakarta, Desember 2009

Penulis



**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

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

Nama : Dini Magfiroh
NPM : 0305020322
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 :

**PEMODELAN DATA CSAMT PADA EKSPLORASI DEPOSIT EMAS DI
DAERAH “X”**

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 mempublikasikan 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 : 4 Desember 2009

Yang menyatakan

(Dini Magfiroh)

vii

Nama : Dini Magfiroh

Program studi : Fisika

Judul skripsi : Pemodelan Data CSAMT 3D Pada Eksplorasi Deposit Emas di Daerah “X”

ABSTRAK

Metode *Controlled Source Audio-Frequency Magnetotellurics* (CSAMT) mampu memberikan gambaran struktur batuan bawah permukaan yang diperkirakan mengandung mineral emas berdasarkan pola penyebaran dari nilai resistivitas di bawah permukaan serta berdasarkan kondisi geologi pembentuk mineral emas di daerah prospek “X” yang termasuk dalam sistem *epithermal* dengan urat kuarsa (*vein*). Hasil dari pengukuran metode *Controlled Source Audio-Frequency Magnetotellurics* (CSAMT) pada tiap *line* pengukuran memberikan perbedaan nilai resistivitas yang diakibatkan oleh sifat fisik batuan yang berbeda. Pengukuran metode CSAMT ini dilakukan dengan menggunakan spasi antar titik pengukuran (*sounding*) sebesar 25 meter. Banyaknya jumlah *line* pengukuran adalah 4 *line*, dengan jarak antar *line* adalah 100 meter. Dari hasil pengukuran data CSAMT kemudian dilakukan inversi dan setelah itu dilakukan pemodelan 3D. Hasil inversi dan pemodelan 3D data CSAMT tersebut mampu memberikan informasi penyebaran vein kuarsa yang berhubungan dengan deposit emas sehingga daerah prospek emas tersebut dapat terlokalisir.

Kata kunci : model 3D, sistem *epithermal*, *vein*, inversi.

Name : Dini Magfiroh

Program study : Physics

Title of essay : CSAMT Data Modelling 3D On Gold Deposit Exploration in
Area “X”

ABSTRACT

Controlled Source Audio-Frequency Magnetotellurics Method (CSAMT) capable of providing images of rock structures under the surface of sulfide minerals (gold). Based on the geological conditions of formation of gold mineral prospects in the region “X” are included in the system with epithermal Quartz vein (vein). Results of measurement methods Controlled Source Audio-Frequency Magnetotellurics (CSAMT) on each line measurements provide the difference in resistivity values due to the physical properties of different rocks. CSAMT method of measurement is done by using the space between the measurement points (sounding) of 25 meters. A large number of line measurement is 4 line, with line spacing is 100 meters. From the results of measurements and then performed CSAMT data inversion and then made 3D modeling. Results of inversion and 3D modeling CSAMT data is able to provide information dissemination quartz vein related gold deposits so that the prospect of gold can be localized.

Keywords : 3D models, epithermal system, vein, inversion

DAFTAR ISI

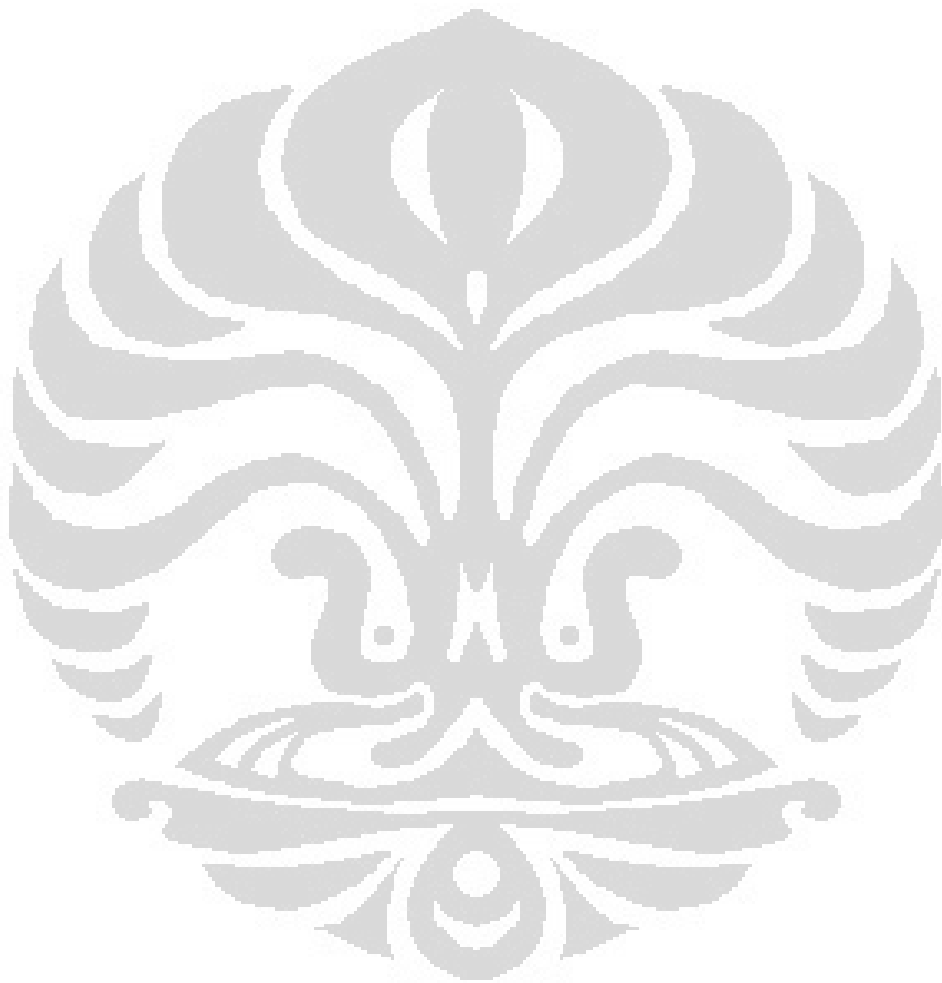
Halaman

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Pembatasan Masalah	3
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Waktu dan Tempat Penelitian	4
1.5 Metodologi Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	7
1.6.1 Pendahuluan.....	7
1.6.2 Teori Dasar	7
1.6.3 Akuisisi Data di Lapangan	7
1.6.4 Pemrosesan dan Interpretasi	7
1.6.5 Hasil dan Pembahasan	7
BAB II TEORI DASAR	8
2.1 Metode CSAMT	8
2.2 Prinsip Dasar metode CSAMT	9
2.2.1 Persamaan Maxwell.....	10
2.2.2 Skin Depth & Effective Depth penetration.....	11

2.2.3	Cagniard Resistivity.....	12
2.3	Karakteristik Data CSAMT	13
2.4	Resistivitas Mineral.....	15
2.5	Genesa Zona Mineralisasi Endapan Emas Sistem Epitermal .	17
2.5.1	Definisi Larutan Hidrotermal.....	17
2.5.2	Macam-macam Endapan Hidrotermal	18
2.5.3	Alterasi dan Mineralisasi	24
BAB III	AKUISISI DATA DI LAPANGAN	28
3.1	Akuisisi Data Metode CSAMT	28
3.1.1	Peralatan Lapangan.....	29
3.1.2	Prosedur dan Teknis Pengukuran Data CSAMT	35
BAB IV	PEMROSESAN DAN INTERPRETASI DATA	40
4.1	Data CSAMT	42
4.2	Pemrosesan Data CSAMT	42
4.3	Interpretasi Data CSAMT	45
4.3.1	Line I (TG-0)	45
4.3.2	Line II (TG-1).....	47
4.3.3	Line III (TG-2).....	49
4.3.4	Line IV (TG-3).....	50
BAB V	HASIL DAN PEMBAHASAN	54
5.1	Data Geologi	54
5.1.1	Geologi Regional	54
5.1.2	Geologi Daerah Penelitian	59
5.2	Data CSAMT	59
5.3	Interpretasi Terpadu	63
5.4	Kemenerusan zona mineralisasi.....	64
BAB VI	PENUTUP	66
6.1	Kesimpulan	66

6.2 Saran 67

DAFTAR ACUAN 68



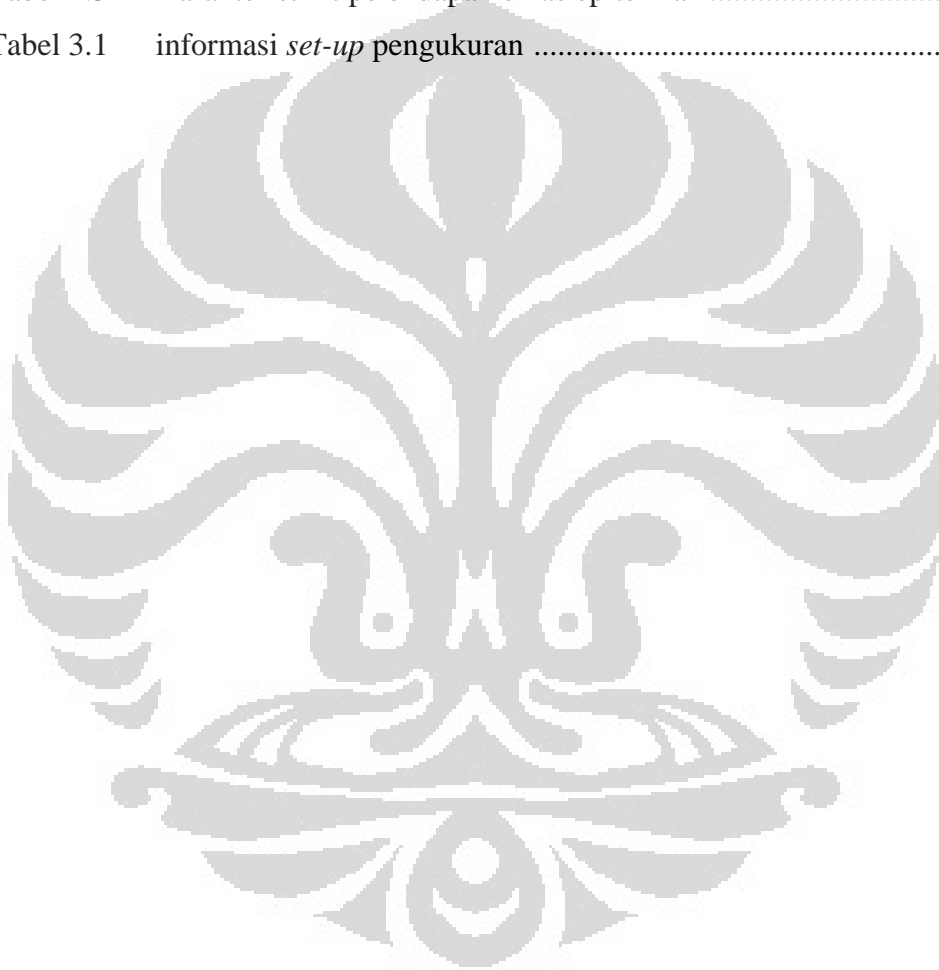
DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	<i>Flow-Chart</i> metodologi penelitian.....	6
Gambar 2.1	CSAMT <i>field st-up</i>	10
Gambar 2.2	Konduktivitas elektrik dari batuan di bumi.....	16
Gambar 2.3	Sistem hidrotermal dan hubungannya dengan tatanan tektonik.....	18
Gambar 2.4	Kenampakkan model endapan porfiri dengan endapan epitermal	19
Gambar 2.5	Sistem epitermal secara keseluruhan	24
Gambar 3.1	<i>Gaint-set</i>	30
Gambar 3.2	<i>Transmitter</i> dan <i>Source Controller</i>	31
Gambar 3.3	<i>Receiver</i> (V8).....	31
Gambar 3.4	<i>Flash Card</i>	32
Gambar 3.5	GPS	33
Gambar 3.6	Accumulator.....	33
Gambar 3.7	Sensor Magnetik	34
Gambar 3.8	Porous-pot.....	34
Gambar 3.9	Roll kabel.....	35
Gambar 3.10	Skema Penyusunan Alat Pada transmitter	36
Gambar 3.11	Prosedur Pemasangan Elektroda.....	37
Gambar 3.12	Skema Penyusunan Alat Pada Receiver	38
Gambar 3.13	Prosedur Pemasangan GPS.....	38
Gambar 4.1	Salah Satu contoh Data Hasil Pengukuran	40
Gambar 4.2	Alur Pemrosesan Data	41
Gambar 4.3	Tahapan <i>Editing and Correction</i>	43
Gambar 4.4	Proses Tahapan Inversi	44
Gambar 4.5	Contoh Salah Satu Hasil Inversi	44
Gambar 4.6	Hasil Inversi Line I	45
Gambar 4.7	Hasil Pengkonturan Nilai Resistivitas Line I dengan Menggunakan Sufer	46
Gambar 4.8	Hasil Inversi Line II.....	47
Gambar 4.9	Hasil pengkonturan Nilai Resistivitas Line II dengan Menggunakan Surfer	48

Gambar 4.10 Hasil Inversi Line III.....	49
Gambar 4.11 Hasil Pengkonturan Nilai Resitivitas Line III dengan Menggunakan Sufer	50
Gambar 4.12 Hasil Inversi Line IV	51
Gambar 4.13 Hasil Pengkonturan Nilai Resitivitas Line IV dengan Menggunakan Sufer	52
Gambar 5.1 Peta Geologi Regional Daerah Pengukuran “X”	55
Gambar 5.2 Peta geologi daerah gunung pongkor (A-B) <i>cross-section</i> memotong vein Ps Jawa, Vein Ciurug, Vein Kubang cicau dan Vein Ciguha.....	57
Gambar 5.3 Skematik hasil <i>cross-section</i> A-B menunjukkan system vein gunung Pongkor.....	58
Gambar 5.4 Line pengukuran	60
Gambar 5.5 Model penampang 3D.....	62
Gambar 5.6 Zona resistivity tinggi.....	65

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.a	Daftar nilai resistivitas beberapa material	16
Tabel 2.1.b	Daftar nilai resistivitas beberapa ore mineral.....	16
Tabel 2.1.c	Tabel resistivitas batuan hasil alterasi.....	17
Tabel 2.1.d	Tabel nilai resistivitas batuan.....	17
Tabel 2.2	Ciri-ciri sistem epitermal	21
Tabel 2.3	Karakteristik tipe endapan emas epitermal	22
Tabel 3.1	informasi <i>set-up</i> pengukuran	29



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang kaya akan kandungan sumber daya alam seperti batubara, mineral, panas bumi, serta minyak bumi. Masing-masing sumber daya alam tersebut memiliki peranan yang sangat penting dalam perekonomian Negara. Salah satunya adalah sumber daya mineral khususnya mineral emas yang merupakan salah satu sumber daya alam yang memiliki nilai ekonomi yang tinggi dan juga keberadaan mineral emas cukup banyak di Indonesia. Hal ini disebabkan karena Indonesia memiliki banyak pegunungan yang merupakan tempat terbentuknya emas pada umumnya. Oleh sebab itu, hasil dari sumber daya mineral emas dapat mensuplai sebagian pendapatan Negara.

Proses pembentukan mineral emas berhubungan dengan naiknya larutan fluida hidrotermal yang membawa larutan emas ke lokasi jebakan melalui celah atau rekahan pada struktur batuan dari suatu reservoir yang mengandung mineral emas walaupun dalam kadar yang tidak begitu besar dan untuk selanjutnya akan mengalami proses diferensiasi dan pengendapan.

Proses pengendapan mineral emas yang terjadi di dalam rongga dari struktur batuan menyebabkan keberadaan mineral ini tidak terkonsentrasi pada satu tempat, melainkan menyebar (*disseminated*).^[1] Sehingga kondisi seperti ini akan mempersulit dalam kegiatan eksplorasi khususnya dalam melokalisasi keberadaan zona mineralisasi endapan emas. Oleh karena itu dibutuhkan metode geofisika yang dapat memetakan keberadaan struktur batuan dibawah permukaan dan arah penyebarannya untuk dapat melokalisir keberadaan zona mineralisasi endapan emas tersebut.

Namun tidak semua metode geofisika dapat digunakan dalam eksplorasi mineral, karena setiap metode mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing. Beberapa metode geofisika yang relevan digunakan dalam eksplorasi mineral antara lain adalah metode IP-Magnetik, AMT, MT, dan CSAMT.

Pada metode IP-Magnetik, akan dihasilkan intensitas medan magnet pada lintasan pengukuran dan juga dapat memetakan zona dari batuan yang mengalami alterasi dari metode magnetic, sedangkan metode IP digunakan dalam eksplorasi mineral emas dimaksudkan sebagai penunjang dari metode magnetik. Hal ini dikarenakan metode magnetik hanya dapat memetakan keberadaan zona struktur dan zona dari batuan yang teralterasi, namun tidak dapat memetakan kondisi bawah permukaan dari zona mineralisasi endapan emas. Untuk itu jika kedua metode ini digabungkan dapat digunakan dengan cukup baik dalam eksplorasi mineral hanya saja pada metode IP-Magnetik jangkauan penetrasinya tidak cukup dalam sehingga eksplorasi mineral hanya dapat dilakukan pada kedalaman yang cukup dangkal sedangkan mineral yang berada di kedalaman yang cukup dalam tidak dapat dieksplorasi secara maksimal. Selain itu pada metode IP sulit digunakan jika topografi tidak rata, padahal eksplorasi mineral emas yang dilakukan berada pada topografi yang tidak rata.

Pada metode AMT dan MT cukup relevan karena keduanya dapat menjangkau hingga penetrasi yang dalam, namun kelemahan utama pada kedua metode ini adalah kekuatan sinyal yang tidak menentu karena kedua metode ini mengukur telluric bumi yang diinduksi oleh aktivitas ionosphere dan hujan badai yang disertai petir diseluruh dunia secara alami. Sehingga sinyal telluric lemah dan sering berubah dengan sangat cepat mengikuti keadaan sumber. Pada kasus MT, sinyalnya lemah dan bila ingin memvariasikan sinyal membutuhkan waktu 5 – 10 jam per site, sehingga sounding ini menjadi cukup mahal. Sedangkan pada Metode AMT mampu memperoleh sinyal lebih cepat hanya saja pemvariasian sinyal thunderstorm local menyebabkan pelemahan sinyal sekitar 1 Hz – 2 KHz sehingga dapat mengganggu kualitas data.

Metode *Controlled Source Audiofrequency Magneto Tellurics* (CSAMT) merupakan suatu metode yang diusulkan pertama kali dengan tujuan untuk memecahkan masalah sinyal yang terjadi pada metode elektromagnetik lainnya yang menggunakan sumber alami. Yang mampu digunakan untuk dapat memetakan pola resistivitas struktur bawah permukaan pada eksplorasi mineral.^[2] Untuk itu pada metode CSAMT menggunakan sumber buatan sehingga dapat menyelesaikan permasalahan yang terjadi pada metode elektromagnetik lainnya

Universitas Indonesia

yang menggunakan sumber alami. Kelebihan lain yang ada pada metode CSAMT adalah diperolehnya kualitas data yang baik dengan sinyal yang kuat, kemampuan resolusi lateral yang baik, mempunyai sinyal yang koheren sehingga mempermudah dalam pemrosesan data untuk memisahkan sinyal *noise*, kedalaman penetrasi cukup dalam hingga kedalaman 2 – 3 km, serta biaya yang relatif ekonomis (murah) dan hanya memerlukan waktu yang cukup singkat.

Metode *Controlled Source Audiofrequency Magneto Tellurics* (CSAMT) juga terbukti sukses dalam pengembangan Lapangan Geothermal. Dengan keunggulan metode CSAMT yang dapat memetakan Pola resistivitas struktur bawah permukaan, maka dapat diketahui batas-batas dari reservoir *geothermal*. Keunggulan ini juga berlaku pada proses eksplorasi mineral yang memiliki nilai anomali resistivitas sehingga metode CSAMT juga terbukti berhasil dalam proses eksplorasi mineral. ^[2]

Pada lapangan eksplorasi emas, zona mineralisasi endapan emas umumnya didominasi oleh silika dan mineral sulfida lainnya, yang umumnya mempunyai nilai resistivitas yang tinggi. Oleh sebab itu dengan mengetahui pola penyebaran dari nilai resistivity batuan dibawah permukaan diharapkan dapat memberikan informasi keberadaan zona mineralisasi yang dicari karena adanya kontras resistivity antara silika dengan lingkungan sekitarnya.

Walaupun demikian pola resistivitas itu tidak serta merta didapatkan secara otomatis melainkan harus melalui beberapa tahap hingga akhirnya tahap pemodelan dan interpretasi. Untuk itu pada tugas akhir ini, penulis mengangkat tema pemodelan data CSAMT, yang mana pemodelan yang penulis lakukan adalah pemodelan 2D dan pemodelan 3D. Pemodelan 3D digunakan untuk mempermudah dalam penglihatan saat menginterpretasi hasil data.

1.2 Pembatasan Masalah

Proses pengadaan mineral terdiri dari beberapa tahap yaitu: Tahap Eksplorasi, Tahap Pengeboran dan Tahap Eksploitasi. Dalam penelitian tugas akhir yang dilakukan penulis, hanya dibatasi pada tahap eksplorasi, yang mana pada tahap eksplorasi ini dibagi lagi dalam beberapa tahapan yaitu, *acquisition*, *processing*, dan *interpretation* data. Penelitian menggunakan metode CSAMT

Universitas Indonesia

konfigurasi skalar pada zona jauh dari sumber. Data hasil pengukuran CSAMT akan diolah dengan menggunakan *software* MTsoft2D version 2.2 sehingga akan dihasilkan model penampang resistivity 2D bawah permukaan untuk selanjutnya dijadikan model 3D. Dari hasil tersebut kemudian dilakukan interpretasi terintegrasi dengan menggunakan model geologi daerah penelitian untuk dapat melokalisir keberadaan penyebaran zona mineralisasi endapan emas.

Adapun daerah penelitian yang penulis lakukan adalah di daerah X sekitar daerah Jawa Barat. Penulis melakukan penelitian tentang metode CSAMT ini bersama-sama dengan tim geofisika dan tim geologi dari PT Aneka Tambang Geomin.

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud:

- Memenuhi persyaratan Tugas Akhir,
- Memperoleh pengalaman akuisisi, pemrosesan, serta interpretasi data CSAMT yang baik dan benar.

Tujuan :

- Memahami akuisisi, pengolahan dan interpretasi data CSAMT yang baik dan benar,
- Melokalisir penyebaran zona mineralisasi endapan emas dengan membuat model 3D dari zona mineralisasi hasil data CSAMT.

1.4 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di daerah "X" yang merupakan salah satu blok eksplorasi milik PT. Aneka Tambang. Penelitian ini dilakukan dari bulan Juni hingga bulan Juli 2009, bersama tim geofisika perusahaan tersebut.

1.5 Metodologi Penelitian

Penelitian yang dilakukan penulis dibagi dalam beberapa tahap seperti yang digambarkan pada *Flow-Chart* metodologi penelitian (Gambar.I.1). Penelitian dimulai dengan studi literatur tentang teori CSAMT serta karakteristik resistivitas mineral yang dicari. Studi literatur ini dilakukan untuk mendapatkan pemahaman

Universitas Indonesia

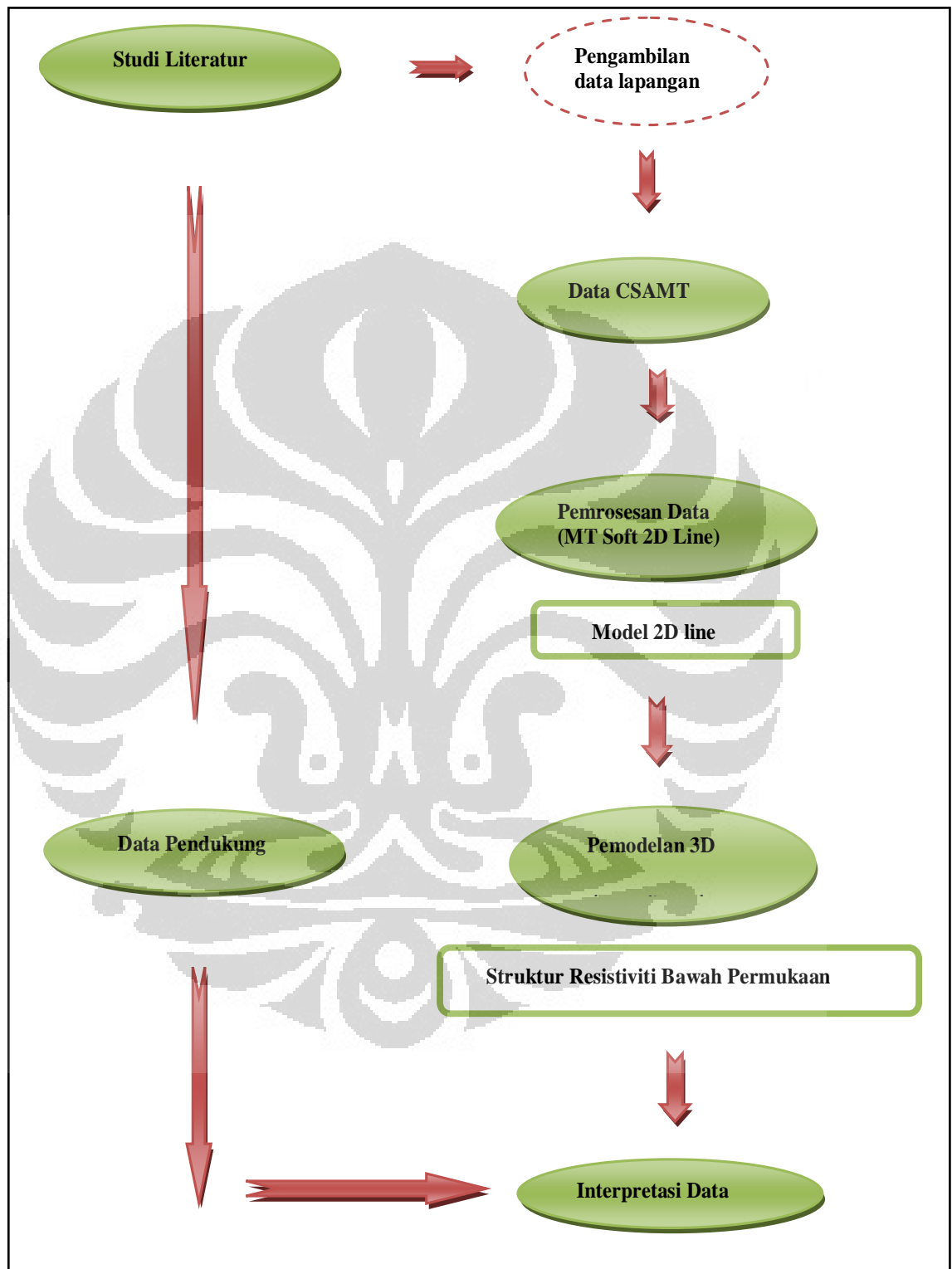
yang cukup baik tentang metode CSAMT, berkaitan dengan tahap akuisisi serta tahap prosesi data. Kemudian dilakukan proses penghimpunan data yaitu berupa data geologi, geofisika dan geokimia pendahuluan pada lokasi pengukuran serta melakukan kunjungan lapangan. Data yang sudah terkumpul selanjutnya digunakan sebagai referensi untuk membuat desain pengukuran.

Setelah memiliki desain pengukuran dilanjutkan ke tahap berikutnya yaitu akuisisi data CSAMT di lapangan, namun sebelumnya penulis harus melakukan analisa instrumen yang akan digunakan untuk memastikan kondisi instrumen geofisika dalam keadaan baik dan siap dipakai. *Instrument* yang digunakan antara lain adalah TXU-30 serta *Curent Controller* pada transmitter dan V8 serta Auxalry Box pada Receiver, yang mana alat-alat tersebut merupakan alat buatan Phoenix.

Setelah semua data terkumpul maka dilanjutkan dengan tahap pengolahan data. Proses pengolahan data dilakukan dengan menggunakan software CSAMT, yaitu MTsoft2D version 2.2 milik PT. Aneka Tambang. Pemrosesan data ini dilakukan dalam dua tahap yaitu *preprocessing* dan *interpretive processing*. Pada tahap *preprosesing* dilakukan dengan maksud agar terpisahnya antara data yang diinginkan dengan noise, data yang diinginkan yaitu: apparent resistivity, beda fase dan standar deviasi. Sedangkan pada tahap *interpretive processing* yaitu melakukan beberapa koreksi seperti koreksi statik, normalisasi, filterisasi, serta *derivative calculation*, pengoreksian ini bertujuan untuk meningkatkan *signal to noise ratio*. Semua tahapan pemrosesan data tersebut sudah tercover secara otomatis pada *software* yang akan digunakan penulis, jadi tidak perlu melakukan perhitungan koreksi secara terpisah. Hasil dari pemrosesan data berupa penampang melintang 2 dimensi.

Selanjutnya penulis melakukan pemodelan 3D dengan menggunakan *software* GeoSoft. Hasil dari pemodelan ini berupa model resistivitas 3 dimensi. Sampai dengan tahap ini penelitian yang dilakukan penulis dianggap telah selesai. Untuk selanjutnya model resistivitas 3 dimensi digunakan untuk keperluan interpretasi terpadu yaitu menggunakan data pendahuluan (geologi dan geofisika) serta data hasil pemrosesan data CSAMT.

Berikut merupakan *Flow-Chart* metodologi penelitian yang digunakan dalam penulisan skripsi ini :



Gambar 1.1 *Flow-Chart* metodologi penelitian

Universitas Indonesia

I.6 Sistematika Penulisan

I.6.1 Pendahuluan

Pada bab ini merupakan bab penjelasan secara umum, dimana penulis menjelaskan latar belakang dari permasalahan yang telah diangkat pada penelitian yang penulis lakukan yaitu topik tentang metode CSAMT, pembatasan dari masalah yang ingin diselesaikan dalam penelitian yang penulis lakukan, tujuan dari penelitian, metodologi penelitian yang digunakan, serta sistematika dari penulisan.

I.6.2 Teori Dasar

Pada bab ini penulis menguraikan teori-teori dasar yang digunakan pada penulisan, pengambilan data di lapangan, pengolahan data, interpretasi dan analisa dalam skripsi ini.

I.6.3 Akuisisi Data di Lapangan

Pada bab ini menjelaskan tentang tahapan-tahapan yang harus diperhatikan pada saat pengambilan data di lapangan serta membahas *field set-up* pada metode CSAMT yang digunakan.

I.6.4 Pemrosesan dan Interpretasi Data

Pada bab ini menjelaskan bagaimana tahapan-tahapan dalam pengolahan data CSAMT dengan menggunakan beberapa *software* pendukung serta sekaligus hasil dari pengolahan diinterpretasikan berdasarkan *line* dari setiap pengukuran.

I.6.5 Hasil dan Pembahasan

Pada bab ini membahas seluruh hasil pengolahan data dari semua *line* yang kemudian dijadikan ssatu model dengan menggabungkan data pendukung lainnya guna memperkuat data CSAMT hasil pengukuran yang telah diolah tersebut.

BAB II TEORI DASAR

2.1 Metode *Controlled Source Audio-frequency Magneto Tellurics* (CSAMT)

Metoda “*Controlled Source Audio-frequency Magnetotelluric*” (CSAMT) merupakan metode elektro magnetik yang menggunakan sumber medan elektromagnetik (EM) buatan pada interval frekuensi audio (0,1 Hz - 10 kHz) yang berguna untuk meningkatkan “*signal to noise ratio*” (S/N) sehingga hasil yang didapatkan lebih baik dan tidak dipengaruhi oleh *noise*. Umumnya sumber medan EM buatan tersebut berupa arus listrik yang cukup kuat yaitu mendekati 10 Ampere yang diinjeksikan ke dalam bumi dalam bentuk dipol.

Metode CSAMT pada dasarnya sama-dengan metode *natural-source magnetotellurics* (MT) dan metode *audio-frequency magnetotellurics* (AMT). Perbedaan yang mendasar dari metode ini adalah penggunaan sumber alami pada metode *magnetotelluric* (MT) dan metode *audio-frequency magnetotelluric*. Sedangkan penggunaan sumber pada metode CSAMT merupakan sumber buatan yang diletakkan pada jarak tertentu. Sumber ini menghasilkan sinyal stabil sehingga menghasilkan keakuratan yang lebih tinggi serta biaya eksplorasi yang lebih ekonomis jika dibandingkan dengan menggunakan sumber alami pada panjang gelombang yang sama.

Hanya saja pada jarak sumber medan primer (*transmitter*) dengan penerima (*receiver*) yang berhingga (*Near-Field*) menyebabkan asumsi gelombang bidang tidak berlaku karena bidang gelombang yang merambat tidak tegak lurus dengan arah perambatannya. Peristiwa ini menyebabkan pemodelan dan interpretasi data CSAMT relatif lebih sulit dari pada data MT.^[2] Karena pada metode MT asumsi gelombang bidang berlaku sehingga dapat mempermudah dalam perhitungan matematika maupun kepentingan interpretasi. Gelombang bidang atau gelombang datar merupakan gelombang yang bidang gelombangnya berupa bidang datar yang merambat tegak lurus dengan arah perambatan.^[4]

Namun untuk mempermudah di lapangan, pada umumnya jarak antar *receiver* dan *transmitter* diletakkan pada jarak yang telah dianggap melewati zona *near-field*. Untuk selanjutnya pada tahap pemrosesan data akan diasumsikan

bahwa tidak ada pengaruh dari zona *near-field*. Jikalau masih ada, itu pun pengaruhnya kecil sehingga dapat diabaikan.

2.2 Prinsip Dasar Metode CSAMT

CSAMT adalah salah satu metode geofisika yang menghasilkan data *sounding* dengan frequency-domain elektromagnetik yang digunakan untuk mendapatkan peta resistivitas 3 dimensi di bawah permukaan. Pada dasarnya metode CSAMT dengan konfigurasi skalar menggunakan sebuah *source* (*transmitter*) dan sebuah titik *sounding* (*receiver*). Namun untuk mempermudah dalam pengambilan data di lapangan, biasanya digunakan pendekatan konfigurasi skalar yaitu dengan menggunakan banyak titik *sounding* dalam satu kali pengukuran dengan satu sumber.

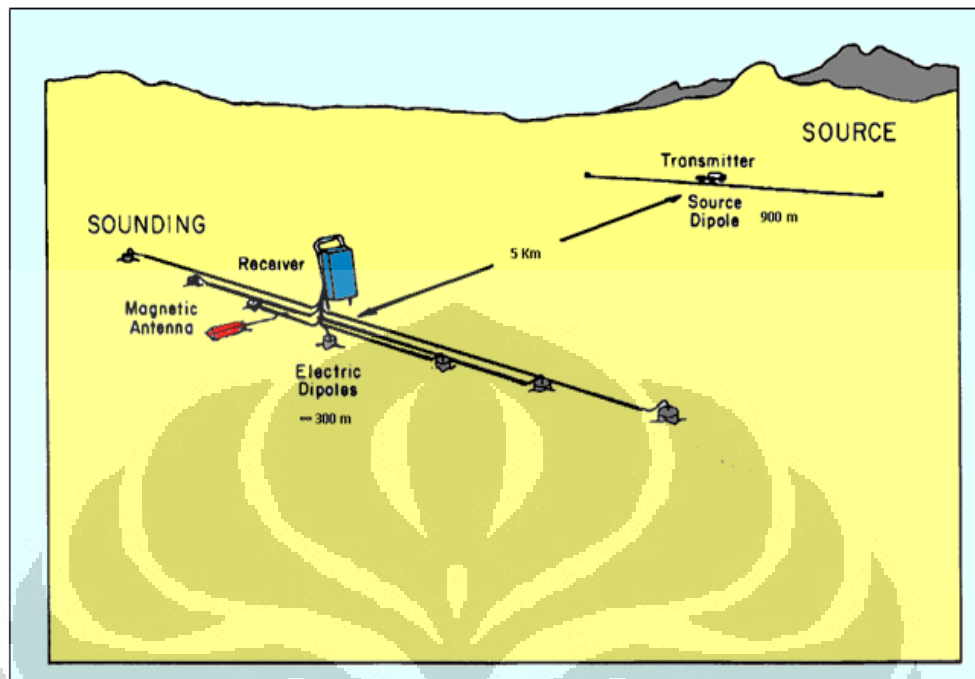
Sumber sinyal yang digunakan berasal dari dipol listrik yang dikubur atau *loop horizontal*. Namun pada umumnya yang digunakan pada saat pengukuran adalah sumber sinyal yang berasal dari dipole listrik yang dikubur. *Loop horizontal* kemungkinan digunakan sebagai sumber sinyal alternatif ketika kontak hambatan pada dipole listrik yang dikubur cukup tinggi sehingga sulit untuk dilewati oleh transmisi arus.^[2]

Field set-up di lapangan yaitu dengan meletakkan elektrode listrik yang sejajar dengan sumber dan sensor magnet yang tegak lurus dengan sumber seperti yang digambarkan pada Gambar dibawah ini (Gambar 2.1). Medan listrik dihasilkan oleh dipole listrik yang umumnya memiliki panjang bentangan antara 10 meter sampai 150 meter. Pada dipole listrik ini hasil pengukuran berisi nilai beda potensial dan nilai sudut fase pada sumber sinyal. Sedangkan medan magnet dihasilkan oleh potensial induksi pada antenna medan magnetik. Pada antenna medan magnetik ini hasil pengukuran berisi nilai tegangan dan nilai sudut fase pada sumber sinyal.^[2] sinyal yang dideteksi oleh antenna akan diumpan-balikkan kepada kawat *receiver* untuk selanjutnya diukur bersama dengan medan listrik.

Untuk selanjutnya nilai resistivitas semu didapat dengan membandingkan besar medan listrik horizontal dan medan magnet yang tegak lurus. Sudut beda fase antara medan listrik dan medan magnet menunjukkan impedansi bumi. Pada umumnya pengukuran dilakukan pada rentang frekuensi 0,1 Hz hingga 10 kHz.^[2]

Universitas Indonesia

Berapa besar nilai frekuensi yang ingin digunakan tergantung dari seberapa dalam kedalaman yang ingin dicapai dalam pengukuran.



Gambar 2.1 CSAMT *Field Set-Up*

2.2.1 Persamaan Maxwell

Medan elektromagnetik dapat digolongkan menjadi 4 parameter medan, 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)

Keempat medan tersebut memenuhi Persamaan Maxwell, yang merupakan persamaan umum yang dapat mendeskripsikan sifat gelombang elektromagnetik.

Persamaan Maxwell terdiri atas:

$$\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t} \quad (\text{Hukum Faraday}) \quad (1)$$

$$\nabla \times \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \quad (\text{Hukum Ampere}) \quad (2)$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{D} = \rho \quad (\text{Hukum Coulomb}) \quad (3)$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0 \quad (\text{Hukum Kekontinyuan Fluks}) \quad (4)$$

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 listrik monopol.

Besarnya nilai medan listrik dan medan magnet induksi bergantung pada nilai konstanta intrinsik bahan berupa ϵ (permitivitas), μ (permeabilitas) dan σ (konduktifitas) yang dihubungkan dengan persamaan 5-7.

$$\vec{D} = \epsilon \vec{E} \quad (5)$$

$$\vec{B} = \mu \vec{H} \quad (6)$$

$$\vec{J} = \sigma \vec{E} \quad (\text{Hukum Ohm}) \quad (7)$$

Persamaan (5) menyatakan bahwa besarnya rapat fluks medan listrik tergantung pada permitivitas bahan dielektrik yang diinduksi dan besarnya medan listrik yang menginduksi. Persamaan (6) juga menyatakan bahwa besarnya fluks medan magnet tergantung pada permeabilitas bahan dielektrik yang diinduksi serta besarnya medan magnet yang menginduksi. Persamaan (7) (Hukum Ohm) menyatakan bahwa rapat arus listrik bergantung pada nilai konduktivitas bahan yang terinduksi oleh besarnya medan listrik.^[5]

2.2.2 Skin Depth & Effective Depth Penetration

Salah satu sifat dari medan elektromagnetik adalah apabila medan elektromagnetik melewati lapisan konduktif maka energi dari medan elektromagnetik tersebut akan teratenuasi. Sehingga jarak tembus atau tempuh dari medan elektromagnetik tersebut juga akan berkurang mengikuti seberapa besar nilai konduktifitas dari lapisan konduktif ketika melewati lapisan tersebut,

jarak maksimum yang dapat dicapai oleh medan elektromagnetik tersebut saat menembus lapisan konduktif biasanya disebut dengan *Skin Depth* (δ).

Nilai dari *skin depth* ini sangat dipengaruhi oleh nilai resistifitas dari bahan dibawah permukaan dan besar frekuensi yang digunakan. Hubungan antara nilai resistifitas, besar frekuensi serta nilai dari skin depth itu sendiri dapat dituliskan sesuai dengan persamaan (8).

$$\delta = 503 \sqrt{\frac{\rho}{f}} \quad (8)$$

Pada pengukuran di lapangan diharapkan pengukuran berada pada zona far-field yaitu daerah dimana jarak antara transmitter dan receiver sangatlah jauh yaitu sekitar lebih besar dari tiga kali skinddepth (3δ).

Sedangkan nilai kedalaman yang dapat dicapai oleh medan elektromagnetik saat dilakukannya survey data menggunakan metode CSAMT umumnya disebutkan dengan istilah *Effective Depth Penetration* dan dinotasikan dengan D.

Nilai dari *effective depth penetration* dipengaruhi oleh nilai resistivitas dari bahan dibawah permukaan dan besar frekuensi yang digunakan, hal ini sama dengan yang mempengaruhi pada nilai dari *skin depth penetration* hanya saja yang membedakan adalah nilai faktor pengalinya. Nilai D ini dapat ditulis sesuai dengan persamaan (9).^[2]

$$D = 356 \sqrt{\frac{\rho}{f}} \quad (9)$$

2.2.3 Cagniard Resistivity

Pada pengukuran dengan menggunakan Metode CSAMT Data yang didapat pada pengukuran adalah berupa Medan Listrik dan Medan Magnet. Sedangkan yang ingin dicari adalah memetakan nilai resistivitas di bawah permukaan, oleh sebab itu data yang didapat dari lapangan yang berupa medan listrik dan medan magnet haruslah diubah terlebih dahulu menjadi nilai resistivitas yang ingin dipetakan. Untuk mendapatkan nilai resistivitas batuan di bawah permukaan tersebut, kita dapat menggunakan persamaan yang biasa disebut dengan persamaan *Cagniard Resistivity* yang ditunjukkan pada persamaan (10).^[2]

Persamaan *Cagniard resistivity* ini merupakan perbandingan kuadrat antara nilai medan listrik dengan medan magnet yang saling tegak lurus yang kemudian dikalikan dengan faktor konstanta yang dipengaruhi oleh nilai dari frekuensi. Besarnya nilai faktor konstanta ini didapatkan dari hasil perhitungan dengan memasukkan nilai-nilai konstanta yang telah diketahui sebelumnya.

$$\rho = \frac{1}{5f} \left| \frac{E_x}{H_y} \right|^2 \quad (10)$$

Persamaan *Cagniard Resistivity* ini hanya valid digunakan pada pengukuran CSAMT dan MT dengan kondisi pengukuran jauh dari sumber.^[2] Hal ini dikarenakan pada persamaan *Cagniard Resistivity* tersebut didapat dengan mengkondisikan bahwa $r \gg \delta$, yang mana kondisi seperti ini merupakan kondisi pengukuran jauh dari sumber yaitu jarak *transmitter* ke *receiver* lebih jauh dibandingkan dengan jarak *skin depth penetration*.

2.3 Karakteristik Data CSAMT

Persamaan medan EM akibat dipol listrik pada medium homogen telah dikemukakan diantaranya oleh Kaufman & Keller (1983). Pada daerah “*far field*” dimana jarak *transmitter* ke *receiver* (r) jauh lebih besar dari pada *skin depth* maka berlaku asumsi gelombang bidang. Dimana bidang gelombang menjalar dengan arah yang tegak lurus dengan arah rambatannya. Pada kondisi tersebut, komponen horisontal medan listrik (E) dan medan magnet (H) akibat suatu dipol sepanjang dl dengan arus I dan konduktivitas medium dalam sistem koordinat silinder (r, ϕ) adalah sebagai berikut.^[3]

$$E_\phi \approx \frac{Idl \sin \phi}{\pi \sigma r^3} \quad (11)$$

$$H_r \approx \frac{Idl \sin \phi}{\pi r^3 \sqrt{\omega \mu_0 \sigma}} \exp(-i\pi/4) \quad (12)$$

Dimana $\omega = 2\pi f$ dengan f adalah frekuensi (dalam Hertz) dan $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ H/m adalah permeabilitas ruang hampa. Impedansi didefinisikan sebagai

perbandingan antara komponen medan listrik dan medan magnet yang saling ortogonal, sehingga diperoleh :

$$Z_f = \frac{E_\phi}{H_r} \approx \sqrt{\omega\mu_0\rho} \exp(i\pi/4) \quad (13)$$

Pada suatu kondisi “*far field*”, diketahui bahwa impedansi merupakan fungsi dari tahanan-jenis medium ($\rho = 1/\sigma$) dan frekuensi sehingga impedansi mengandung informasi mengenai distribusi tahanan-jenis sebagai fungsi kedalaman. Umumnya penerima terletak tegak lurus terhadap orientasi sumber sehingga arah tangensial dan radial identik dengan arah sumbu x dan sumbu y dalam sistem koordinat kartesian. Persamaan tahanan jenis semu “*far field*” dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\rho_a^f = \frac{K_f}{5f} \left| \frac{E_x}{H_y} \right|^2 \quad (14)$$

Dimana E_x dalam mV / km dan H_y dalam nanoTesla (nT). Koefisien K_f digunakan untuk memperhitungkan faktor pendekatan dalam persamaan medan EM pada kondisi “*far field*”. Berdasarkan studi empirik, kondisi “*far field*” pada umumnya dipenuhi jika $r > 3\delta$, sedangkan kondisi “*near field*” terjadi jika $r \ll \delta$ yaitu pada frekuensi rendah atau jarak *transmitter - receiver* tidak terlalu jauh (Yamashita & Hallof, 1985). Komponen horisontal medan EM “*near field*” pada medium homogen dinyatakan sebagai berikut :^[3]

$$E_\phi \approx \frac{Idl \sin \phi}{2\pi\sigma r^3} \quad (15)$$

$$H_r \approx \frac{Idl \sin \phi}{4\pi r^2} \quad (16)$$

Sehingga impedansi medium homogen pada kondisi “*near field*” adalah :

$$Z_n = \frac{E_\phi}{H_r} \approx \frac{2\rho}{r} \quad (17)$$

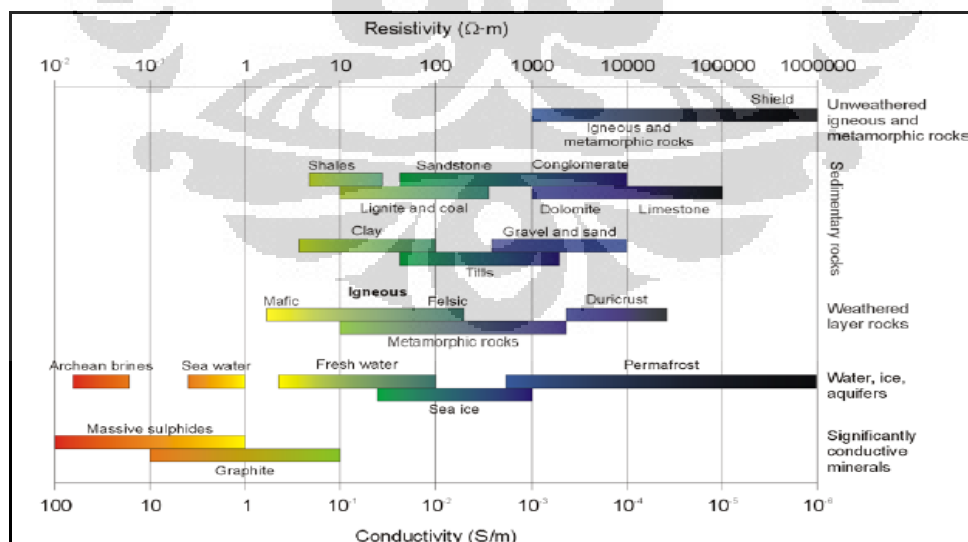
Impedansi “near field” merupakan fungsi dari tahanan-jenis medium dan jarak *transmitter - receiver* yang mengindikasikan tidak adanya efek sumber akibat jarak *transmitter - receiver* yang berhingga. Sebagaimana pada persamaan (14), persamaan tahanan-jenis semu untuk “near field” dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\rho_a^n = K_n r \left| \frac{E_x}{H_y} \right| \tag{18}$$

Dimana faktor 2 pada persamaan (18) sudah dimasukkan ke dalam koefisien K_n .

2.4 Resistivitas Mineral

Material yang terdapat di bumi memiliki nilai konduktivitas dan nilai resistivitas yang berbeda-beda (Gambar 2.2). Hubungan antara nilai konduktivitas dengan nilai resistivitas saling berkebalikan, apabila nilai resistivitas tinggi maka kebalikannya nilai resistivitas akan rendah. Konduktivitas dan resistivitas suatu batuan umumnya bergantung pada interkoneksi dari struktur batuan penyusunnya dan kandungan mineral atau fluida pada interkoneksi tersebut. Oleh sebab itu nilai resistivitas suatu batuan berebeda-beda tergantung dari nilai resistivitas bahan penyusunnya. Tabel 2.1.a – Tabel 2.1.d menunjukkan nilai resistivitas beberapa materi. [6]



Gambar 2.2 Konduktivitas elektrik dari batuan di bumi.

Tabel 2.1.a Daftar nilai resistivitas beberapa material

Material	Nilai Resistiviti	Material	Nilai Resistiviti
Conductors:		Semiconductors:	
Silver	$1,59 \times 10^{-8}$	Salt Water	$4,4 \times 10^{-2}$
Copper	$1,68 \times 10^{-8}$	Germanium	$4,6 \times 10^{-1}$
Gold	$2,21 \times 10^{-8}$	Diamond	2,7
Alumunium	$2,65 \times 10^{-8}$	Silicon	$2,5 \times 10^3$
Iron	$9,61 \times 10^{-8}$	Insulatorsr:	
Mercury	$9,58 \times 10^{-7}$	Water (Pure)	$2,5 \times 10^5$
Nichrome	$1,00 \times 10^{-6}$	Wood	$10^8 - 10^{11}$
Maganese	$1,44 \times 10^{-6}$	Glass	$10^{10} - 10^{14}$
Graphite	$1,4 \times 10^{-5}$	Quartz (fused)	$\sim 10^{16}$

Tabel 2.1.b Daftar nilai resistivitas beberapa Ore Mineral

Ore Minerals	Resistivity (Ohm-meter)
Pyrrhotite	0,001 – 0,01
Galena	0,001 – 100
Cassiterite	1,001 – 10.000
Chalcophyrite	0,05 – 0,1
Phyrite	0,01 – 100
Magnetite	0,01 – 1.000
Hematite	0,01 – 1.000.000
Sphalerite	1.000 – 1.000.000

Tabel 2.1.c Tabel nilai resistivitas batuan hasil alterasi

Jenis Material	Resistivity
Clay, Argilik	Rendah
Kwarsa, Batuan Segar, Silifikasi, Gamping	Tinggi

Tabel 2.1.d Tabel nilai Resistivitas batuan

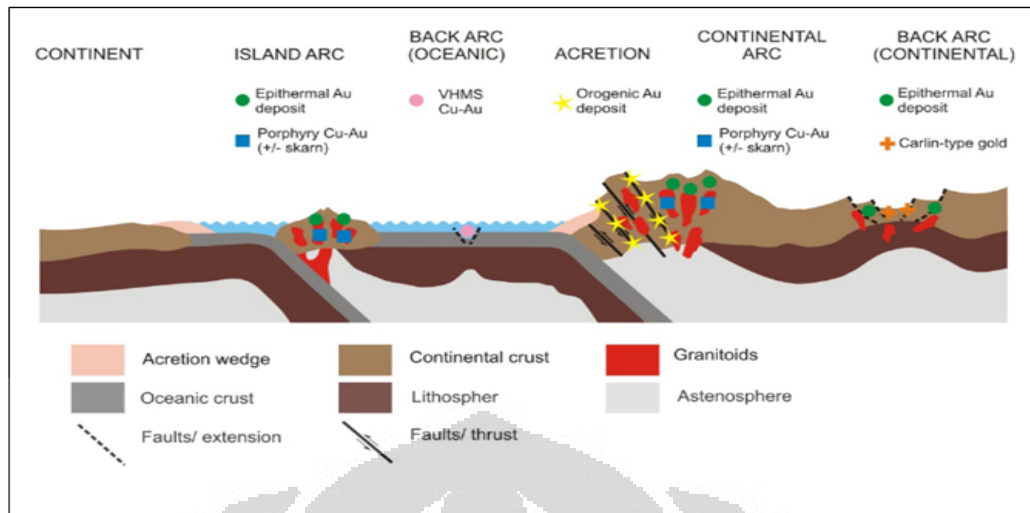
Common Rocks / Materials	Resistivity (Ohm - meter)
Clay	1 – 100
Graphitic Schist	10 – 500
Topsoil	50 – 10
Gravel	100- 600
Weathered Bedrock	100- 1.000
Gabbro	100 – 500.000
Sandstone	200 – 8.000
Granite	200 – 100.000
Basalt	200 – 100.000
Limestone	500 – 10.000
Slate	500 -500.000
Quartzite	500 – 800.000
Greenstone	500 – 200.000

2. 5 Genesa Zona Mineralisasi Endapan Emas Sistem Epitermal

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. Larutan hidrotermal pada suatu system dapat berasal dari fluida magmatik, air meteorik, *connate* atau fluida yang berisi mineral. Fluida ini dihasilkan selama proses metamorfisme yang menjadi panas di dalam bumi dan 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. Pada gambar dibawah ini menunjukkan gambaran sistem hidrotermal dan hubungannya dengan tatanan tektonik (Gambar 2.3).



Gambar 2.3 Sistem hidrotermal dan hubungannya dengan tatanan tektonik. [7]

Sistem hidrotermal mungkin berhubungan dengan sumber-sumber panas magmatic, namun mungkin juga tidak. System yang berhubungan dengan sumber panas magmatic biasanya terjadi pada busur vulkanik (termasuk busur belakang), pada pemekaran samudera, dan mungkin juga di lingkungan *hot spot*. Sedangkan system yang tidak berhubungan dengan sumber panas magmatic mungkin ditemukan di lingkungan kontinen yang mengalami *uplifting* cepat dan menyebabkan gradien hidrotermal yang tinggi. Larutan hidrotermal yang ada pada suatu system bias berasal dari larutan magmatic atau dari air meteoric ataupun 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

Endapan hidrotermal dibagi menjadi 3 jenis, berdasarkan temperature, tekanan dan kondisi geologi pada saat pembentukannya yaitu : endapan hipotermal, endapan mesotermal dan endapan epitermal. [8]

- **Endapan Hipotermal**

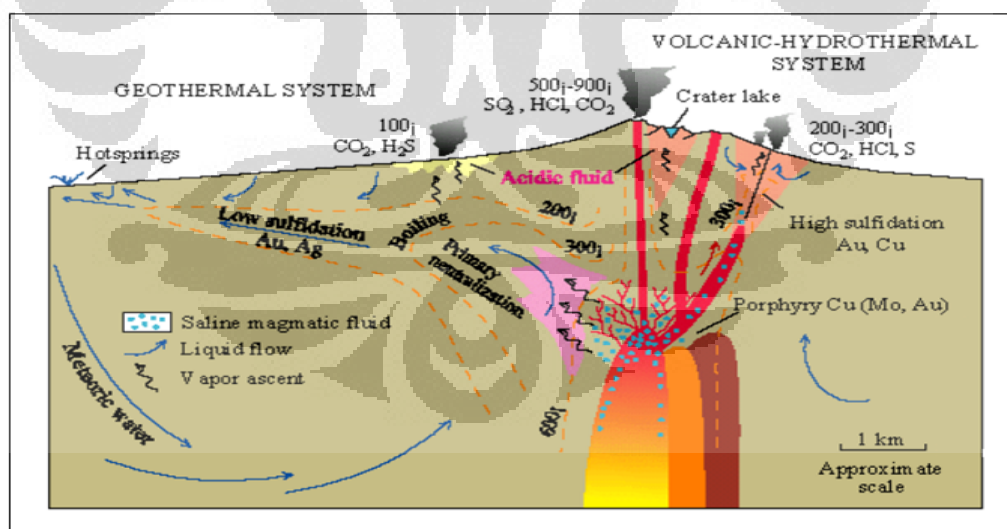
Endapan hipotermal merupakan endapan yang terbentuk pada temperatur $\sim 300^{\circ} - 600^{\circ}\text{C}$, oleh proses diferensiasi terutama dari magma *batholitic* yang terletak paling dekat dengan tubuh intrusi. Endapan ini merupakan endapan urat (*vein*) dan penggantian (*replacement*), kecuali

Universitas Indonesia

endapan metamorfisme kontak, yang terbentuk pada temperature dan tekanan tinggi.

Mineral logam yang biasa dijumpai dalam endapan ini antara lain bornit, kovelit, kalkosit, kalkoirit, pirit, tembaga, emas, wolfram, molibdenit, seng dan perak. Sedangkan dalam endapan logam tersebut, mineral-mineral pengotor yang umumnya dijumpai adalah piroksen, amfibol, garnet, ilmenit, spekularit, turmalin, topaz, serta mika hijau dan mika cokelat, sedangkan spinel umumnya tidak hadir dalam jenis endapan ini. Secara umum sulfida sederhana dan arsenide di dalam beberapa endapan akan berasosiasi dengan oksida seperti magnetit, ilmenit, kasiterit dan spekularit.

Kenampakkan lapangan menunjukkan umumnya endapan hipotermal terdapat di dalam atau berada di dekat tubuh intrusi batuan yang berada di bawah permukaan endapan ini biasanya muncul oleh proses erosi. Secara spesifik bentuk-bentuk endapan hipotermal antara lain berupa *pegmatitic dyke*, endapan metamorfik kontak, *deep seated vein*, dan *porphyry copper*. Gambar dibawah ini menunjukkan pembentukan endapan porfiri yang berasosiasi dengan sistem epitermal (Gambar 2.4).



Gambar 2.4 Kenampakkan model endapan porfiri dengan endapan epitermal.^[7]

- **Endapan Mesotermal**

Endapan mesotermal merupakan endapan *metalliferous* yang terbentuk pada suhu menengah oleh fluida panas yang bergerak naik dan

berhubungan dengan intrusi. Endapan ini terbentuk pada temperature $175^{\circ} - 300^{\circ}\text{C}$ di bawah permukaan dengan kedalaman berkisar 4.000 meter sampai 12.000 meter dan terletak agak jauh dari tubuh intrusi.

Endapan ini dicirikan oleh endapan tipe pengisian rongga, penggantian dan pengkayaan supergen (*supergence enrichment*). Adapun cirri 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 aktifitas batuan beku. Selain itu endapan ini dicirikan oleh banyaknya *slickenside*.

Logam utama yang terdapat pada endapan ini antara lain emas, perak, tembaga, seng dan timbale. Mineral bijih yang ditemukan berupa sulfida, arsenide, 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, dolomite, ankerit dan sedikit siderite, florit yang merupakan asosiasi penting.

- **Endapan Epitermal**

Endapan epitermal merupakan endapan *metalliferous* yang terbentuk di dekat permukaan oleh fluida termal yang bergerak naik dan berhubungan dengan batuan beku. Endapan ini terletak paling jauh dari tubuh intrusi, dengan temperature pembentukan antara $50^{\circ} - 200^{\circ}\text{C}$ dan dicirikan oleh endapan tipe pengisian rongga (*cavity filling*) terutama dalam bentuk *fissure vein*. Struktur yang dijumpai pada endapan ini berupa struktur *open cavity*, pengisian (*filling*), *crustification* dan *comb*. Kenampakkan urat berupa *splitting*, *chambering* dan breksiasi.

Endapan epitermal umumnya terbentuk pada batuan induk berupa batuan-batuan vulkanik, antara lain batuan piroklastik subaerial dan batuan sedimen vulkanik yang umurnya relative sama. Jenis batuan yang sering dijumpai adalah andesit, riolit, serta dasit yang mempunyai afinitas kal-alkali, sangat jarang dijumpai endapan epitermal yang berasosiasi dengan batuan beku yang mempunyai afinitas alkalin maupun shosonit. Adapun cirri-ciri

endapan epitermal secara umum dapat dilihat pada table dibawah ini (Tabel 2.2).

Tabel 2.2 Ciri-ciri sistem epitermal.^[9]

Kedalaman	Permukaan sampai 1000 meter
Temperatur pembentukkan	50° – 300°C (biasanya 170° – 250°C)
Asal fluida	Meteorik, meskipun beberapa komponen dapat berasal dari magmatic
Bentuk endapan	Urat tipis sampai yang besar, <i>stockwork</i> , sebaran, penggantian
Tekstur bijih	<i>Open space filtering</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	Silikifikasi, argilisasi lanjutan, montmorillonit/illit, adularia, propilitisasi
Kenampakan umum	Kuarsa kalsedonik berbutir halus, kuarsa <i>pseudomorf</i> setelah kalsit, breksiasi akibat <i>hydraulic fracturing</i>

Sistem epitermal dibagi menjadi dua yang dibedakan berdasarkan sifat kimia fluidanya yaitu sulfida rendah (*low sulphidation*) dan sulfida tinggi (*high sulphidation*).^[9] 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.

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 kal-alkali atau andesit kal-alkali kalsik, riolit, dasit dan riodasit. Sedangkan system epitermal sulfida tinggi dicirikan oleh kelompok mineral luzonit-enargit, dengan tipe alterasi argilik. Karakteristik kedua endapan tersebut dapat dilihat pada tabel dibawah ini (Tabel 2.3).

Universitas Indonesia

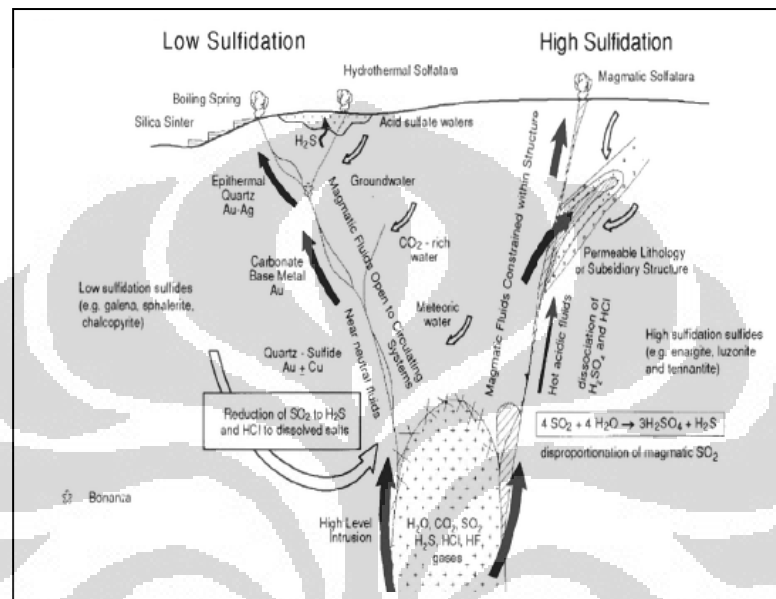
Tabel 2.3 Karakteristik tipe endapan emas epitermal.^[10]

	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 local	Zona sesar atau rekahan terutama yang dekat dengan pusat volkanik	Sesar regional mayor atau intrusi subvolkanik
Kedalaman dan temperature pembentukkan	0 - 1.000 m, 100° – 320°C (sebagian besar 150° – 250°C)	500 – 2.000 m, 100° – 320°C
Sifat fluida bijih	Salinitas rendah, air meteoric interaksi dengan fluida magmatik yang mungkin terjadi, pH hamper netral, reduksi, kandungan total S rendah, logam dasar rendah (Pb, Zn)	Salinitas rendah (beberapa tinggi), sumber fluida magmatik bercampur dengan air meteoric pH asam dan HCL magmatik Oksidasi kandungan total S tinggi, logam dasar dapat tinggi (Cu)
Alterasi	Alterasi propilitik yang luas di sekitarnya dengan rasio air banding batuan rendah, mika putih dengan rasio air banding batuan tinggi, alterasi langsung menjadi dominan dengan penurunan temperatur. <i>Boiled of gases</i> dapat	Alterasi propilitik yang luas di sekitarnya dengan rasio air banding batuan rendah, endapan yang dalam memiliki alterasi profilit-mika putih yang kuat, endapan yang dangkal memiliki inti silika massif, dengan bagian tepi alunit dan

	menghasilkan alterasi argilik dan argilik lanjut sekitarnya	kaolinit, endapan dekat permukaan dapat memiliki alterasi lempung
Sifat mineralisasi	Dicirikan dengan pengisian rongga dan ruang kosong, pengisian urat berlapis khas, biasanya dengan breksiasi multi tahap. Dekat permukaan dapat berupa <i>stockwork</i> atau <i>disseminated</i> , tergantung sifat permeabilitas	Khas berupa <i>disseminated</i> , baik pada mika putih-pirofilit maupun silika massif. Pengisian rongga dan ruang kosong jarang dijumpai. Mineralisasi biasanya berasosiasi dengan alterasi argilik lanjut, dan pirit sangat melimpah
Karakteristik tekstur	<i>Crustification banding, comb, colioform banding, banded</i> kuarsa-kalsedoni, <i>drusy cavities, vugs, vein breccias, silica pseudomorph</i>	Silika <i>vuggy</i> (kuarsa berbutir halus) silika massif (kuarsa berbutir halus)
Karakteristik mineralogy	Urat kalsedoni biasa dijumpai, Adularia dalam urat dan <i>disseminated</i> , Alunit minor, Profilit minor, Energit-luzonit tidak hadir	Kalsedoni kebanyakan tidak hadir, adularia tidak hadir, alunit dapat melimpah, pirofilit dapat melimpah, energy-huzonit hadir
Contoh	Pajingo, Australia Emperor, Fiji	Temora, Australia Mount Kasi, Fiji

	Lebong Donok, Indonesia Wapolu, Papua New Guinea	Motombo, Indonesia Nena, Papua New Guines
--	--	--

Gambar dibawah ini merupakan gambaran umum dari sistem epitermal (Gambar 2.5).



Gambar 2.5 Sistem epitermal secara keseluruhan. [7]

2.5.3. Alterasi dan Mineralisasi

Alterasi hidrotermal merupakan suatu proses perubahan mineralogist atau kimia, baik warna, tekstur, bentuk, komposisi maupun kombinasi dari semuanya. Sedangkan (White & Hedenquist, 1991) mendefinisikan alterasi hidrotermal adalah perubahan mineralogy dan komposisi yang terjadi pada batuan ketika batuan berinteraksi dengan larutan hidrotermal. Ketika terjadi kontak batuan dengan larutan hidrotermal, maka terjadi perubahan mineralogy dan perubahan kima antara batuan dan larutan, di luar keseimbangan kimia kemudian larutan akan mencoba kembali membentuk kesetimbangan.

kontrol utama alterasi hidrotermal pada dinding batuan adalah: [8]

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.

faktor utama yang mempengaruhi proses alterasi hidrotermal yaitu, suhu, komposisi kimia larutan, konsentrasi larutan, komposisi batuan induk, lamanya aktivitas larutan dan permeabilitas.^[7]

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

1. Adanya larutan hidrotermal sebagai pembawa mineral.
2. Adanya celah batuan sebagai jalan bagi lewatnya larutan hidrotermal.
3. Adanya tempat bagi pengendapan mineral.
4. Terjadinya reaksi kimia yang dapat menyebabkan terjadinya pengendapan mineral.
5. Konsentrasi larutan yang cukup tinggi bagi terendapkannya kandungan mineral.

Terdapat empat kemungkinan asal mineral bijih dalam jebakan hidrotermal, yaitu .^[11]

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

Daerah permeabilitas tinggi, seperti zone sesar, tubuh breksiasi, serta litologi yang *porous* merupakan syarat dalam pembentuk tubuh bijih.^[10]

Zona alterasi berdasarkan temperatur dan jarak dari aliran fluida dibedakan dalam beberapa jenis alterasi diantaranya adalah :

1. Zona alterasi silifikasi

Zona alterasi ini dicirikan dengan kehadiran mineral dari kelompok silica yang stabil pada $\text{pH} > 2$. Kuarsa akan terbentuk pada suhu tinggi, seangkan pada suhu rendah ($< 100^\circ\text{C}$) akan terbentuk opal silica, kristobalit, tridimit dan *amorphous silica*. Pada suhu menengah ($100^\circ\text{C} -$

200°C) akan terbentuk kalsedon. Zona alterasi ini hadir secara local di pusat alterasi potasik, dimana suplai fluida maksimum. Akibat fluida suhu tinggi yang mendingin, fluida akan mengendapkan silika.^[7]

2. Zona alterasi propilitik

Alterasi propilitik dapat terbentuk pada temperature yang sama dengan alterasi fisik, tetapi telah mengalami sedikit metasomatisme baik karena fluida yang semakin cair dan atau karena batuan yang kurang *permeable*. Pada temperature rendah dicirikan oleh adanya klorit-klorit-aktinolit, sedangkan adanya aktinolit biasanya mencirikan zona propilitik.^[7] Sedangkan Lindgren (1922) menyebutkan bahwa alterasi jenis ini umumnya dikarakteristikkan oleh klorit, epidot, albit dan karbonat (kalsit, dolomite atau ankerit), sedikit serisit, pirit dan magnetit dapat hadir, dengan sedikit zeolit dan montmorilonit.

3. Zona alterasi argilik lanjut (Advanced argilik) dan serisit

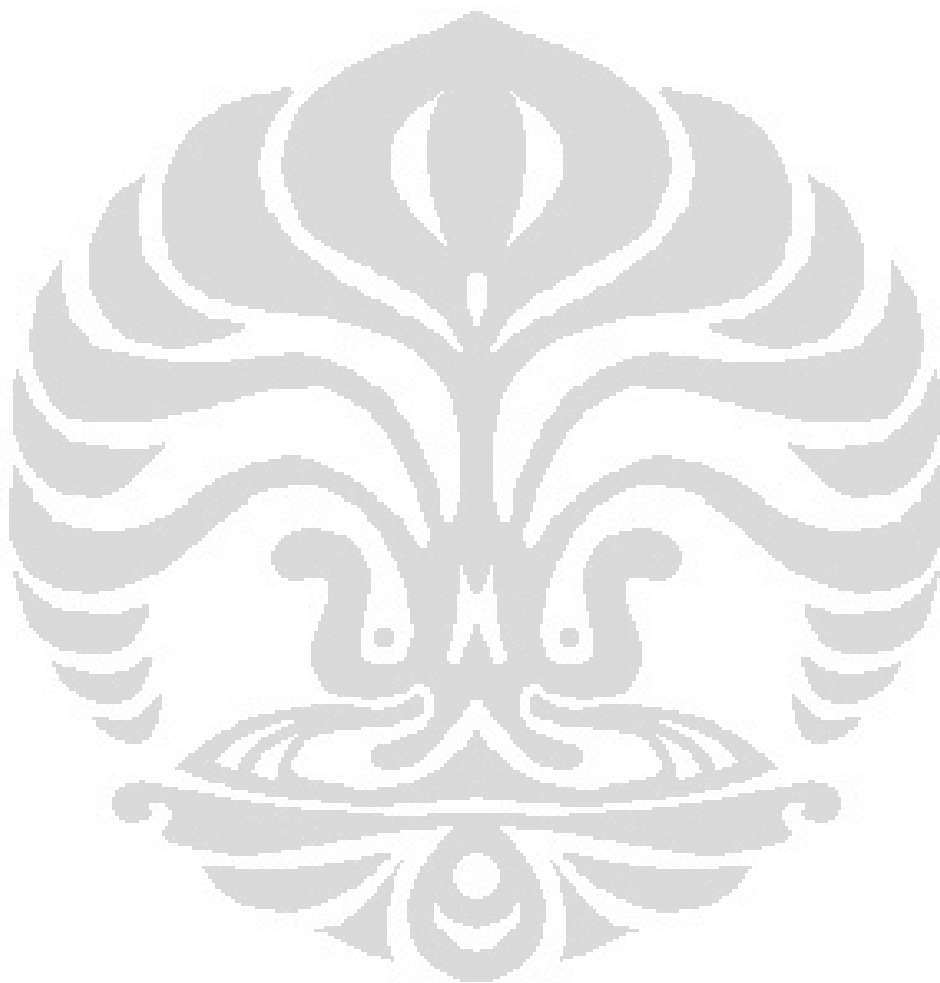
Alterasi ini terbentuk hasil dari pencucian alkalis dan kalsium dari fase alumina seperti feldspar dan mika, tetapi hanya hadir jika aluminium tidak bersifat *mobile*. Apabila aluminium bergerak lagi diikuti dengan bertambahnya serisit akan terjadi alterasi serisit. Alterasi argilik juga sangat sering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

4. Zona alterasi argilik

Alterasi argilik merupakan hasil reaksi antara larutan hypogen dengan batuan dinding yang diikuti dengan proses pencucian unsure kalsium yang ditunjukkan dengan hadirnya mineral lempung.^[8] Alterasi jenis ini menurut Corbett & Leach (1995) dicirikan dengan anggota dari kaolin (haloisit, kaolinit, dan dikit) dan ilit (smektit, interlayer illit-smectit, illit) serta asosiasi kumpulan mineral transisi yang terbentuk pada pH menengah dan suhu rendah. Kelomok mineral dari temperature rendah transisi, yaitu kelompok klorit-illit juga dapat ditemukan.

Universitas Indonesia

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa masing-masing zona alterasi dicirikan oleh variasi mineral yang umumnya ditemukan pada masing-masing zona tersebut.



BAB III

AKUISISI DATA DI LAPANGAN

3.1 Akuisisi Data Metode CSAMT

Dalam penelitian yang penulis lakukan yaitu menggunakan metode CSAMT dengan konfigurasi *scalar* menggunakan *multiple Ex* dan *single Hy*. Digunakannya *multiple Ex* bertujuan untuk menghemat waktu pengukuran sehingga dalam satu kali pengukuran didapatkan beberapa nilai medan listrik pada setiap medan magnet. Yang kemudian hasil pengukuran medan magnet digunakan untuk normalisasi setiap medan listrik pada perhitungan *Cagniard Resistivity*^[1]. Pada pengukuran ini penulis hanya menggunakan *single Hy* dikarenakan nilai variasi medan magnet daerah sepanjang line pengukuran relatif *smooth*.

Panjang *transmitter* yang digunakan dalam akuisisi data lapangan yang digunakan adalah 900 meter, penggunaan panjang bentangan *transmitter* sepanjang 900 meter ini bertujuan agar *coverage area* yang ingin diteliti dapat tercapai. Sedangkan jarak *transmitter* ke *receiver (line-1/TG0)* pada pengukuran ini adalah 5 kilo-meter, penggunaan jarak tersebut bertujuan untuk melokasikan pengukuran pada zona jauh dari sumber yang dimaksudkan untuk *meminimize* adanya efek sumber yang timbul akibat jarak antar *transmitter* dan *receiver* yang cukup dekat.

Pada *coverage area* tersebut penulis membagi pengukuran menjadi empat *line* pengukuran. Adapun panjang dari setiap *line*, besar *range* frekuensi yang digunakan serta banyaknya *sounding* dalam satu *line* diperlihatkan pada tabel dibawah ini (Tabel 3.1). Penamaan setiap *line* dilakukan hanya untuk mempermudah membedakan setiap *line* dalam pengukuran. Penamaan pada penelitian yang penulis lakukan diberi nama dengan TG0, TG1, TG2, dan TG3. Jarak antar setiap *line* tersebut adalah 100 meter.

Pada pengukuran metode CSAMT, parameter yang terukur pada *receiver* adalah medan magnet dan medan listrik, sedangkan parameter yang ingin dicari adalah nilai resistivitas di bawah permukaan. Yang mana nilai resistivitas di bawah permukaan tersebut didapatkan dari hasil perhitungan matematik yaitu *Cagniard Resistivity*.

Tabel 3.1 Informasi *Set-Up* Pengukuran

Line	Panjang line	Jarak antar channel	Range frekuensi	Banyak sounding
TG0	375 m	25 m	2 Hz – 7680 Hz	12
TG1	425 m	25 m	1,333 Hz – 9600 Hz	17
TG2	525 m	25 m	1,333Hz – 9600Hz	21
TG3	400 m	25 m	2 Hz – 7680 Hz	15

3.1.1 Peralatan Lapangan

Pada prinsipnya metode CSAMT merupakan generasi lanjutan dari metode MT. oleh sebab itu teknik pengukuran yang dilakukan tidak jauh berbeda, yang menjadi perbedaan yang mendasar dari kedua metode ini adalah pada metode CSAMT menggunakan sumber buatan berupa arus listrik AC sedangkan pada metode MT menggunakan sumber alami yang berasal dari alam yaitu *ionosphere*. Hal itulah yang menyebabkan metode CSAMT lebih mudah dalam hal akuisisi data karena pada metode CSAMT dapat dengan mudah mengatur dan mengubah nilai frekuensi yang ingin digunakan saat pengukuran. Pada metode CSAMT ini digunakan sumber arus listrik AC, tujuannya agar didapatkannya tegangan yang berubah terhadap waktu, sehingga menyebabkan adanya radiasi elektro magnetic, yang untuk selanjutnya radiasi elektromagnetik tersebut akan menjalar ke bawah permukaan. Apabila elektro magnetic tersebut mengenai bidang konduktif maka akan menghasilkan medan sekunder, hal ini terjadi karena adanya arus balik yang biasa disebut dengan *Eddy Current*. Karena arahnya yang berlawanan dengan arah medan yang sebenarnya sehingga menyebabkan adanya peluruhan pada elektro magnetic tersebut sehingga dihasilkannya medan sekunder. Yang untuk selanjutnya nilai medan sekunder tersebut yang akan terukur pada saat pengambilan data yaitu ditangkap oleh electrode dan sensor magnetic. Dimana

Universitas Indonesia

yang terukur pada sensor magnet adalah medan magnet sekunder dan yang terukur pada porous pot sebagai electrode adalah medan listrik sekunder.

Dalam proses akuisisi data, penulis memerlukan beberapa jenis *instrument*, adapun macam dari *instrument* yang digunakan pada akuisisi data CSAMT adalah sebagai berikut :

1. Satu unit sumber daya

Pada akuisisi data CSAMT yang dilakukan oleh penulis, sumber daya yang digunakan sebagai sumber arus adalah *Gen-Set* (Yanmar). Berbahan bakar solar, dengan jenis arus AC yang memiliki keluaran arus *maximum* hingga 20 Ampere, dan besar dari nilai frekuensi 50 Hz atau 60 Hz , serta memiliki nilai tegangan 220 Volt. Namun pada proses akuisisi data CSAMT yang penulis lakukan yaitu menggunakan spesifikasi sumber daya arus AC dengan nilai arus keluaran yang digunakan sebesar 12 Ampere serta besar nilai frekuensi sebesar 60 Hz. Adapun gambar dari *gen-Set* tersebut diperlihatkan pada gambar di bawah ini (Gambar 3.1).



Gambar 3.1 *Gen-set*

2. Satu unit *Transmitter*

Transmitter yang digunakan pada saat akuisisi data CSAMT terdiri dari satu unit box TXU-30 serta satu unit box *current controller*. Box TXU-30 berfungsi untuk menyimpan data yang telah dirancang sebelumnya serta sebagai pemancar arus listrik AC. Sedangkan box *current controller* berfungsi sebagai pengatur arus dan frekuensi yang

ingin digunakan secara otomatis. Pada *transmitter* ini dilengkapi dengan GPS untuk menyamakan waktu dengan *receiver* pada saat pengukuran.



Gambar 3.2 *Transmitter* dan *Source Controller*

3. Dua unit *Receiver*

Pada proses akuisisi data CSAMT yang penulis lakukan menggunakan dua unit *receiver* yang terdiri dari satu unit V8 box dan satu unit *Auxalary box*. Yang mana pada setiap masing-masing box dilengkapi dengan satu unit GPS dan wireless yang kegunaannya akan dijelaskan selanjutnya. V8 box berfungsi sebagai alat penerima sinyal dalam hal ini medan listrik dan medan magnet yang dapat dilihat pada *display* V8 box sebagai kurva *apparent resistivity* versus frekuensi. Sedangkan *auxalary box* berguna sebagai tambahan alat untuk memperbanyak nilai *sounding* yang dapat terukur pada satu kali pengukuran. Pada *auxalary box* penulis tidak dapat melihat display seperti yang terlihat pada V8 box serta tidak dapat pula mengatur design frekuensi dan arus yang ingin digunakan karena *auxalary box* telah secara otomatis diatur oleh V8 box.



Gambar 3.3 *Receiver (V8)*

4. Tiga unit *Flash-Card*

Pada akuisisi data, penulis membutuhkan 3 unit *flash-card*, *flash card* tersebut berguna untuk menyimpan design pengukuran dari frekuensi dan arus yang akan digunakan saat pengukuran, sehingga pada saat pengukuran akan bekerja secara otomatis tanpa harus mengontrol secara *manual* berapa frekuensi dan arus yang ingin digunakan. Ketiga *flash-card* tersebut dimasukkan masing-masing kedalam TXU-30, V8 box, serta *Auxalary box*.



Gambar 3.4 *Flash Card*

5. Tiga unit GPS dan dua unit *wireless*

Digunakannya GPS pada proses akuisisi data CSAMT adalah untuk sinkronisasi waktu antara masing-masing alat yaitu *receiver* dan *transmitter* yang dipisahkan pada jarak yang cukup jauh, hal ini dikarenakan oleh cara kerja *instrument* yang bekerja secara otomatis sesuai dengan design frekuensi dan arus yang ingin digunakan, sehingga penulis harus mencocokkan waktu kerja antara transmitter dan receiver agar tidak ada beda waktu antara keduanya.

Sedangkan digunakannya *wireless* pada proses akuisisi data adalah untuk menghubungkan system V8 box dengan sistem *Auxalary box*, ini dikarenakan sistem pengaturan hanya diatur pada V8 box sedangkan *auxalary box* hanya mengikuti pengaturan yang telah dibuat oleh V8 box.



Gambar 3.5 GPS

6. Accu

Accumulator berfungsi sebagai sumber daya pada receiver ketika melakukan pengambilan data. Accumulator yang digunakan pada pengukuran data CSAMT yang penulis lakukan sebanyak dua unit yang digunakan masing-masing untuk auxiliary box dan V8.



Gambar 3.6 Accumulator

7. Satu unit Sensor Magnetik

Sensor magnetic yang biasa disebut dengan coil magnetic ini berisi kumparan kawat yang sangat rapat. Pada umumnya berguna untuk mengukur medan magnetic yang merupakan salah satu komponen dari medan gelombang elektromagnetik.

Adanya perbedaan flux magnetik pada suatu lintasan akan menyebabkan adanya ggl induksi, ggl induksi tersebut akan menimbulkan arus induksi yang disebut juga sebagai fenomena induksi magnetik. Besarnya perubahan flux magnetik tersebut akan ditangkap oleh *coil* sehingga terbentuk arus induksi yang kemudian direkam pada alat CSAMT. *Coil* ini dapat menangkap gelombang magnetik yang memiliki frekuensi pada 400 Hz – 0.0002 Hz (Phoenix, 2008).



Gambar 3.7 Sensor Magnetik

8. Delapan unit Porouspot

Pada pengukuran data CSAMT yang penulis lakukan, menggunakan delapan porouspot. Porous pot atau yang biasa disebut dengan sensor elektrik merupakan pengganti elektroda yang berguna untuk mengukur beda potensial (ΔV) antara dua porous pot tersebut yang dipisahkan pada jarak tertentu yang merupakan respon dari batuan yang dialiri medan elektromagnetik, untuk selanjutnya kita dapat mengetahui nilai medan listrik. Alat ini digunakan karena kemampuannya dalam menerima tegangan dari bumi jauh lebih sensitive dibandingkan dengan besi elektroda yang umumnya banyak digunakan sebagai injeksi arus.

Porouspot ini berisi elektroda, larutan kimia yang konduktif serta keramik sebagai pelapis bagian bawah dari porous pot tersebut. Larutan konduktif yang digunakan pada porous pot umumnya adalah larutan kima yang sesuai dengan bahan logam yang digunakan oleh porous pot tersebut. Seperti contoh bila menggunakan logam Pb maka larutan kima yang harus digunakan adalah $PbCl_2$, dan jika menggunakan logam Cu maka larutan yang harus digunakan adalah $CuSO_4$. Hal ini bertujuan untuk mencegah terjadinya polarisasi serta adanya arus elektrokimia.



Gambar 3.8 Porous-pot

9. Lima unit roll kabel @ 300m

Dibutuhkan sebanyak lima unit roll kabel yang masing-masing panjangnya 300 meter pada pengukuran data CSAMT yang penulis lakukan. Kabel tersebut digunakan untuk bentangan transmitter sejauh 900 meter serta untuk keperluan pada receiver.



Gambar 3.9 Roll Kabel

3.1.2 Prosedur dan Teknis Pengukuran data CSAMT

Untuk memperoleh data yang baik dan memiliki tingkat resolusi yang tinggi, sehingga dapat digunakan dalam proses interpretasi lanjutan ada beberapa hal yang harus diperhatikan sebelum melakukan pengukuran data CSAMT, yaitu :

- **Jarak spasi antar sounding/channel**

Pada penelitian ini jarak spasi yang digunakan antar channel adalah 25 meter. Hal ini bertujuan agar anomali yang dapat terdeteksi tidak hanya berasal dari anomali benda yang berdimensi besar tetapi juga diharapkan dapat mendeteksi anomali benda yang berdimensi kecil. Dikarenakan pada umumnya emas mengurat dengan ukuran yang relatif kecil dibandingkan sekitarnya. Sehingga akan mempersulit dalam pendeteksian apabila digunakan jarak spasi antar sounding yang besar.

- **Jarak spasi antar lintasan**

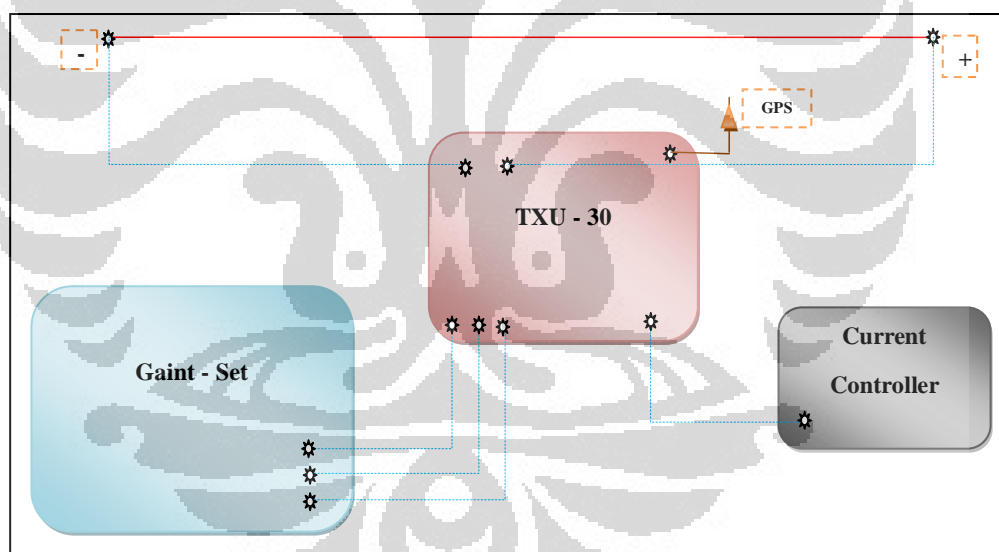
Pada eksplorasi di daerah "X" yang penulis lakukan jarak spasi antar lintasan ini disesuaikan dengan data geologi yang diperoleh dari survey geologi. Dimana lintasan ini harus memotong zona urat (vein) yang diperkirakan. Ini bertujuan agar dapat memetakan keberadaan vein tersebut.

Adapun prosedur teknis pengukuran di lapangan yang penulis lakukan dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu : prosedur teknis pengukuran pada transmitter dan prosedur teknis pada receiver.

a. Prosedur Teknis Pengukuran Data CSAMT pada Transmitter

Hal pertama yang harus dilakukan adalah menyusun *Gen-Set*, bentangan kabel, elektroda, RXU-30, serta *source controller*. Seperti ditunjukkan pada gambar dibawah ini (Gambar 3.10).

Gen-set sebagai sumber arus AC disambungkan dengan TXU-30, sambungan dari kabel tersebut tidak boleh terbalik satu sama lain. TXU-30 merupakan alat penghubung antara GPS dan elektroda serta sebagai tempat penyimpanan data dari desain arus yang ingin digunakan sedangkan arus yang akan digunakan dalam pengukuran dikendalikan oleh *current controller*. Adapun prosedur dari pemasangan elektroda digambarkan sebagai berikut (Gambar 3.11).



Gambar 3.10 Skema Penyusunan Alat Pada transmitter



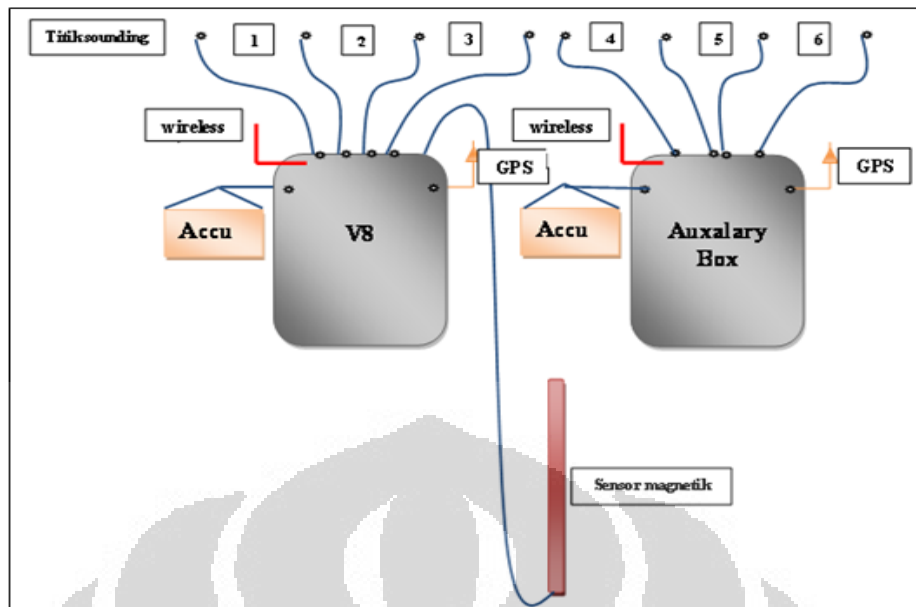
Gambar 3.11 Prosedur Pemasangan Elektroda

Pemasangan elektroda yang penulis lakukan terdiri dari empat lapisan larutan konduktif yang dibatasi oleh aluminium foil dengan ukuran kurang lebih 1 meter kali 1 meter, larutan konduktif yang dimaksud disini merupakan bubuk tanah yang diaduk bersama larutan garam. Setelah itu barulah ditancapkan empat elektroda yang kemudian akan dihubungkan dengan RXU-30. Dan untuk selanjutnya akan diinjeksikan arus melalui elektroda tersebut. Panjang dari bentangan elektroda tersebut adalah 900 meter.

Setelah semua alat yang digunakan pada transmitter terpasang, barulah gen-set dinyalakan yang mana arus keluaran dari gen-set diatur melalui arus controller. Semakin besar arus maka jangkauan semakin jauh begitupun sebaliknya. Dan juga semakin besar frekuensi maka jangkauan semakin dekat dan begitupun sebaliknya.

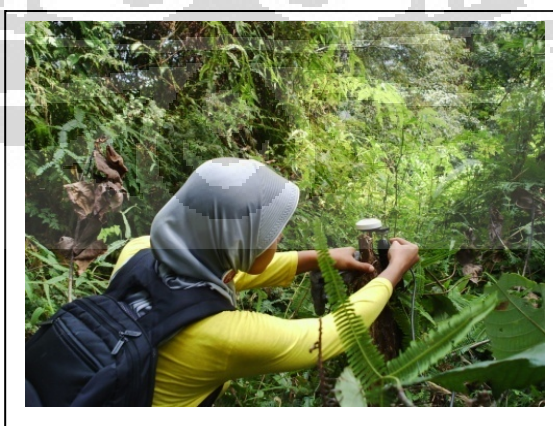
b. Prosedur Teknis Pengukuran Data CSAMT pada Receiver

Hal pertama yang harus dilakukan adalah menyusun V8, auxiliary box, accu, porous pot, serta sensor magnetik seperti pada gambar di bawah ini (Gambar 3.12).



Gambar 3.12 Skema Penyusunan Alat Pada Receiver

Sebagai sumber daya untuk receiver digunakan accu sebanyak dua unit yang dipasang pada masing-masing transmitter yaitu V8 dan auxalary box. Setiap transmitter dilengkapi dengan GPS dan wireless. Wireless pada pengukuran ini berguna sebagai penghubung antar V8 dan Auxalary Box, sedangkan GPS berguna untuk sinkronisasi waktu antara receiver dan transmitter pada saat pengukuran agar tidak terjadi adanya miss waktu antar keduanya. Seperti terlihat pada gambar di bawah ini (Gambar 3.13).



Gambar 3.13 Prosedur Pemasangan GPS

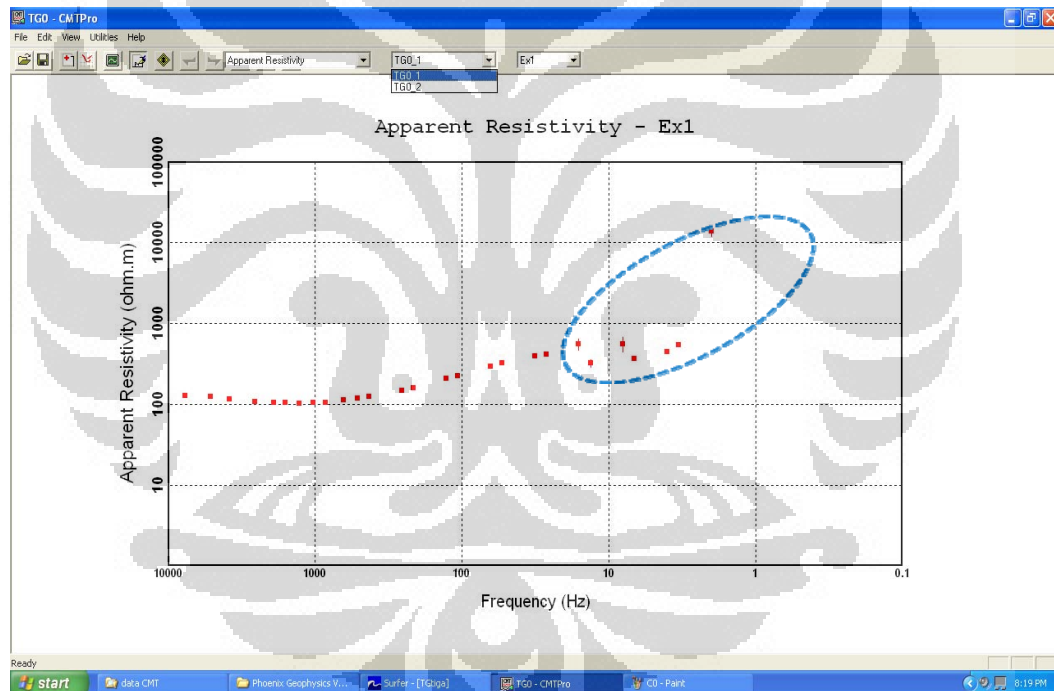
Hal terpenting lainnya adalah pada saat pemasangan sensor magnetik, kabel dari penyusunan alat sensor magnetic dianjurkan agar tidak saling menindih ataupun bersilangan dengan kabel yang digunakan pada porous pot, karena ditakutkan akan menimbulkan noise yang tidak diinginkan dari bentangan kabel yang saling bersentuhan tersebut. Selain itu untuk menghindari noise yang ditimbulkan dari factor luar maka penulis mengubur sensor magnetic tersebut sedalam kurang lebih 10 centi-meter.

Setelah semua alat pada receiver terpasang, selanjutnya komunikasi dengan crew yang berada pada transmitter untuk segera memulai pengukuran. Tujuan dari komunikasi dengan crew transmitter, agar pada saat melakukan pengukuran masing-masing transmitter dan receiver menggunakan design arus dan frekuensi yang sama.

Kemudian setelah itu, memulai dilakukan pengukuran. Pengukuran disini bersifat otomatis sehingga pada saat pengambilan data semuanya berjalan secara otomatis. setelah pengambilan data pertama selesai dilanjutkan pada lintasan selanjutnya dengan prosedur kerja yang sama hingga semua daerah yang ingin diukur telah terukur semua.

BAB IV PEMROSESAN DAN INTERPRETASI DATA

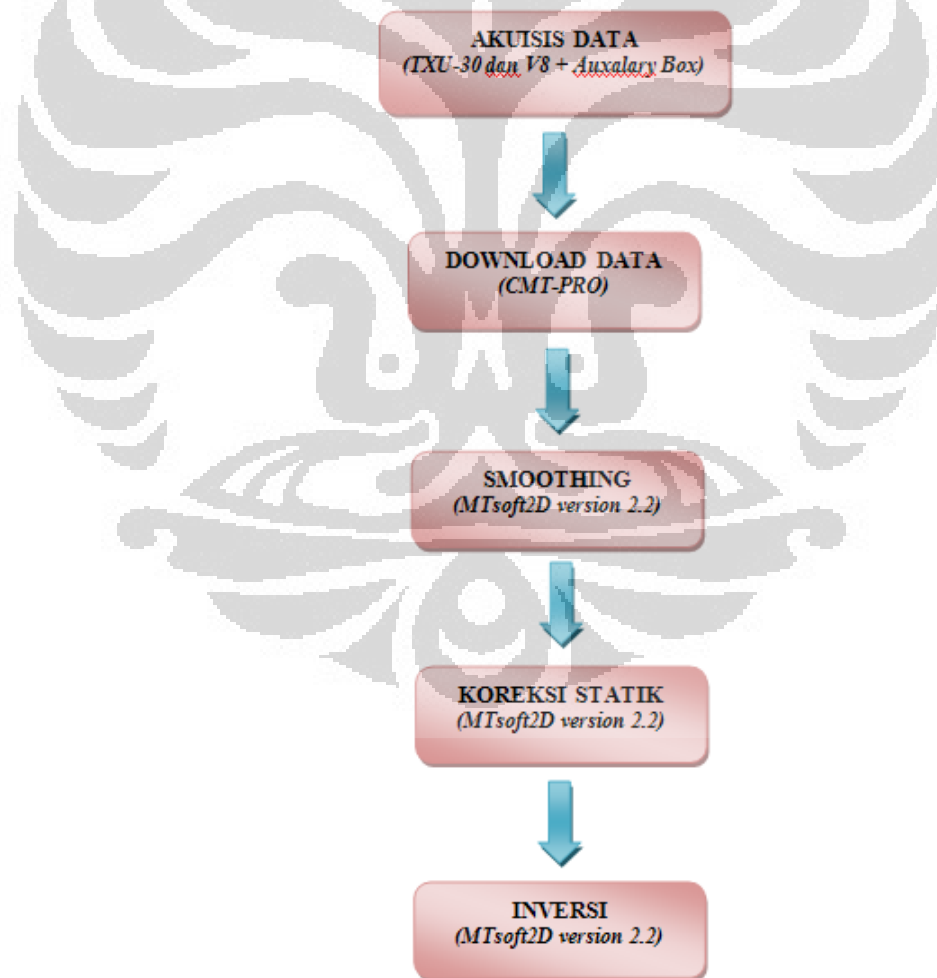
Pengukuran metode CSAMT secara umum berupa hasil sounding yang memperlihatkan hubungan antara sinyal frekuensi dan resistivitas semu suatu nilai matematis yang diturunkan dari variasi medan magnet dan medan listrik. Adapun salah satu contoh kurva tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah ini. Terlihat bahwa pada data yang telah didapatkan dari hasil akuisisi di lapangan memiliki masalah seperti adanya penyimpangan kurva yaitu berubahnya trend kurva data. Seperti terlihat pada gambar salah contoh data hasil pengukuran dibawah ini (Gambar 4.1). Penyimpangan tren data tersebut ditandai dengan garis putus-putus berwarna biru.



Gambar 4.1 Salah Satu contoh Data Hasil Pengukuran

Penyimpangan trend tersebut pada umumnya bukan karena adanya anomaly melainkan karena adanya peranan noise yang kemungkinan berasal karena pengaruh zona pengukuran yang masih berada pada zona near-field yaitu zona dimana jarak antara transmitter dan receiver sangat dekat sehingga dapat mempengaruhi data CSAMT tersebut. Jika hal ini tidak dihilangkan akan

mempengaruhi pada tahapan selanjutnya yaitu tahapan interpretasi. Oleh sebab itu pada data CSAMT yang didapat dari hasil pengukuran harus dilakukan tahapan pemrosesan data dan untuk selanjutnya dilakukan pemodelan untuk mendapatkan gambaran umum kondisi bawah permukaan dari daerah penelitian. Namun sebelum masuk kedalam proses pengolahan data penulis melakukan pemilihan data, yaitu data mana yang sebaiknya dihilangkan dan data mana yang sebaiknya tetap digunakan. Pensortiran dilakukan dengan cara melihat hasil stacking dari setiap titik data. Apabila stacking data tersebut sangat acak sehingga susah untuk dapat dipercaya, sebaiknya data tersebut dihilangkan saja agar tidak menjadi noise akhirnya. Setelah pensortiran selesai selanjutnya barulah dilakukan proses pengolahan data yang mana proses dari pengolahan data tersebut ditampilkan pada gambar diagram berikut (Gambar 4.2) .



Gambar 4.2 Alur Pemrosesan Data

4.1 Data CSAMT

Data CSAMT hasil pengukuran dapat ditampilkan dengan menggunakan software CMT-pro, penampilannya berupa kurva sounding, kurva sounding tersebut dapat menampilkan kurva dalam bentuk nilai apparent resistivity dalam satu site. Pada penelitian yang penulis lakukan didapatkan data sebanyak 4 line. Pada line pertama diberi nama TG0 terdiri dari 12 titik sounding. Pada line kedua diberi nama TG1 terdiri dari 17 titik sounding. Pada line ketiga diberi nama TG2 terdiri dari 21 titik sounding. Pada line yang terakhir yaitu line keempat diberi nama dengan TG3 terdiri dari 15 titik sounding. Jarak antar titik sounding setiap site adalah 25 meter kearah timur sedangkan jarak antara line adalah 100 meter kearah utara.

4.2 Pemrosesan Data

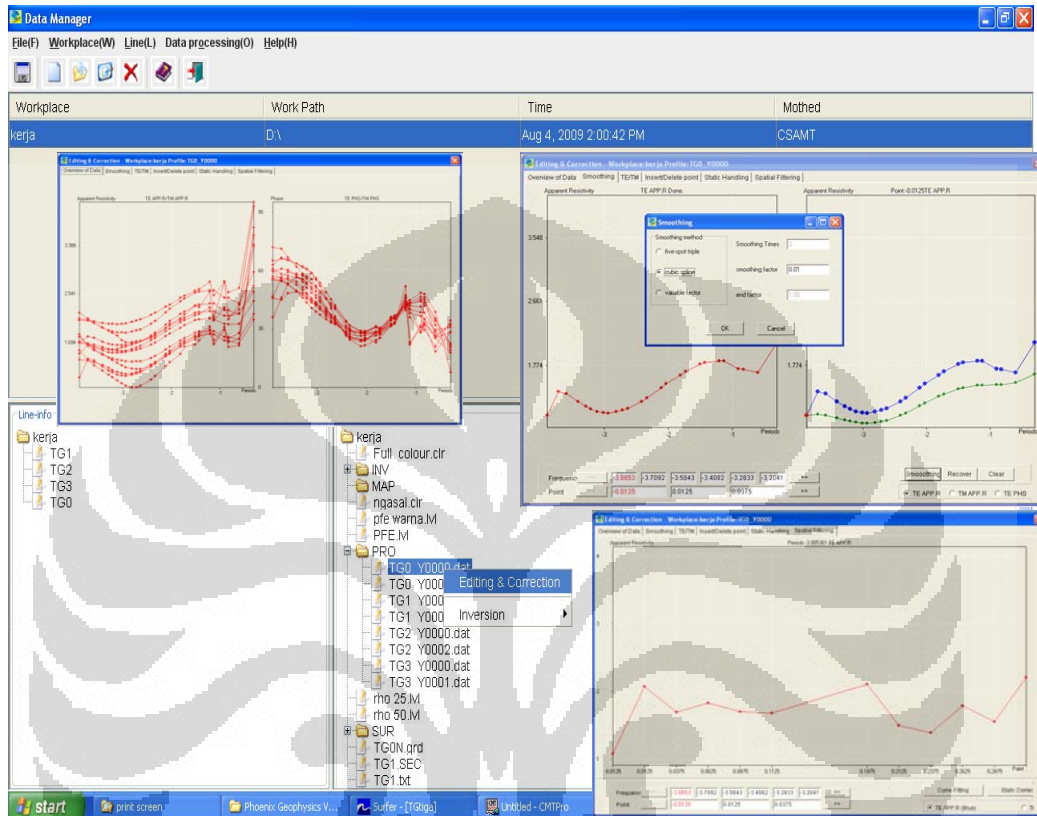
Pada penelitian ini, data yang dimiliki oleh penulis merupakan data yang telah tergabung menjadi satu line pengukuran. Oleh sebab itu penulis tidak perlu menggabungkan data setiap site menjadi satu line pengukuran. Pemrosesan data ini dimulai dengan memasukkan data line dari software CMT-Pro yang kemudian disimpan pada workplace yang telah dibuat sebelumnya.

Setelah data line pengukuran dimasukkan, hal selanjutnya adalah melakukan *editing and correction* data. Adapun tahapannya dapat dilihat pada gambar di bawah ini (Gambar 4.3).

Tahapan *editing and correction* yang penulis lakukan pada proses interpretasi ini terbagi atas beberapa proses, yaitu: tahapan *smoothing* dan tahapan *spatial filtering* (koreksi statistik). Dilakukannya *smoothing* bertujuan untuk menekan gangguan (*noise*) pada citra atau mengurangi (*suppress*) nilai frekuensi tinggi yang mengakibatkan adanya gangguan berupa penyimpangan data. Gangguan-gangguan ini biasanya muncul akibat dari saluran transmisi (pada pengiriman data) yang tidak bekerja dengan baik. Prinsip dari *smoothing* yaitu melakukan penekanan pada komponen yang berfrekuensi tinggi dan meloloskan komponen yang berfrekuensi rendah. Metode *smoothing* yang digunakan pada tahapan *smoothing* ini adalah metode *cubic spline*. Penulis menggunakan metode ini karena *Spline* adalah salah satu jenis *piecewise* polinomial, yaitu polinomial

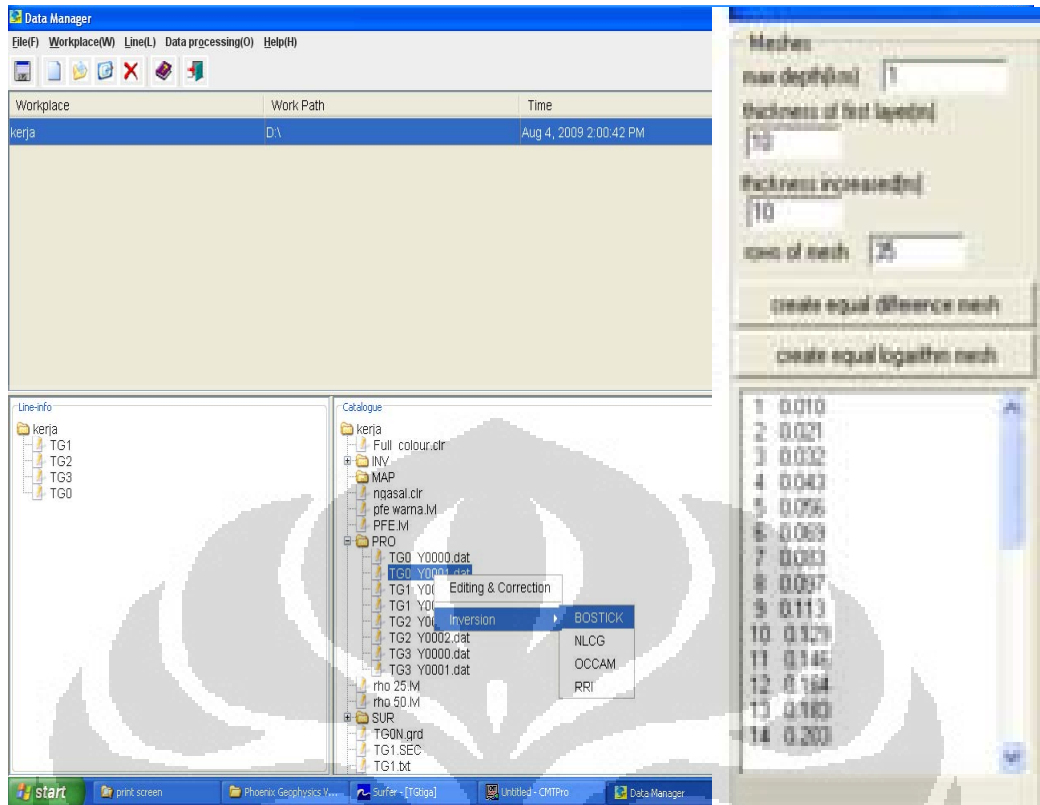
Universitas Indonesia

yang memiliki sifat tersegmen. Sifat tersegmen ini memberikan fleksibilitas lebih dari polinomial biasa, sehingga memungkinkan untuk menyesuaikan diri secara lebih efektif terhadap karakteristik lokal suatu fungsi atau data.^[12] Selanjutnya melakukan proses spatial filtering.



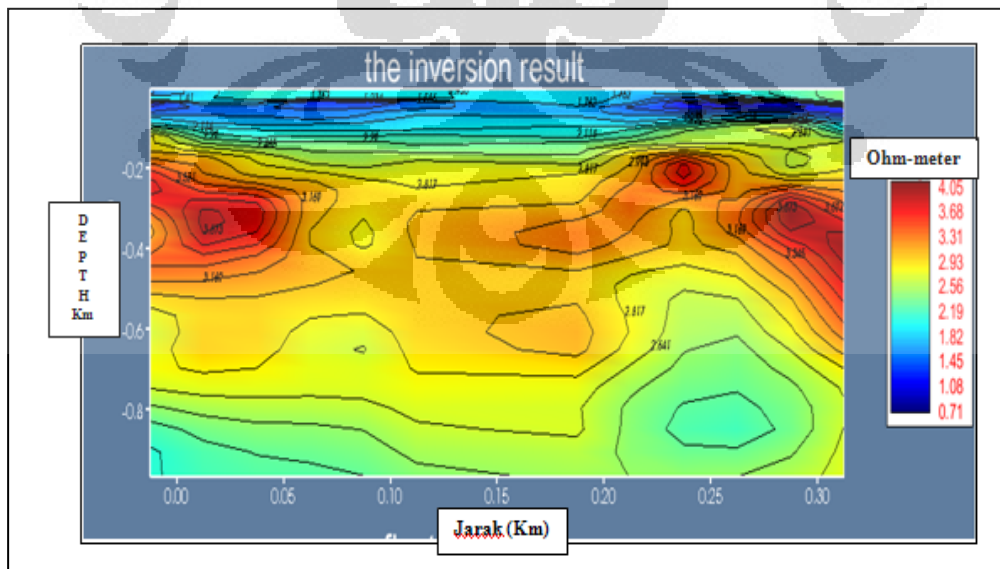
Gambar 4.3 Tahapan *Editing and Correction*

Tahapan selanjutnya adalah tahapan inversi. Adapun proses dari inverse dapat dilihat pada gambar dibawah ini (Gambar 4.4). Proses inversi yang dilakukan oleh penulis adalah dengan menentukan batas maksimum kedalaman yang diinginkan ketika dilakukan inverse, dalam hal ini penulis menginginkan proses inverse hingga batas maximum kedalaman 1 km. dan selanjutnya proses inverse dilakukan. Hasil dari proses inverse ini adalah didapatkannya fungsi kedalaman. Dimana fungsi kedalaman ini berguna untuk melokalisir letak dari objek yang ingin dicari.



Gambar 4.4 Proses Tahapan Inversi

Berikut merupakan salah satu contoh hasil inverse pada line 1 yaitu line TG0 (Gambar 4.5).



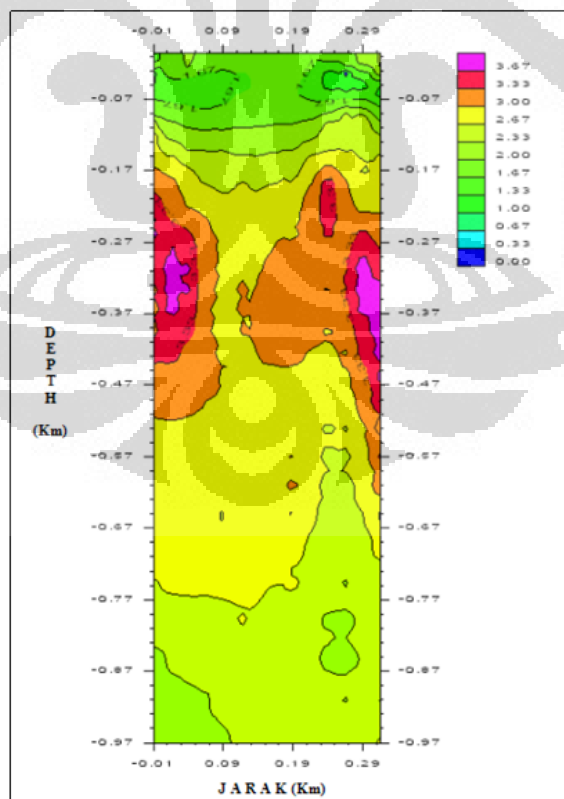
Gambar 4.5 Contoh Salah Satu Hasil Inversi

4.3 Interpretasi Data CSAMT

Setelah melakukan proses pengolahan data, selanjutnya dilanjutkan dengan proses interpretasi yang mana proses interpretasi ini merupakan interpretasi nilai resistivitas di bawah permukaan pada setiap line dengan menampilkan hasil dari pemrosesan dari masing-masing line. Adapun hasil pemrosesan data selanjutnya akan diinterpretasikan satu persatu dibawah ini.

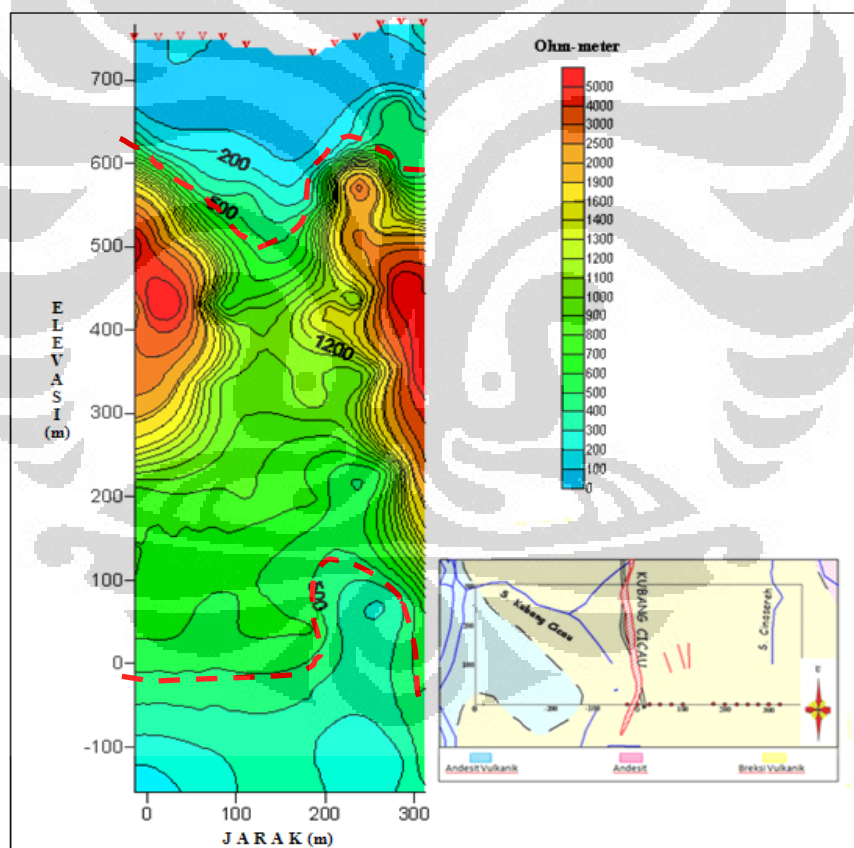
4.3.1 Line I (TG-0)

Pada gambar di bawah ini (Gambar 4.6) merupakan hasil inverse pada line I (TG-0), gambar tersebut memperlihatkan nilai resistivitas dalam bentuk log pada suatu batuan di bawah permukaan di line pengukuran yaitu TG-0 dalam fungsi jarak dan kedalaman. Terlihat bahwa terdapat adanya anomaly yang mempunyai nilai resistivitas yang tinggi, sehingga kontras dengan nilai resistivitas di sekitarnya. Nilai resistivitas yang kontras tersebut terbagi menjadi dua sisi dan terpisah sejauh kurang lebih 200 meter yaitu pada jarak antara 80 meter – 280 meter pada sumbu-x.



Gambar 4.6 Hasil Inversi Line I

Selanjutnya penulis melakukan pengkonturan ulang hasil inverse resistivitas pada line TG-0 dengan memasukkan nilai topografi dan mengubah data resistivitas yang berbentuk logaritma menjadi nilai dengan angka biasa dengan tujuan untuk mempermudah dalam menganalisa. Adapun hasilnya ditunjukkan pada gambar dibawah ini (Gambar 4.7). Berdasarkan kontur resistivitas pada line TG-0 ini, dapat dilihat bahwa terdapat adanya dua anomaly yang relatif tinggi pada dua sisi bagian kontur, hal ini sama seperti yang terlihat pada hasil inverse line ini. Yaitu berada pada elevasi sekitar 620 meter dari mean sea level. Dengan nilai resistivitas sekitar > 500 Ohm-meter, pada gambar dibawah ini ditandai dengan warna merah-kuning. Dan dikelilingi oleh resistivitas yang relatif rendah yaitu sekitar < 500 Ohm-meter. Resistivitas yang relatif rendah ini ditandai dengan pengkonturan yang diberi warna hijau-biru.

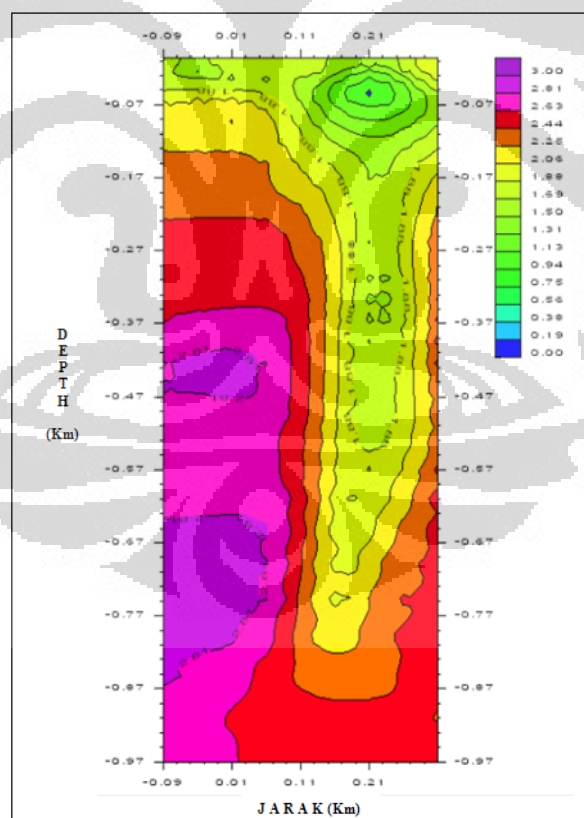


Gambar 4.7 Hasil Pengkonturan Nilai Resistivitas Line I dengan Menggunakan Sufer

Kemungkinan dari terpisahnya dua anomaly dengan resistivitas tinggi ini adalah adanya struktur sehingga terlihat pada kontur penyebaran resistivitas ini anomaly dengan nilai resistivitas tinggi tersebut seperti patah. Namun penulis masih belum yakin benar, hal ini dikarenakan kurangnya data pendukung yang dapat digunakan untuk memastikan benar atau tidaknya hasil interpretasi penulis.

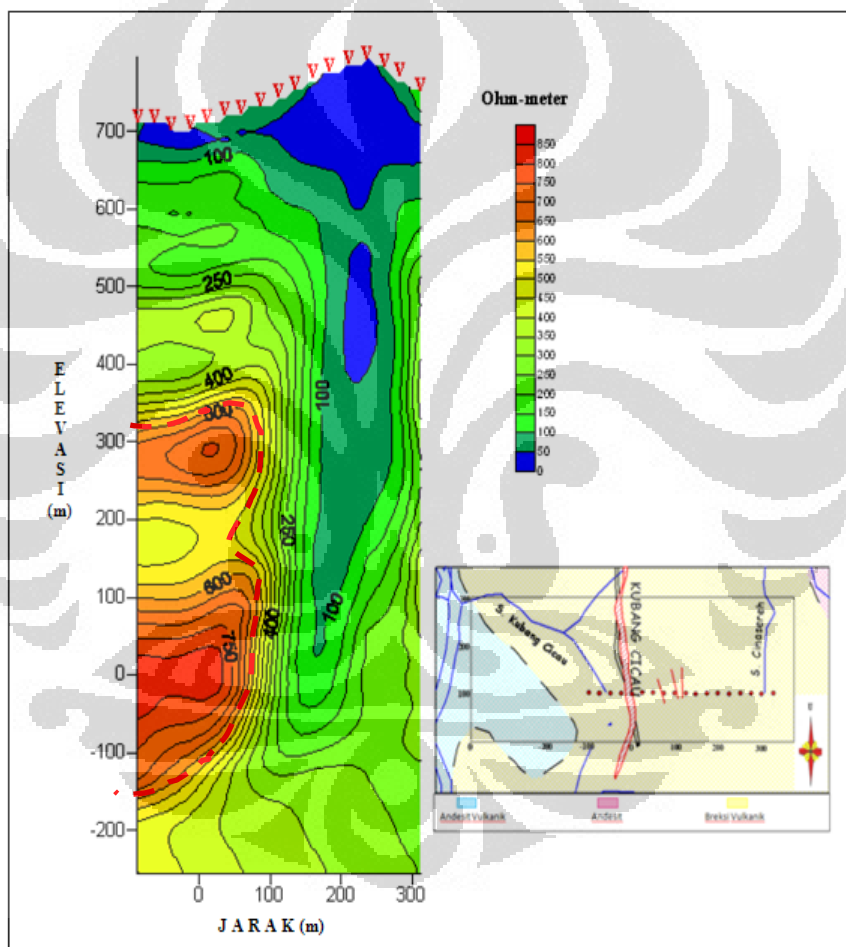
4.3.2 Line II (TG-1)

Pada gambar di bawah ini (Gambar 4.8) merupakan hasil inverse pada line II (TG-1), sama seperti line-1, gambar ini juga memperlihatkan nilai resistivitas suatu batuan di bawah permukaan pada line pengukuran yaitu TG-1 dalam fungsi jarak dan kedalaman. Terlihat bahwa terdapat adanya anomaly yang mempunyai nilai resistivitas yang tinggi, sehingga kontras dengan nilai resistivitas di sekitarnya. Sama seperti line sebelumnya hasil dari inverse memberikan nilai resistivitas batuan masih dalam bentuk matematik logaritma.



Gambar 4.8 Hasil Inversi Line II

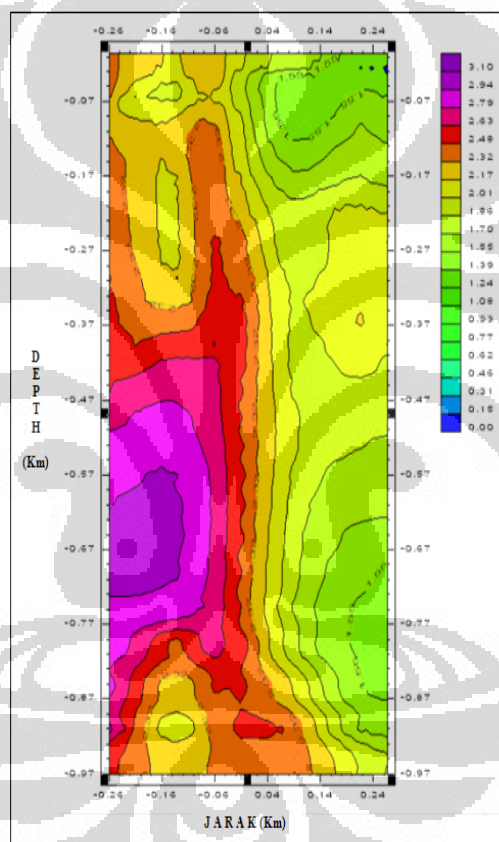
Oleh sebab itu pada line ini juga dilakukan pengkonturan ulang dengan menggunakan software yang bernama surfer. Adapun hasil pengkonturan ulang tersebut diperlihatkan pada gambar 4.9. Berdasarkan kontur resistivitas pada line TG-1 ini, dapat dilihat bahwa terdapat adanya anomaly yang relatif tinggi yang berada pada elevasi 350 meter dari mean sea level. Adapun nilai resistivitas yang didapat dari line-2 ini tidak setinggi seperti yang didapatkan pada line sebelumnya yaitu yaitu line-1 (TG-0) yaitu hanya sebesar 500 – 800 Ohm-meter saja. Dan anomaly dari nilai resistivitas yang relatif tinggi ini ditandai dengan warna kontur orange-kuning.



Gambar 4.9 Hasil Pengkonturan Nilai Resistivitas Line II dengan Menggunakan Sufer

4.3.3 Line III (TG-2)

Sama seperti line sebelumnya pada gambar di bawah ini (Gambar 4.10) merupakan hasil inverse pada line III (TG-2), gambar tersebut memperlihatkan nilai resistivitas suatu batuan di bawah permukaan pada line pengukuran yaitu TG-2 dalam fungsi jarak dan kedalaman. Terlihat bahwa terdapat adanya anomaly yang mempunyai nilai resistivitas yang tinggi dalam brntuk log, yang untuk selanjutnya dilakukan pengkonturan ulang dengan menggunakan suatu software yang bernama surfer. Adapun kontur hasil pengkonturan ulang tersebut ditunjukkan pada gambar 4.11.

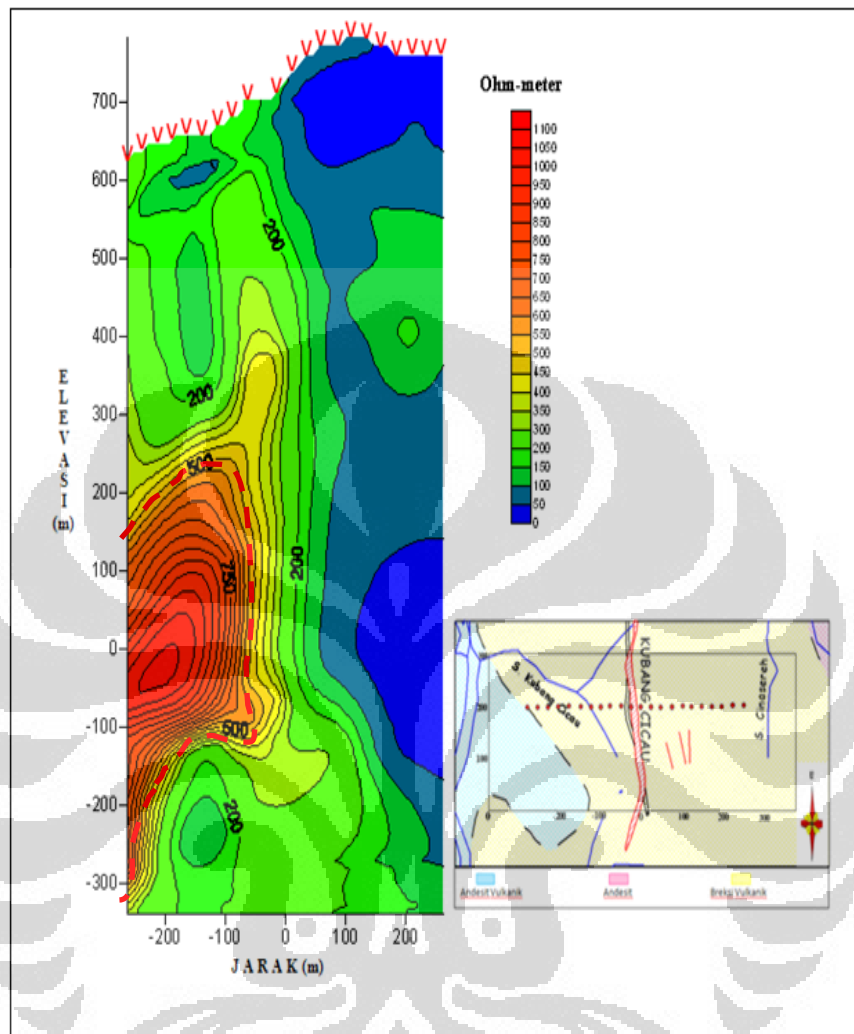


Gambar 4.10 Hasil Inversi Line III

Pada gambar 4.11 tersebut terlihat adanya kontras resistivity yang diberikan dengan nilai resistivitas yang cukup tinggi dibandingkan dengan sekitarnya yang memiliki nilai resistivitas yang relatif rendah. Nilai resistivitas yang kontras tersebut terletak pada elevasi 200 meter terhadap mean sea level. Adapun nilai resistivitas yang dimiliki oleh resistivitas yang tinggi tersebut adalah

Universitas Indonesia

sekitar > 500 Ohm-meter dan diindikasikan dengan pewarnaan kontur dengan warna merah-kuning.

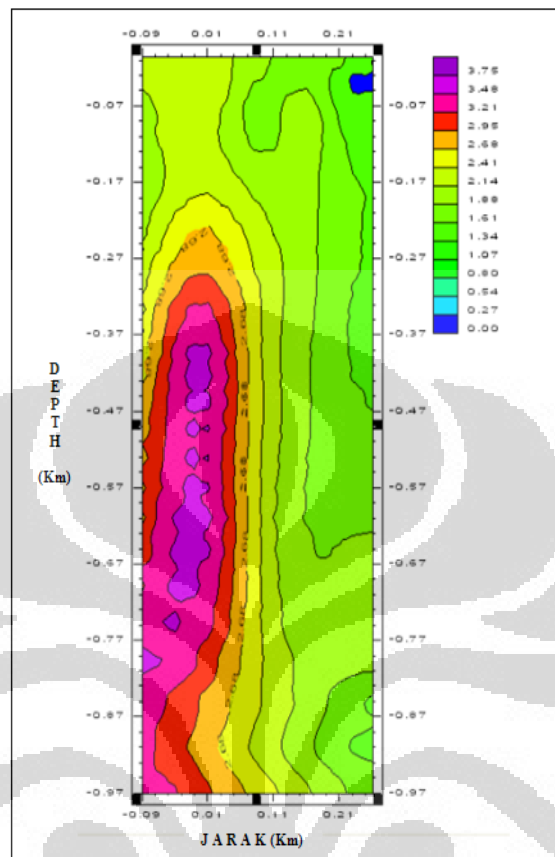


Gambar 4.11 Hasil Pengkonturan Nilai Resistivitas Line III dengan Menggunakan Sufer

4.3.4 Line IV (TG-3)

Pada gambar di bawah ini (Gambar 4.12) merupakan hasil inverse pada line IV (TG-3), gambar tersebut memperlihatkan nilai resistivitas suatu batuan di bawah permukaan pada line pengukuran yaitu TG-3 dalam fungsi jarak dan kedalaman. Terlihat bahwa terdapat adanya anomaly yang mempunyai nilai resistivitas yang tinggi, sehingga kontras dengan nilai resistivitas di sekitarnya.

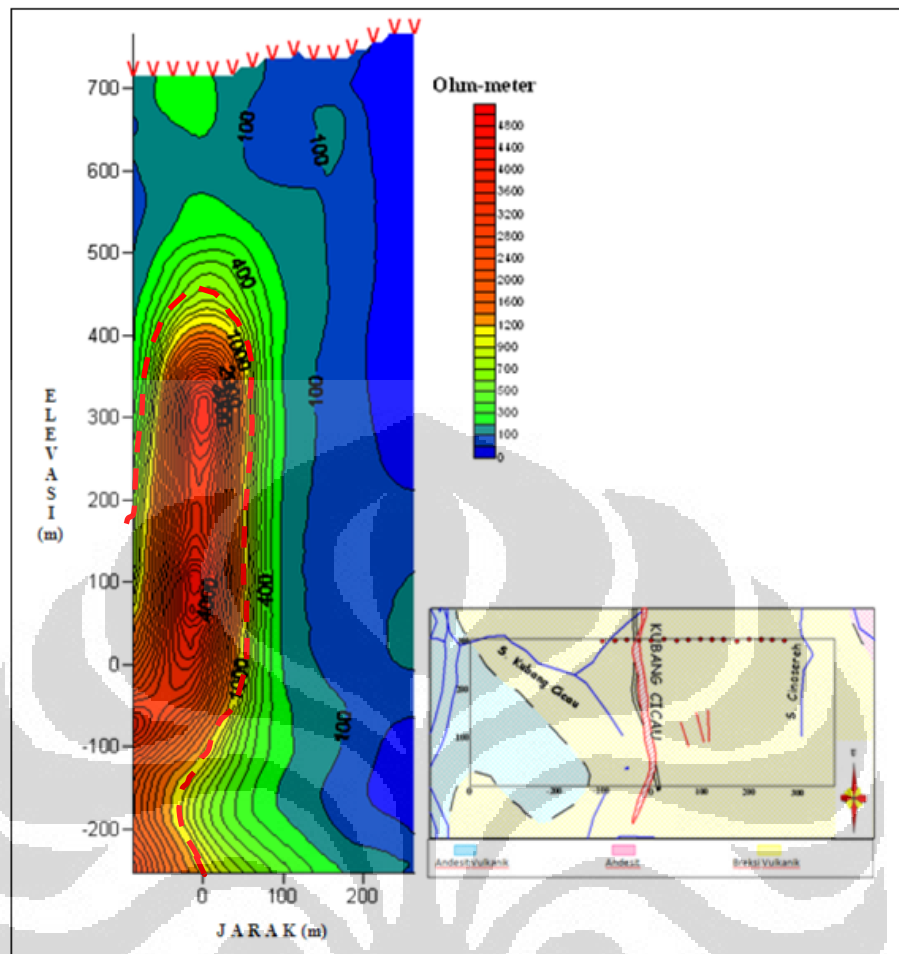
Nilai resistivitas yang kontras tersebut terletak pada elevasi sekitar 450 meter terhadap mean sea level.



Gambar 4.12 Hasil Inversi Line IV

Sama halnya dengan line-line sebelumnya, pada line ini juga dilakukan pengkonturan ulang yang mana bertujuan untuk mempermudah dalam menanalisa resistivitas di bawah permukaan.

Adapun hasil dari pengkonturan ulang tersebut ditunjukkan pada gambar dibawah ini (Gambar 4.13). Berdasarkan kontur resistivitas pada line TG-3 ini, ditemukan bahwa adanya kontras anomaly resistivitas yang cukup tinggi yaitu sekitar > 500 Ohm-meter. Dan ditandai dengan pewarnaan pengkonturan dengan warna merah-kuning.

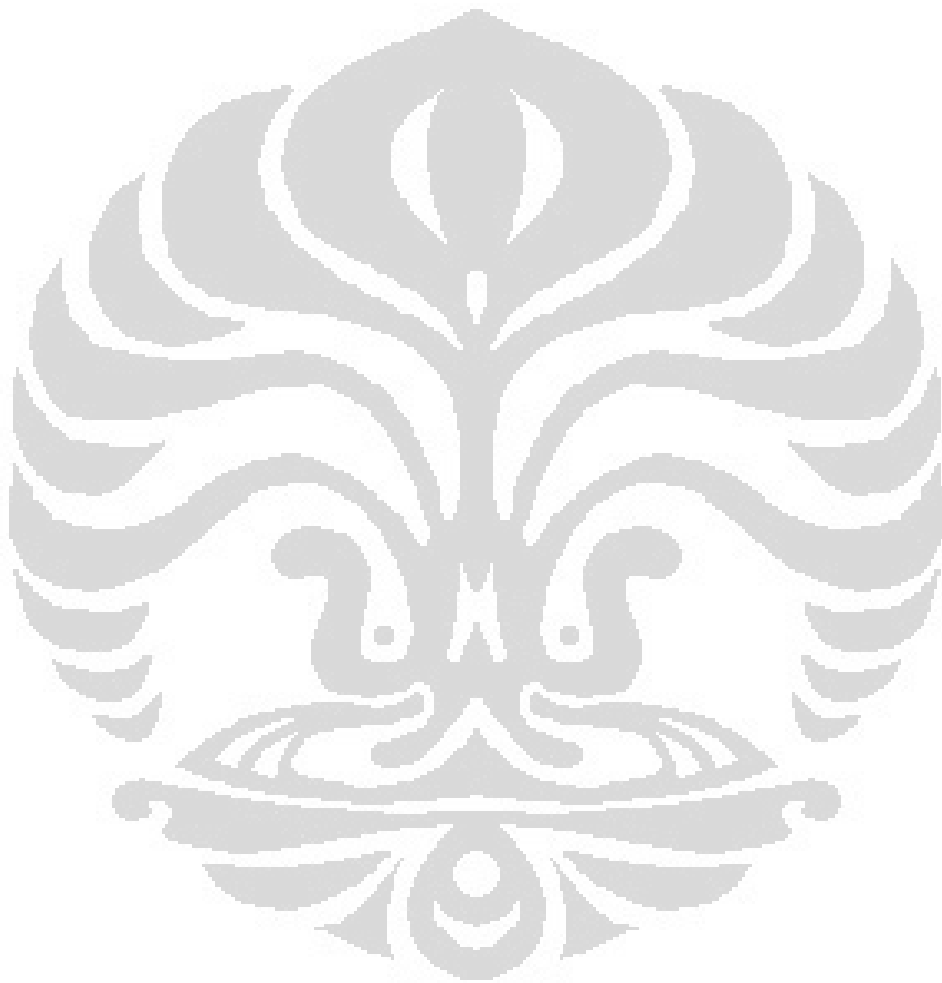


Gambar 4.13 Hasil Pengkonturan Nilai Resistivitas Line IV dengan Menggunakan Sufer

Dari semua line yang telah dilakukan pemrosesan data oleh penulis, ternyata didapatkan bahwa adanya kontras anomaly yang cukup besar yaitu sekitar > 500 Ohm-meter dan dikelilingi dengan nilai resistivitas yang relatif rendah yaitu < 500 Ohm-meter. Namun penulis masih belum dapat menyimpulkan objek apa yang dapat diindikasikan baik dari nilai resistivitas yang tinggi maupun nilai resistivitas yang cukup rendah tersebut. Bila dilihat pada setiap line tersebut hampir semua line memperlihatkan banyaknya anomaly resistivitas yang cukup rendah < 200 Ohm-meter dalam jumlah yang cukup besar. Penulis berasumsi bahwa dengan nilai resistivitas yang cukup rendah tersebut yaitu < 200 Ohm-meter berdasarkan literatur diindikasikan oleh nilai resistivitas clay. Namun anggapan penulis ini juga masih belum dapat dipercaya sepenuhnya. Untuk itu

Universitas Indonesia

perlu dilakukannya interpretasi terpadu, yaitu menganalisa data pola resistivitas di bawah permukaan dengan menggunakan data pendukung lainnya. Bahasan tentang interpretasi terpadu ini dijelaskan pada bab selanjutnya.



BAB V

INTERPRETASI TERPADU DAN PEMBAHASAN

5.1 Data Geologi

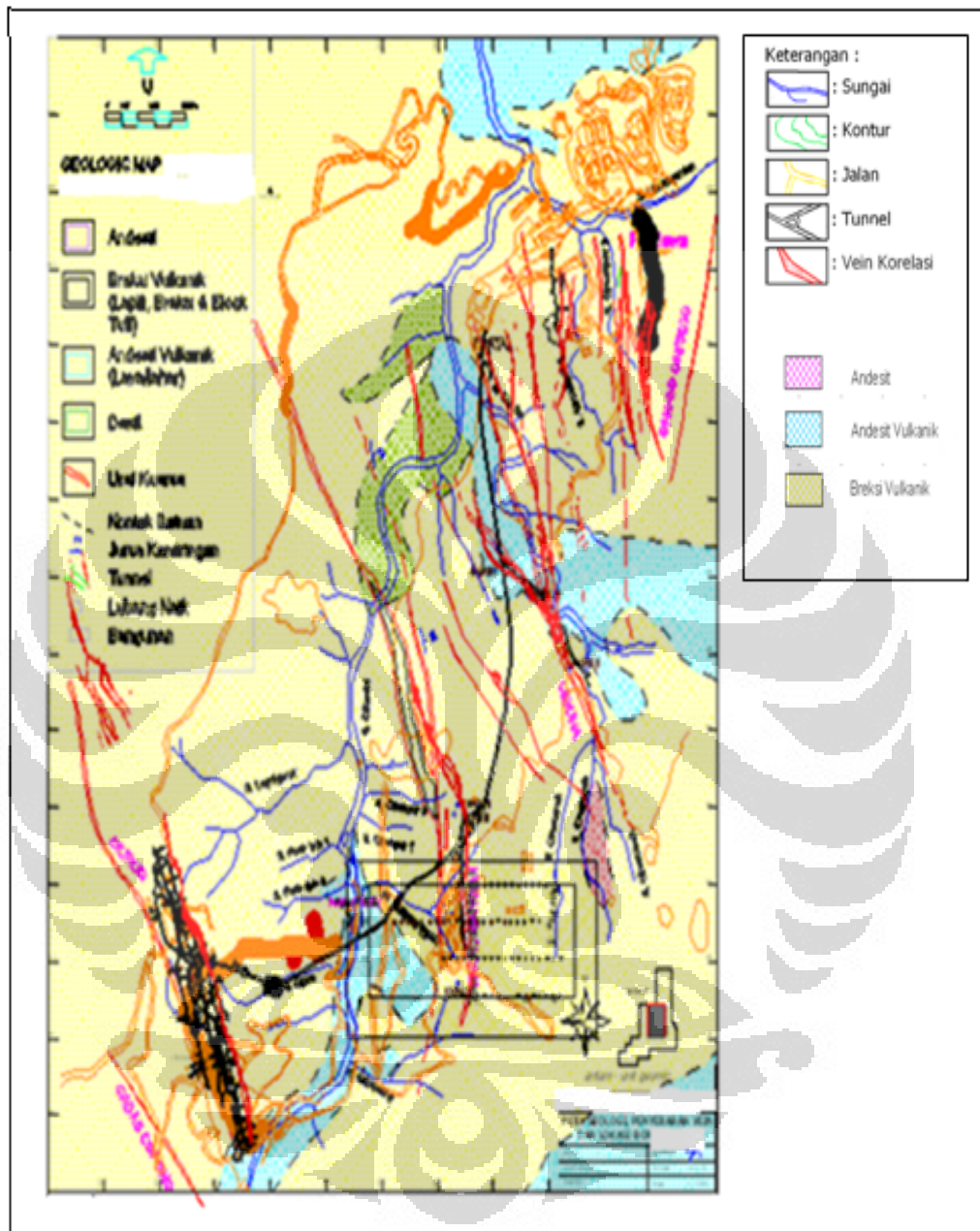
Pada tahapan interpretasi diperlukan data pendukung seperti data geologi daerah penelitian, data sumur bor, sampel batuan ataupun data lainnya yang mungkin dapat mendukung dalam proses interpretasi dan juga menambahkan kepercayaan terhadap hasil interpretasi dari data hasil pengukuran geofisika yang telah dilakukan. Dalam penelitian ini penulis menggunakan data pendukung antara lain yaitu data geologi regional, data geologi lokal, serta data sumur bor. Dari data-data pendukung ini maka penulis dapat melakukan interpretasi terintegrasi yaitu dengan menggabungkan data geologi dan data pendukung lainnya sehingga penulis berharap dapat melokalisir keberadaan zona mineralisasi dari daerah penelitian yang penulis lakukan.

5.1.1 Geologi Regional

Endapan emas daerah "X" terletak pada pinggir timur laut kubah bayah, lebih kurang 80 kilo-meter sebelah barat daya Jakarta. Kubah Bayah merupakan bagian dari busur kontinental Sunda-Banda yang berumur Neogen, yang terbentuk sepanjang pinggir selatan lempeng Eurasia. Struktur geologi yang ada merupakan hasil dari dua periode deformasi, yaitu: deformasi sebelum Neogen, yang dimulai sejak akhir masa Oligosen, dan deformasi Neogen (Hamilton, 1988).

Deformasi pra-Neogen dicirikan oleh kehadiran batuan mélange polimik yang berumur akhir Kapur dan awal Paleogen yang menyusun sebagian besar *basement* Jawa. Selama akhir Paleogen tidak terjadi tektonik dan magmatisme di Jawa Barat. Aktivitas tektonik dimulai dengan terlipatnya lapisan batuan sedimen yang berumur Tersier. Deformasi menjadi berkurang secara konsentris dari pusat magmatic, dimana struktur yang terbentuk mempunyai kecenderungan konsentris (struktur seperti kaldera). Urat yang termineralisasi diinterpretasikan sebagai hasil dari peregangan patahan turun yang diawali oleh pergerakan samping sepanjang

sistem patahan yang saling memotong (Milesi, et al., 1999). Adapun peta geologi regional daerah pengukuran digambarkan pada gambar dibawah ini (Gambar 5.1).



Gambar 5.1 Peta Geologi Regional Daerah pengukuran “X”

Endapan bijih emas di daerah ‘X’ terbentuk pada batuan tersier, yang terdiri dari tuf breksi, tuf lapili dan batuan terobosan andesit yang menembus batuan breksi vulkanik kuarter.

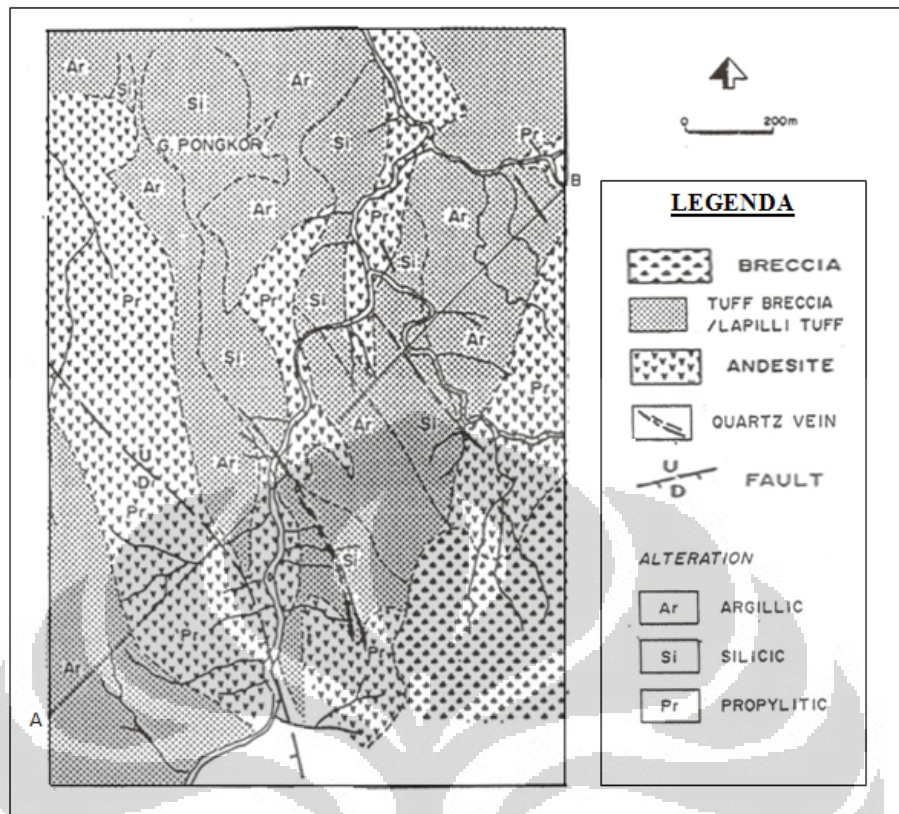
Tuf breksi berwarna abu-abu, mengandung fragmen andesit dalam matrik tufaan, terdapat perselingan batu lempung hitam dengan ketebalan lebih dari 15 cm dengan struktur sedimen gelembur gelombang. Terdapatnya foraminifera mengindikasikan batuan diendapkan pada lingkungan laut. Tuf breksi dikorelasikan dengan Formasi Andesit Tua berumur Miosen Awal.

Tuf lapili berwarna kecoklatan sampai kehijauan dengan perselingan breksi hitam, yang dapat dikorelasikan dengan Formasi Cimapag yang berumur Miosen Awal.

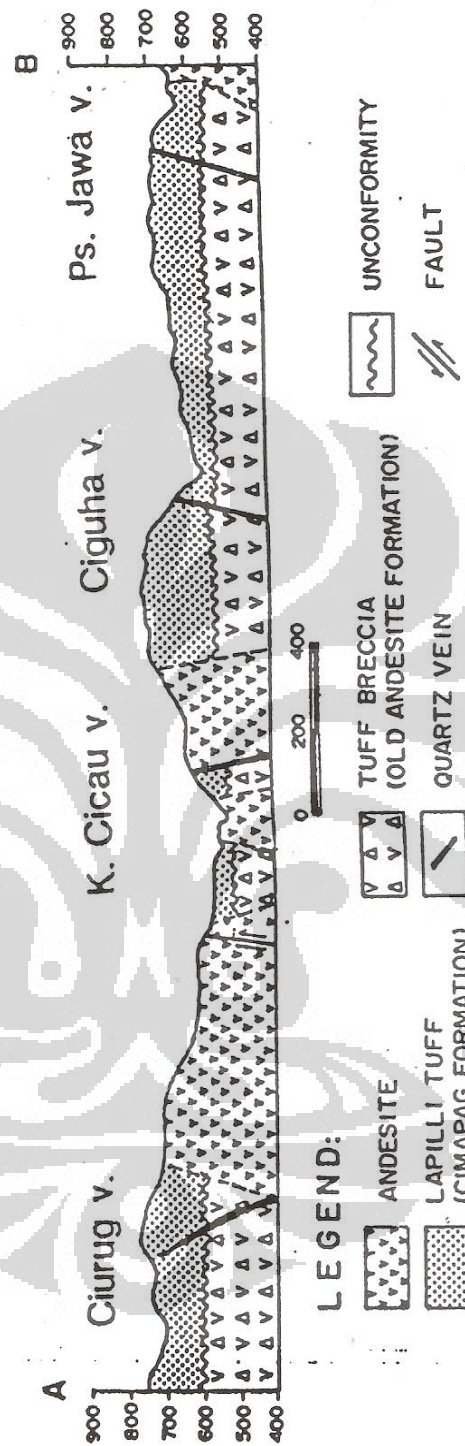
Batuan terobosan andesit tersingkap di bagian timur dan barat Gunung Pongkor dan di lembah-lembah sungai sekitarnya. Berdasarkan korelasi, batuan terobosan andesit ini diinterpretasikan berumur Miosen Tengah.

Breksi vulkanik tersingkap di sebelah tenggara daerah Gunung Pongkor, terbentuk pada akhir tersier, menutup secara tidak selaras batuan Formasi Bojongmanik dan terobosan Andesit, diinterpretasikan berumur Plio-Pleistosen.

Pada daerah pongkor dijumpai 4 sistem urat kuarsa, yakni urat Ciurug - Cikoret, urat Kubang Cicau, urat Ciguha dan urat Pasir Jawa. Gambar keempat urat vein tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah ini (Gambar 5.2 dan Gambar 5.3). Masing-masing urat vein tersebut membentuk arah subparalel dalam jarak 300 hingga 800 m. Arah umum urat N 330° E dan di beberapa tempat dapat berubah menjadi N 30° E dengan kemiringan bervariasi antara 60° hingga 85°. Urat Ciurug - Cikoret dan Ciguha merupakan urat tunggal, sementara urat Kubang Cicau terdiri dari beberapa urat. Dari Gambar 5.3 terlihat bahwa stratigrafi batuan yang mendominasi pada vein kubang cicau adalah batuan andesit, tuff lapilli, serta tuff breccia.



Gambar 5.2 Peta Geologi Daerah Gunung Pongkor. (A-B cross-section memotong vein Ps.Jawa, vein Ciurug, vein K.Cicau dan vein Ciguha)



Gambar 5.3 Skematik Hasil cross-section A-B Menunjukkan Sistem Vein Gunung Pongkor

5.1.2 Geologi Daerah Penelitian

Dari data sampel batuan terobosan hasil sumur bor KCB 10 - 10A, yang mana KCB 10 menembus hingga elevasi 467,7 meter (N 260°E/62°) dan KCB 10 A menembus hingga elevasi 480,90 meter (N 260°E/67°) dapat diketahui bahwa adanya hasil alterasi berupa illit-kuarsa dan kuarsa. Adapun jenis batuan yang menyusun pada data bor ini adalah tuff lapili dan breksi tuff yang tersusun secara berselang-seling.

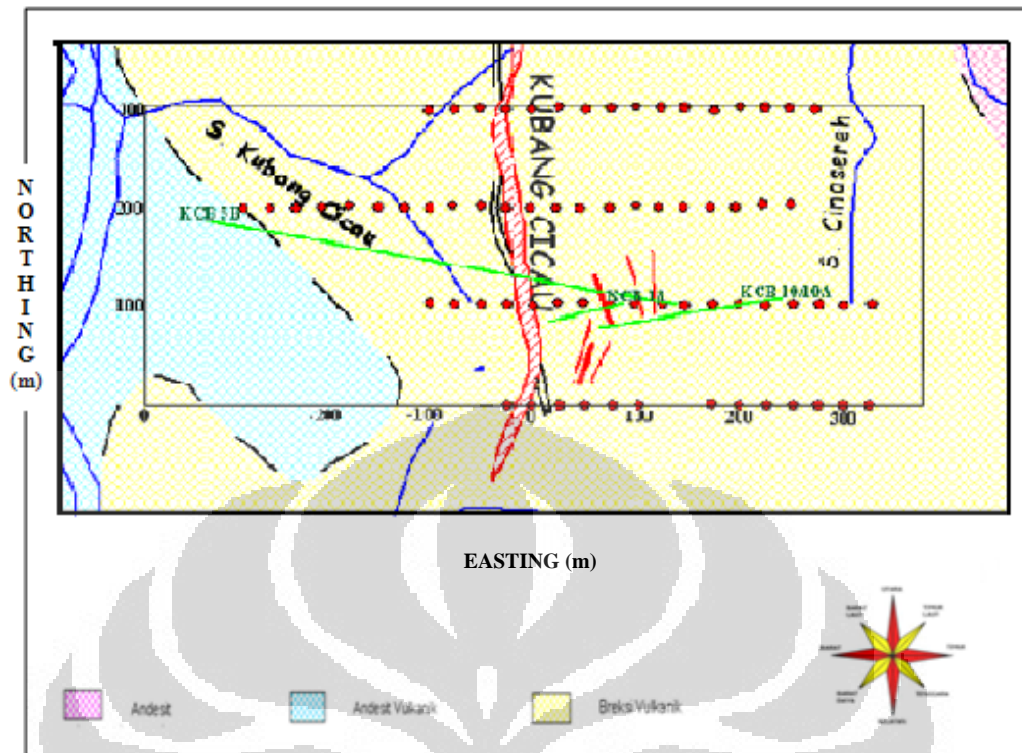
Sedangkan pada sumur bor KCB 5B yang menembus hingga elevasi 544,10 meter (N 95°E/30°) juga didapatkan data sampel batuan sehingga dapat diketahui bahwa adanya hasil alterasi berupa illit-smektit-kuarsa. Adapun jenis batuan yang menyusun adalah breksi andesit dan breksi tuff secara berselang seling serta adanya sedikit tuff lapilli, dan juga ditemukannya adanya terobosan andesit.

Pada data sampel batuan dari hasil terobosan sumur bor KCB 18 yang menembus hingga kedalaman 326,65 meter (N 257°E/77°) juga memberikan data sampel yang hampir sama yaitu adanya hasil alterasi berupa illit-kuarsa dan kuarsa. Adapun jenis batumannya adalah tuff lapili dan breksi tuff yang tersusun secara berselang seling.

Pada ketiga data sampel batuan dari sumur bor tersebut juga ditemukan adanya *stockwork*. Keberadaan *stockwork* tersebut ditemukan pada elevasi sekitar 600 meter. *Stockwork* ini berisi batuan tuff lapili dan breksi tuff dibagian yang teratas.

5.2 Data CSAMT

Dari pengukuran metode CSAMT yang dilakukan memotong secara tegak lurus dari keberadaan zona yang diduga vein didapatkan data resistivity. Pada gambar di bawah ini (Gambar 5.4) terlihat bahwa vein terpotong secara tegak lurus oleh line pengukuran. Dari gambaran line pengukuran diduga bahwa vein cenderung berada pada daerah searah dengan utara secara menerus dan berada pada easting sekitar 0.



Gambar 5.4 Line Pengukuran

Digunakannya metode CSAMT bermaksud agar dapat menentukan penyebaran nilai resistivity di bawah permukaan. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa parameter yang dicari pada metode CSAMT adalah nilai resistivity. Dari nilai resistivity yang didapatkan dari metode CSAMT ini, diharapkan mampu menentukan zona dari alterasi yang terjadi pada daerah pengukuran, yang terjadinya diakibatkan oleh naiknya larutan *hydrothermal*. Alterasi merupakan suatu proses peleburan batuan akibat temperatur yang tinggi. Pada alterasi *hydrothermal* sangat bergantung dari seberapa besar kekompakkan dari batuan yang dilewati oleh larutan *hydrothermal* tersebut. Jika batuan yang terlewati memiliki kekompakkan yang sangat kecil maka banyaknya batuan yang akan teralterasi akan tinggi dibandingkan dengan batuan yang memiliki kekompakkan yang lebih besar.

Dari data resistivity, dapat dilihat jenis alterasi dengan menghubungkan sifat resistivity yang muncul akibat adanya alterasi tersebut. Pada umumnya nilai resistivity akan rendah jika alterasi yang terjadi berupa alterasi argilik atau

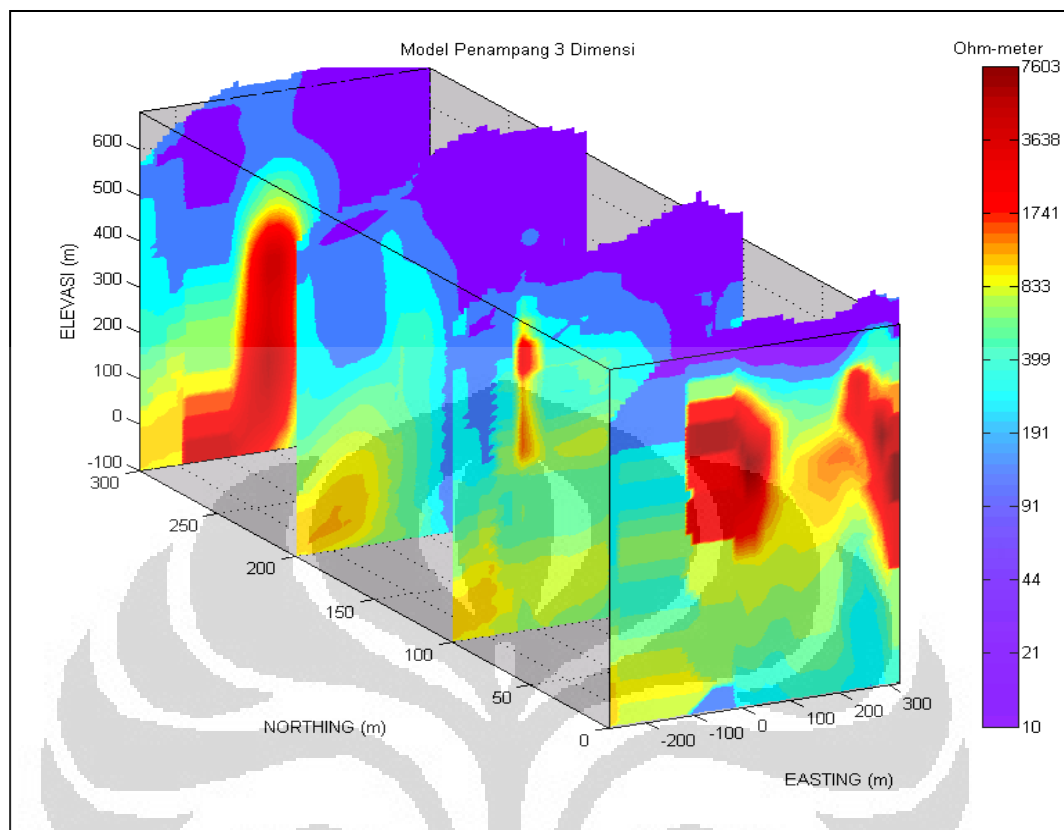
propilit, karena mineral pengikat yang terbentuk akibat alterasi tersebut berupa lempung seperti smektit, illit, klorit serta kaolin. Sedangkan hal yang paling penting dalam eksplorasi emas adalah kenaikan nilai resistivity yang diakibatkan oleh adanya silifikasi atau lebih khusus alterasi adularia-quartz, yang mempunyai kepadatan cukup tinggi. Pembentukan zona silifikasi berhubungan dengan kemungkinan adanya pengendapan emas.

Pada umumnya keberadaan emas diasosiasikan dengan nilai resistivitas yang tinggi serta dikelilingi oleh nilai resistivitas yang rendah.

Untuk mempermudah dalam hal interpretasi penulis melakukan pemodelan 3D yang mana pemodelan tersebut diberikan dalam gambaran penampang resistivitas yang telah dipotong searah dengan sumbu-y.

Model resistivity 3D dibuat untuk mendapatkan gambaran yang lebih jelas mengenai penyebaran nilai resistivitas batuan yang berada di bawah permukaan. Yang sebelumnya telah dilakukan interpretasi data pada masing-masing line di sub-bab sebelumnya. Model resistivity 3D ini merupakan model lanjutan dari model resistivity 2D untuk mengetahui kemenerusan dari anomaly nilai resistivity tinggi. Pada gambar di bawah ini diberikan model resistiviti 3D, yang mana model tersebut merupakan model hasil *slicing* yang dipotong searah dengan sumbu-y (*Northing*) dari daerah penelitian (Gambar 5.5). *Easting* dan *Northing* disini bukanlah koordinat yang sebenarnya melainkan hanya koordinat maya yang dilakukan untuk mengetahui titik tengah pengukuran untuk mempermudah dalam pengukuran.

Penulis melakukan pemotongan pada model 3D ini dimaksudkan agar didapatkan gambaran yang lebih jelas dari penyebaran resistivitas batuan di bawah permukaan. Pada model *slicing* searah sumbu-y, penampang pada sumbu-y sama dengan 0 merupakan lintasan TG-0, penampang pada sumbu-y sama dengan 100 merupakan lintasan TG-1, penampang pada sumbu-y sama dengan 200 merupakan lintasan TG-2, dan penampang pada sumbu-y sama dengan 300 merupakan lintasan TG-3.



Gambar 5.5 Model Penampang 3D

Dari gambar pemodelan nilai resistivitas 3D diatas (Gambar 5.5) terlihat bahwa nilai resistivity pada setiap line memiliki nilai resistivitas yang tinggi (>500 Ohm-meter) dan keberadaan nilai resistivitas tinggi ini didominasi pada bagian pinggir kiri pada seluruh lintasan pengukuran dan pada pinggir kanan pada line 1. Serta adanya nilai resistivity yang medium (<500 Ohm-meter) di bagian tengah pada setiap line pengukuran, dan juga nilai resistivity yang cukup rendah (<100 Ohm-meter) pada sekitar permukaan pada setiap line. Dari data CSAMT ini penulis tidak dapat bicara banyak apa yang terjadi disana, hanya saja penulis dapat menduga bahwa pada nilai resistivitas yang tinggi (>500 Ohm-meter) kemungkinan merupakan zona yang didominasi oleh kwarsa, sedangkan pada nilai resistivitas medium hingga rendah (<500 Ohm-meter dan <100 Ohm-meter) penulis menduga bahwa pada zona tersebut merupakan zona alterasi. Yang mana penulis tidak dapat menjelaskan dengan detail apa jenis alterasi tersebut jika hanya menggunakan data CSAMT, hanya saja dengan melihat range resistivitas

yang diberikan penulis menduga bahwa hasil mineral dari alterasi tersebut didominasi oleh clay. Berdasarkan literatur hasil alterasi berupa mineral clay kemungkinan terjadi pada zona alterasi argilik. Alterasi yang terjadi pada temperatur $< 200^{\circ}\text{C}$. untuk mengetahui apakah hasil dari pengukuran data CSAMT sudah benar atau belum, selanjutnya dilakukan interpretasi terpadu yaitu interpretasi dengan menggunakan data pendukung berupa data geologi serta data sampel batuan dari bor.

5.3 Interpretasi Terpadu

Berdasarkan data geologi, dan beberapa data bor yang tidak terlalu jauh dari line pengukuran, serta data pengukuran metode CSAMT, selanjutnya penulis melakukan interpretasi terpadu dengan menggabungkan semua data yang ada.

Dari hasil data metode CSAMT sebelumnya penulis beranggapan bahwa zona daerah yang memiliki nilai resistivitas yang sangat tinggi yaitu sekitar 500 – 7000 Ohm-meter merupakan zona yang didominasi oleh kwarsa dimana zona ini terlihat jelas pada daerah line 1 dan line 4. Hal ini sangatlah meragukan karena pada umumnya kwarsa berbentuk mengurat dengan lebar hingga 12 meter, namun yang penulis dapatkan adanya anomaly dengan resistivitas tinggi mempunyai lebar hingga ratusan meter. Oleh sebab itu penulis beranggapan bahwa anomaly dengan resistivitas tinggi dan lebar hingga ratusan meter ini merupakan refleksi dari keberadaan intrusi di bawah permukaan, namun penulis belum bisa menjelaskan dengan pasti jenis intrusinya. Hanya saja jika ditinjau dari data pendukung yang menyatakan ditemukannya intrusi andesit kemungkinan anomaly dengan resistivitas tinggi serta memiliki lebar hingga ratusan meter ini diduga oleh penulis adalah intrusi andesit.

Sedangkan letak dari zona mineralisasi pada pengukuran ini diperkirakan berada pada resistivitas intermediet yaitu resistivitas yang sedang (antara 200 - 400 Ohm-meter) dimana pada zona dengan resistivitas intermediet ini merupakan zona mineralisasi hasil alterasi. Yang kemungkinan didominasi oleh mineral clay. Hal ini didukung oleh data sampel batuan bahwa ditemukannya mineral hasil alterasi berupa mineral clay yang terdiri dari illit-smektit. Sedangkan mineral clay

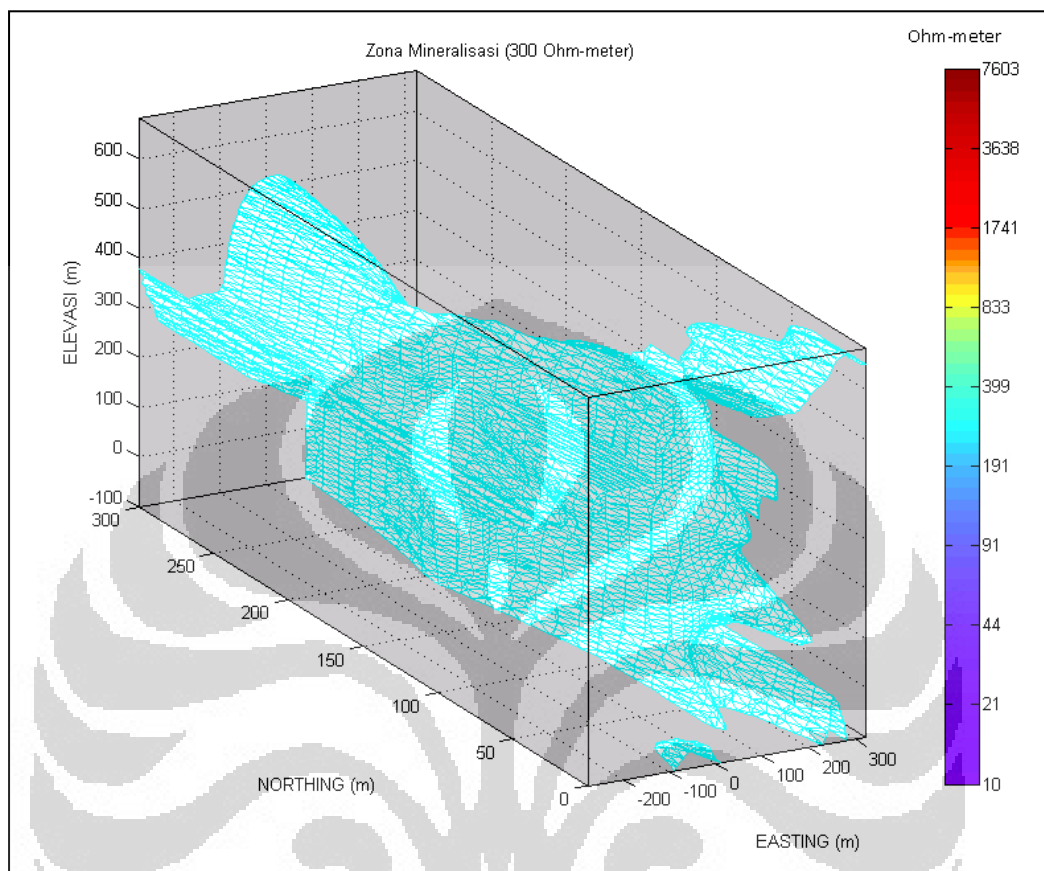
yang berupa illit-smektit merupakan mineral yang menandakan adanya alterasi atau zona ubahan yaitu alterasi argilik. Adapun relatif tingginya hasil refleksi clay dari bawah permukaan ini diduga karena clay tersebut banyak mengandung kwarsa, yang mana nilai resistivitas kwarsa relatif tinggi dibandingkan dengan nilai resistivitas dari mineral clay tersebut. Zona dengan nilai resistivitas intermediet ini ditemukan hampir pada seluruh line pengukuran yang menandakan bahwa zona ini menerus.

Selanjutnya pada nilai resistivitas yang relatif rendah (< 100 Ohm-meter) dan dapat diinterpretasikan sangat konduktif ini, penulis menduga bahwa pada daerah ini dipengaruhi oleh sesuatu yang sangat konduktif dalam hal ini penulis menduga adanya rembesan air dan adanya pelapukan dari batuan dasar yaitu tuff breksi. Rembesan air ini diduga karena daerah tempat penulis melakukan pengukuran berada melewati daerah aliran sungai. Selain dipengaruhi oleh ruang dan waktu, banyaknya air yang meresap ke tanah juga dipengaruhi oleh kecuraman lereng, kondisi material permukaan tanah dan jenis serta banyaknya vegetasi dan curah hujan. Sedangkan pada curah hujan sedang, pada lereng landai dan permukaannya permiabel, persentase air yang meresap lebih banyak. Sebagian air yang meresap tidak bergerak jauh karena tertahan oleh daya tarik molekuler sebagai lapisan pada butiran-butiran tanah. Air yang tidak tertahan dekat permukaan menerobos kebawah sampai zona dimana seluruh ruang terbuka pada sedimen atau batuan terisi air 10 (saturasi).

5.4 Kemenerusan Zona Mineralisasi

Dari data pemodelan 3D tersebut selanjutnya dilakukan pemisahan antara daerah yang memungkinkan terjadinya mineralisasi dalam hal ini adalah daerah yang memiliki nilai resistivitas intermediet yaitu antara $200 - 400$ Ohm-meter dengan daerah yang tidak memungkinkan terjadinya mineralisasi yaitu pada daerah yang memiliki nilai resistivitas yang tinggi (> 500 Ohm-meter) dan juga daerah yang memiliki nilai resistivitas yang rendah (< 100 Ohm-meter). Pada zona yang diduga adanya mineralisasi diasosiasikan dengan adanya kandungan emas. Hal ini dilakukan dengan maksud untuk mengetahui kemenerusan zona

yang diduga dengan zona mineralisasi yang memiliki nilai resistivitas intermediet yaitu sekitar 200 - 400 Ohm-meter.



Gambar 5.6 Zona mineralisasi

Dari gambar 5.6 yaitu zona mineralisasi dapat dilihat bahwa adanya penerusan zona dengan nilai resistivitas intermediet yaitu sekitar 300 Ohm-meter yang diduga dengan adanya mineralisasi dan diharapkan adanya mineral ekonomis.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

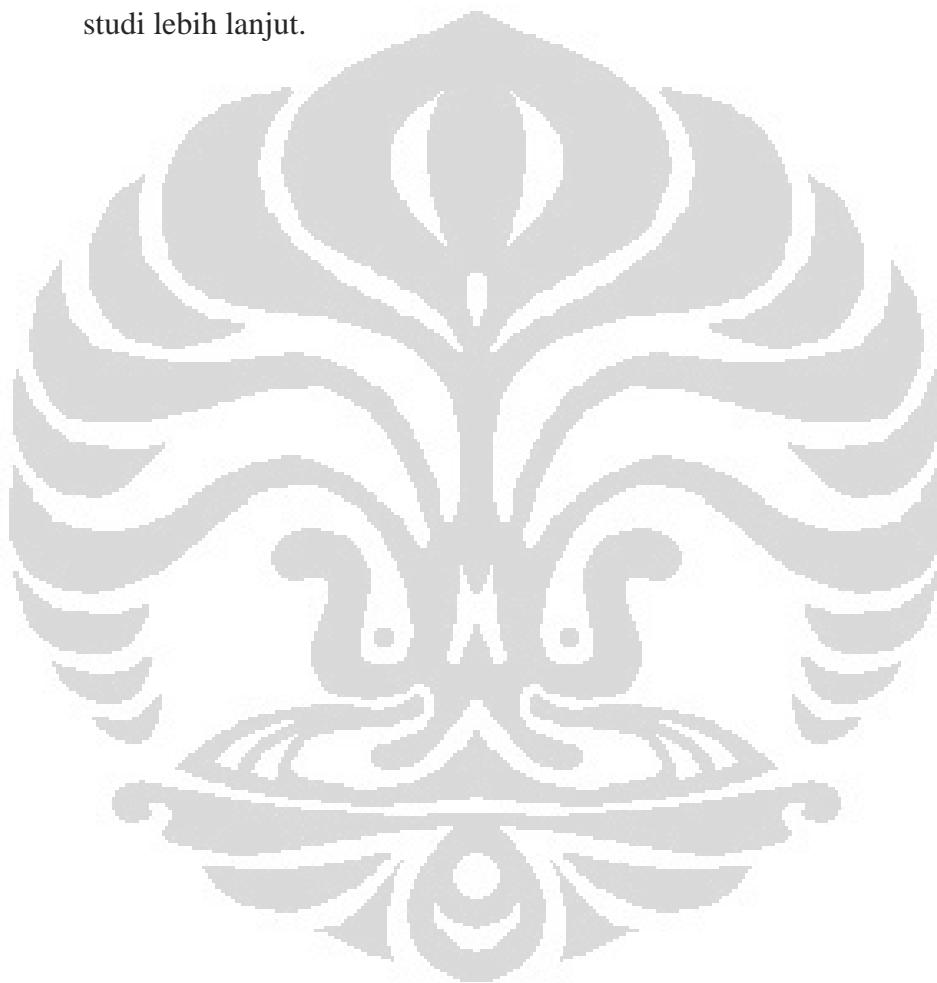
Dari hasil interpretasi dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa :

1. Dengan menggunakan frekuensi antara 1,333 Hz – 9600 Hz, metode CSAMT mampu mendeteksi nilai resistivitas bawah permukaan hingga kedalaman 1 km.
2. Pemrosesan data dengan menggunakan MT soft 2D version 2.2 menghasilkan penampang resistivity 2D dengan melalui proses inversi.
3. Dengan membuat model 3D menggunakan software geoslicer pada nilai resistivitas yang telah didapatkan, dapat membantu dalam melokalisasi zona penyebaran mineralisasi.
4. Metode CSAMT dapat melokalisasi keberadaan zona mineralisasi berdasarkan kontras nilai resistivitas yang dimiliki oleh batuan di bawah permukaan tersebut.
5. Karakteristik endapan emas pada daerah penelitian (daerah “X”), terdapat pada batuan yang memiliki nilai resistivitas intermediet (200 - 400 Ohm-meter).
6. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa zona mineralisasi terdapat pada seluruh lintasan pengukuran.

6.2 Saran

Untuk keperluan studi lebih lanjut dan memaksimalkan hasil penelitian, perlu diberikan saran-saran sebagai berikut :

1. Diperlukan metode Magnetik untuk memetakan arah trend dari zona urat emas.
2. Untuk mengetahui potensi kandungan emas yang sebenarnya diperlukan studi lebih lanjut.



DAFTAR ACUAN

- [1] Irvine, R.J, Smith, M.J, 1990, *Geophysical Exploration For Epithermal Gold Deposits*, Journal of Geochemical Exploration, 36, Elsevier Science Publisher, Amsterdam, Netherlands, hal. 375-412.
- [2] Kenneth L. Zonge and Larry J. Hughes “*Controlled Source Audio-Frequency Magnetotelluric*”.
- [3] Grandis H “*Koreksi Efek Sumber Pada Data Controlled Source Audio-Magnetotellurics (CSAMT)*”.
- [4] Suprajitno Munadi. “*Aspek Fisis Seismologi Eksplorasi*”.
- [5] Jack Vanderlinde. “*Classical Electromagnetic Theory 2nd Ed.*” Kluwer Academic Publisher. 2004.
- [6] David J Griffith. “*Introduction to Electrodynamics 3rd Ed.*” Prentice Hall. 1999.
- [7] Leach, T.M., and Corbett, G.J., 1995, Characteristics of Low Sulphidation Gold-Copper System in The Southwest Pacific, in Pacific Rim Congress 95, 19-22 November 1995, Auckland, New Zeland, Proceedings : Carlton South, The Australian Institute of Mining and Metallurgy.
- [8] Lindgren, W., 1922, A suggestion for the terminology of certain mineral deposits, Economic Geology, v. 17.
- [9] White, N.C, and Hedenquist, J.W., 1995, *Epithermal gold deposits : Styles, characteristics and exploration*: SEG Newsletter, v. 23.
- [10] White, N.C., 1991, *High sulphidation epitermal gold deposits: characteristics and a model for their origin*, in Matsuhisa, Y., Aoki, M., and

Hedenquist, J.W., eds., *High temperature acid fluids and associated alteration and mineralization: Geological Survey of Japan Report*, v. 277.

[11] Doyle, A.H., 1990, *Geophysical Exploration for Gold*, Geophysics, Hal. 134-146.

[12] Budiantara I Nyoman, et al. "Pemodelan B-spline"

