



TUGAS AKHIR - RF184838

**PEMETAAN PERSEBARAN ZONA MINERALISASI
ENDAPAN EPITERMAL BERDASARKAN NILAI
RESISTIVITAS DATA *CONTROLLED SOURCE AUDIO-
MAGNETOTELLURIC* (CSAMT) LAPANGAN “AK”
CIBALIUNG, BANTEN - PT ANTAM**

FIRMAN ADITYA SATRIA PRATAMA
NRP. 0341154000037

DOSEN PEMBIMBING:
Dr. AYI SYAEFUL BAHRI, M.T.
ANIK HILYAH, S.Si., M.T.

Departemen Teknik Geofisika
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan Dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019



TUGAS AKHIR - RF184838

**PEMETAAN PERSEBARAN ZONA MINERALISASI
ENDAPAN EPITERMAL BERDASARKAN NILAI
RESISTIVITAS DATA *CONTROLLED SOURCE AUDIO-
MAGNETOTELLURIC* (CSAMT) LAPANGAN “AK”
CIBALIUNG, BANTEN - PT ANTAM**

FIRMAN ADITYA SATRIA PRATAMA
NRP. 0341154000037

DOSEN PEMBIMBING:
Dr. AYI SYAEFUL BAHRI, M.T.
ANIK HILYAH, S.Si., M.T.

Departemen Teknik Geofisika
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan Dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

Halaman ini sengaja dikosongkan



FINAL PROJECT - RF184838

**MAPPING OF EPITERMAL GOLD MINERAL DEPOSIT
DISTRIBUTION BASED ON RESISTIVITY VALUE USING
CONTROLLED SOURCE AUDIO-MAGNETOTELLURIC
(CSAMT) DATA FIELD "AK" CIBALIUNG, BANTEN - PT
ANTAM**

FIRMAN ADITYA SATRIA PRATAMA
NRP. 0341154000037

ADVISOR:
Dr. AYI SYAEFUL BAHRI, M.T.
ANIK HILYAH, S.Si., M.T.

Departement of Geophysical Engineering
Faculty of Civil Environmental and Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

Halaman ini sengaja dikosongkan

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh

Nama : Firman Aditya Satria Pratama
NRP : 0341154000037
Departemen : Teknik Geofisika
Judul Tugas Akhir : Pemetaan Persebaran Zona Mineralisasi Endapan Epitermal Berdasarkan Nilai Resistivitas Data *Controlled Source Audio-Magnetotelluric* (CSAMT) Lapangan "Ak" Cibaliung, Banten – PT ANTAM

Telah berhasil dipertahankan di hadapan tim penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, 1 Juli 2019

(Pembimbing 1)

-
1. Dr. Ayi Syaeful Bahri, M.T.
NIP. 19690906 199702 1 001

(Pembimbing 2)

-
2. Anik Hilyah, S.Si., M.T.
NIP. 19790813 200812 2 002

(Penguji 1)

-
3. Dr. Ir. Amien Widodo, M.Si.
NIP. 19591010 198803 1 001

(Penguji 2)

-
4. Firman Syaifuddin, S.Si., M. T.
NIP. 19840911 201404 1 001

Mengetahui,

Revisi
Laboratorium Geofisika Eksplorasi
Departemen Teknik Geofisika
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya



.....
Dr. Ayi Syaeful Bahri, M.T.
NIP. 19690906 199702 1 001

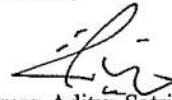
Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul “Pemetaan Persebaran Zona Mineralisasi Endapan Epitermal Berdasarkan Nilai Resistivitas *Data Controlled Source Audio-Magnetotelluric* (CSAMT) Lapangan “AK” Cibaliung, Banten” adalah benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 1 Juli 2019
Penulis,



Firman Aditya SatrianPratama
NRP. 0341154000037

Halaman ini sengaja dikosongkan

Pemetaan Persebaran Zona Mineralisasi Endapan Epitermal Berdasarkan Nilai Resistivitas Data *Controlled Source Audio-Magnetotelluric* (CSAMT) Lapangan “AK” Cibaliung, Banten

Nama Mahasiswa : Firman Aditya Satria Pratama
NRP : 0341154000037
Departemen : Teknik Geofisika
Pembimbing 1 : Dr. Ayi Syaeful Bahri, M.T.
Pembimbing 2 : Anik Hilyah, S.Si., M.T.

ABSTRAK

Cibaliung merupakan lapangan deposit emas epitermal sulfidasi rendah dengan *vein* Cikoneng dan Cibitung. Guna mengembangkan lapangan pertambangan maka dilakukan eksplorasi, Eksplorasi pendahuluan dilakukan menggunakan metode *Controlled Source Audio-Magnetotelluric* (CSAMT) yang bertujuan untuk mengidentifikasi persebaran zona mineralisasi epitermal di daerah penelitian. Pengukuran metode CSAMT menggunakan konfigurasi skalar pada 12 lintasan dengan 1381 titik pengukuran bertujuan memetakan persebaran zona mineralisasi dan alterasi berdasarkan kontras nilai resistivitas. Pengolahan data CSAMT dilakukan menggunakan proses editing dan diinversi menggunakan algoritma NLCG dengan batas frekuensi minimal 10 Hz. Berdasarkan pengolahan data CSAMT. Diperoleh anomali resistivitas sangat rendah 5 – 40 Ω .m diduga sebagai litologi daerah penelitian yaitu batuan andesit-basaltik dan perselingan batupasir dan batulempung serpih dengan sisipan batugamping. Resistivitas sangat rendah 40 – 50 Ω .m merupakan alterasi propilitik, resistivitas rendah 50 – 100 Ω .m merupakan alterasi argilik, resistivitas sedang – tinggi 100 – 1000 Ω .m didefinisikan sebagai zoan silisifikasi, dan resistivitas Sangat tinggi >1000 Ω .m merupakan silika. merupakan zona silisifikasi. Zona prospek didominasi oleh alterasi argilik hingga silisik yang mempunyai arah kemenerusan horizontal seperti Pola struktur berarah baratlaut-tenggara (NW-SE).

Kata kunci : Alterasi, Cibaliung, CSAMT, Epitermal, Resistivitas

Halaman ini sengaja dikosongkan

Mapping of Epithermal Gold Mineral Deposit Distribution Based On Resistivity Value Using Controlled Source Audio-Magnetotelluric (CSAMT) Data Field "AK" Cibaliung, Banten

Student Name : Firman Aditya Satria Pratama
Student ID Number : 0341154000037
Departement : Teknik Geofisika
Supervisor 1 : Dr. Ayi Syaeful Bahri, M.T.
Supervisor 2 : Anik Hilyah, S.Si., M.T.

ABSTRACK

Cibaliung is a low sulfidation epithermal gold deposit field with veins of Cikoneng and Cibitung. In order to develop the mining Controlled Source Audio-Magnetotelluric (CSAMT) method which aimed to identify the distribution of epithermal mineralized zones in the study area. In this case, CSAMT method uses scalar configuration on 12 tracks with 1381 measurement points aimed at mapping the distribution of mineralization and alteration zones based on contrast resistivity values. CSAMT data processing is done using the editing process and inversed using the NLCG algorithm with a minimum frequency limit of 10 Hz. Based on the processing of CSAMT data, very low resistivity anomalies of 5 - 40 $\Omega.m$ were obtained as the lithology of the study area, andesite-basaltic rocks and sandstone and claystone interfering with limestone inserts. Very low resistivity 40 - 50 $\Omega.m$ is a propylitic alteration, low resistivity 50 - 100 $\Omega.m$ is an argillic alteration, medium - high resistivity 100 - 1000 $\Omega.m$ is defined as silisification zone, and very high resistivity >1000 $\Omega.m$ is a silica. The prospect zone is dominated by argillic to silicic alteration which has a direction of horizontal continuity such as the pattern of the Sumatra structure, which is NW-SE direction.

Keywords : Alteration, Cibaliung, CSAMT, Epithermal, Resistivity

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kepada Allah SWT karena berkat anugerahnya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Pemetaan Persebaran Zona Mineralisasi Endapan Epitermal Berdasarkan Nilai Resistivitas Data *Controlled Source Audio-Magnetotelluric* (CSAMT) Lapangan “AK” Cibaliung, Banten”. Penulisan Tugas Akhir ini ditulis sebagai syarat kelulusan program studi Teknik Geofisika Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada orang-orang yang sangat berperan dalam penulisan serta penyelesaian Tugas Akhir ini, yakni:

1. Bapak Jamili dan Ibu Juwariatul Maslikah yang selalu mendoakan dan mendukung penulis dalam situasi apapun serta keluarga besar yang selalu mengharapkan dan mendoakan kesuksesan penulis.
2. Dr. Ayi Syaeful Bahri M. T dan Ibu Anik Hilyah S. Si, M.T yang telah memberikan bimbingan, saran, dan nasehat kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Wien Lestari S. T, M.T dan Dr. Widya Utama DEA yang telah memberikan saran dan bimbingan awal Tugas Akhir.
4. Bapak Muhammad Akbar, Bapak Agus Pajrin Jaman, Abang Arief Wicaksono, Abang Arditya Tri Wardana, Abang Fahri, Abang Hilal, Bapak Nanto, Bapak Uhi yang telah meluangkan waktu kesibukannya membimbing dan berbagi ilmu kepada penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Tim Eksplorasi CSAMT Ciparay, Cibaliung yang telah mengajari penulis untuk akuisisi data dan manajemen lapangan.
6. Eka Harris Suryawan yang telah berjuang bersama dalam pengerjaan Tugas Akhir.
7. Tim Sekutu Berulah dan Tim KP PSG yang menjadi penghibur disaat penulis jenuh dalam mengerjakan Tugas Akhir.
8. Semua Dosen di Departemen Teknik Geofisika ITS yang memberi ilmu selama penulis dalam masa perkuliahan.
9. Pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir masih jauh dari kata sempurna. Penulis sangat membuka diri untuk kritik dan saran yang membangun dan demi kebaikan penulis. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Surabaya, 1 Juli 2019

Penulis,

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	v
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	vii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Manfaat	2
1.6 Target Luaran	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Geologi Daerah Penelitian	3
2.1.1 Fisiografi Regional	3
2.1.2 Geologi Regional	4
2.1.3 Statigrafi Regional	6
2.1.4 Geologi Lokal	7
2.2 Genesa Endapan Hidrotermal.....	7
2.2.1 Proses Hidrotermal	7
2.2.2 Alterasi Hidrotermal	8
2.2.3 Endapan Epitermal	10
2.2.4 Epitermal Sulfidasi Rendah	11
2.3 Resistivitas Bahan	13
2.4 Metode <i>Controlled Source Audio Magnetotelluric</i> (CSAMT).....	13
2.4.1 Prinsip Metode CSAMT	14

2.4.2 Persamaan Maxwell	15
2.4.3 Skin Depth.....	15
2.4.4 Persamaan Cagniard	16
2.4.5 <i>Far Field</i> dan <i>Near Field</i> pada CSAMT	16
2.5 Inversi Non-Linear Conjugate Gradient (NLCG).....	17
2.6 Penelitian Terdahulu	17
BAB III METODE PENELITIAN.....	23
3.1 Data.....	23
3.2 Akuisisi Data	23
3.3 Alur Penelitian	24
3.4 Pengolahan Data	25
3.4.1 <i>Editing</i> Data	25
3.4.2 Inversi.....	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	31
4.1 Hasil.....	31
4.2 Interpretasi dan Pembahasan	36
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	45
5.1 Kesimpulan	45
5.2 Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN.....	50
BIODATA PENULIS.....	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Peta pembagian zona fisiografi Provinsi Jawa Barat, dan kotak merah merupakan daerah penelitian di Cibaliung yang masuk kedalam fisiografi Pegunungan Bayah (Bemmelen, 1949).....	3
Gambar 2. 2	Peta geologi daerah Cibaliung (dimodifikasi dan diadaptasi dari Sudana dan Santosa, 1992).....	5
Gambar 2. 3	Model endapan dari proses hidrotermal (dengan modifikasi) (Hedenquist dan Lowenstern, 1994) (b) Model endapan epitermal tipe sulfidasi rendah yang berhubungan dengan tipe fluida dan zona alterasi di sekitarnya (dengan modifikasi) (White dan Hedenquist, 1995).....	12
Gambar 2. 4	Skema metoda elektromagnetik secara sederhana (Unsworth, 2009).....	14
Gambar 2. 5	Gambar zona jauh (far field), zona dekat (near field) dan zona transisi (transision zone) (Yamashita, 2006).	17
Gambar 2. 6	Contoh respons resistivitas hasil inversi model 2D CSAMT dibandingkan dengan geologi section (Goldie, 2000)	18
Gambar 2. 7	Rentang resistivitas dari tipe batuan/mineral di Yanacocha (Goldie, 2000)	19
Gambar 2. 8	Penampang resistivitas 2-dimensi hasil inversi 1-dimensi data CSAMT deposit Favona (Hoschke, 2011)	20
Gambar 2. 9	Peta resistivitas pongkor bagian utara pada level 500 m ..	21
Gambar 3. 1	Desain akuisisi lintasan Pengukuran	23
Gambar 3. 2	Alur kegiatan penelitian.....	24
Gambar 3. 3	Proses input dan sortir data CSAMT pada CMT Pro	26
Gambar 3. 4	Apparent resistivity pada suatu frekuensi stacking (b) Kumpulan nilai apparent resistivity sebelum stacking ...	27
Gambar 3. 5	(a) Kurva apparent resistivity vs frequency sebelum editing (b) Kurva apparent resistivity vs frequency sesudah editing.....	28
Gambar 3. 6	(a) File 1: Salah satu sounding data set (b) File 2: File koordinat titik pengukuran CSAMT	29
Gambar 3. 7	Hasil gridding menggunakan surfer.....	30
Gambar 4. 1	Penampang resistivitas 2-dimensi data CSAMT Lintasan AK100	31
Gambar 4. 2	Penampang resistivitas 2-dimensi data CSAMT Lintasan AK200	32
Gambar 4. 3	Penampang resistivitas 2-dimensi data CSAMT Lintasan AK300	32
Gambar 4. 4	Penampang resistivitas 2-dimensi data CSAMT Lintasan AK400	33

Gambar 4. 5	Penampang resistivitas 2-dimensi data CSAMT Lintasan AK500.....	33
Gambar 4. 6	Penampang resistivitas 2-dimensi data CSAMT Lintasan AK600.....	34
Gambar 4. 7	Penampang resistivitas 2-dimensi data CSAMT Lintasan AK700.....	34
Gambar 4. 8	Gambar 4. 8 Penampang resistivitas 2-dimensi data CSAMT Lintasan AK800	35
Gambar 4. 9	Penampang resistivitas 2-dimensi data CSAMT Lintasan AK900.....	35
Gambar 4. 10	Gambar 4. 10 Penampang resistivitas 2-dimensi data CSAMT Lintasan AK1000	35
Gambar 4. 11	Penampang resistivitas 2-dimensi data CSAMT Lintasan AK1100.....	36
Gambar 4. 12	Penampang resistivitas 2-dimensi data CSAMT Lintasan AK200.....	36
Gambar 4. 13	Tampilan 3-dimensi data resistivitas dengan analisis zona anomali daerah penelitian	38
Gambar 4. 14	Interpretasi penampang resistivitas 2-dimensi Lintasan AK400.....	39
Gambar 4. 15	Interpretasi penampang resistivitas 2-dimensi Lintasan AK100, AK200, dan AK300.....	40
Gambar 4. 16	Interpretasi penampang resistivitas 2-dimensi Lintasan AK500, AK600, AK700, dan AK800	41
Gambar 4. 17	Peta sebaran nilai resistivitas lapangan “AK” Cibaliung pada level 50 meter didukung dengan data geologi berupa sebaran struktur (patahan)	43

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Tipe-tipe alterasi berdasarkan himpunan mineral (Guilbert dkk., 1986).....	9
Tabel 2. 2	Karakteristik Tipe Endapan Epitermal (White dan Hedenquist, 1995).....	10
Tabel 2. 3	Nilai resistivitas untuk beberapa material (Telford dkk., 1990).....	13
Tabel 2. 4	Daftar nilai resistivitas untuk ore mineral (Telford dkk., 1990).....	13
Tabel 3. 1	Daftar data yang digunakan dalam penelitian.....	23
Tabel 4. 1	Klasifikasi hasil interpretasi jenis alterasi terhadap analisis nilai resistivitas metode CSAMT Cibaliung.....	37

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proses mineralisasi berhubungan dengan naiknya larutan fluida hidrotermal yang meng-alterasi struktur rekahan yang dilewati. Terdapat beberapa jenis endapan hidrotermal salah satunya yaitu endapan epitermal (Hedenquist, 2017). 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 temperatur pembentukan antara 50° – 200°C. Berdasarkan kontras fluida geokimia endapan epitermal dibagi menjadi dua yaitu epitermal tipe sulfidasi rendah dan epitermal tipe sulfidasi tinggi (Septadi dkk., 2018).

Zona mineralisasi endapan epitermal umumnya didominasi oleh silika, sulfida, dan mineral lainnya dengan nilai resistivitas tertentu. Resistivitas tidak hanya mencerminkan litologi tetapi juga alterasi yang disebabkan oleh fluida hidrotermal. Endapan epitermal tipe sulfidasi rendah memiliki nilai resistivitas rendah karena urat kuarsa yang mengandung emas di sekitarnya merupakan zona alterasi argilik (Nishikawa, 1992). Proses pengendapan mineral emas yang terjadi di dalam rongga dari struktur batuan menyebabkan keberadaan mineral ini tidak terkonsentrasi pada satu tempat (Irvine dan Smith, 1990). Kondisi seperti ini akan mempersulit dalam kegiatan eksplorasi khususnya dalam melokalisasi keberadaan zona mineralisasi mineral berharga. Oleh karena itu dibutuhkan metode geofisika yang dapat memetakan keberadaan struktur batuan di bawah permukaan dan arah penyebarannya untuk melokalisasi zona mineralisasi tersebut.

Controlled Source Audio-Magnetotellurics (CSAMT) merupakan metode geofisika elektromagnetik *sounding* dengan domain frekuensi (Hamdi dkk., 2016). Metode ini mampu memetakan pola resistivitas struktur bawah permukaan pada eksplorasi alterasi hidrotermal yang berasosiasi dengan endapan metal berharga seperti emas (Hu dkk., 2013). Metode ini dapat digunakan dalam analisis persebaran zona mineralisasi berdasarkan nilai resistivitas lapisan bawah permukaan dengan kedalaman hingga 2 – 3 Km. Pengukuran data CSAMT dilakukan menggunakan sumber buatan, sehingga waktu pengukuran lebih cepat, kualitas data baik dengan sinyal yang kuat, kemampuan resolusi lateral yang baik, dan sinyal yang lebih stabil (Zonge dan Hughes, 1991; Magfiroh, 2009).

Cibaliung merupakan daerah penambangan emas milik PT. Antam yang sahamnya diakuisisi 100 % dari *ARC Exploration* sejak tahun 2009 (Chrishartantyo dkk., 2012). Terhitung dari 2010, tambang emas Cibaliung diperkirakan memiliki usia tambang 6 tahun dengan cadangan logam emas diperkirakan sekitar 12.800 kg (Kurniawan, 2010). Pemetaan geofisika untuk menemukan zona prospek baru di daerah Cibaliung metode CSAMT diperlukan untuk pengembangan lapangan. Goldie (2000) membuktikan bahwa metode

CSAMT berhasil dalam mendeliniasi zona alterasi mineral yang mempunyai prospek kandungan emas. Maka dari itu, penelitian ini bertujuan menentukan zona penyebaran alterasi mineral berdasarkan persebaran kontras resistivitas data CSAMT Lapangan “AK” Cibaliung, Banten.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang dihadapi dalam penelitian ini yaitu:

- a. Bagaimana profil persebaran zona mineralisasi epitermal daerah penelitian?
- b. Bagaimana korelasi persebaran resistivitas terhadap struktur geologi daerah penelitian?

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi oleh beberapa hal yaitu:

- a. Data sekunder penelitian ini merupakan milik Unit Geomin PT. Antam
- b. Inversi data Controlled Source Audio-Magnetotellurics (CSAMT) dibatasi pada frekuensi minimum 10 Hz.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Mengidentifikasi persebaran zona mineralisasi epitermal di daerah penelitian berdasarkan data resistivitas
- b. Menginterpretasi korelasi antara data hasil pemodelan CSAMT terhadap struktur yang berkembang di daerah penelitian.

1.5 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat berguna sebagai bahan rujukan penelitian lanjutan mengenai pengembangan wilayah prospek emas epitermal daerah penelitian dan menjadi rujukan dalam pengaplikasian metode CSAMT untuk eksplorasi mineral.

1.6 Target Luaran

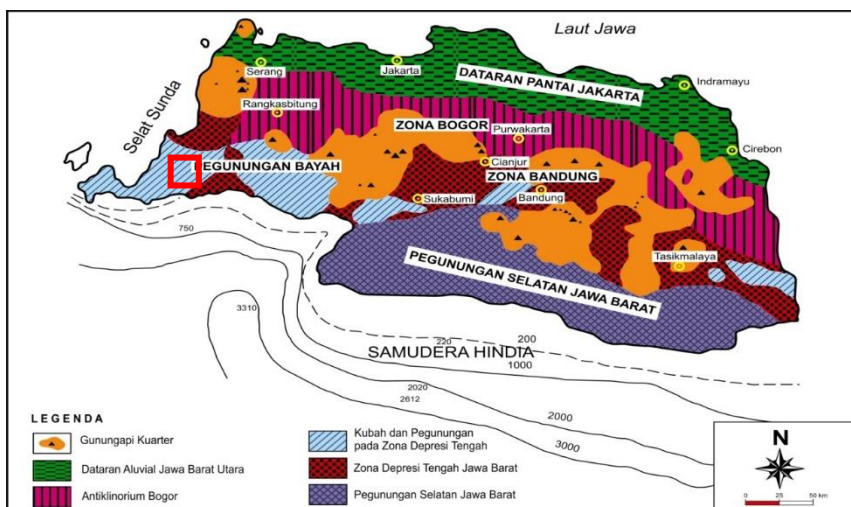
Target luaran penelitian ini merupakan publikasi ilmiah tingkat nasional atau internasional.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Daerah Penelitian

2.1.1 Fisiografi Regional

Secara regional, fisiografi Provinsi Jawa Barat dibagi menjadi empat blok yaitu Jakarta-Cirebon, Bogor, Bandung, Pegunungan Jawa Barat Selatan dan Pegunungan Bayah (Martodjodjo, 1984). Pembagian zona fisiografi ini, daerah penelitian masuk ke dalam zona Pegunungan Bayah (Basuki, dkk., 1994) dan zona Bogor (Martodjodjo, 1984) yang menempati bagian tengah selatan dari keseluruhan fisiografi Jawa Barat.



Gambar 2. 1 Peta pembagian zona fisiografi Provinsi Jawa Barat, dan kotak merah merupakan daerah penelitian di Cibaliung yang masuk kedalam fisiografi Pegunungan Bayah (Bemmelen, 1949)

Menurut Bemmelen, 1949 zona fisiografi Jawa Barat ini meliputi (Gambar 2.1):

2.1.1.1 Zona Dataran Pantai Jakarta atau Zona Dataran Aluvial Jawa Utara

Zona dataran Pantai Jakarta menempati bagian utara Pulau Jawa, yang memanjang dari barat ke timur, yaitu dari Serang sampai Cirebon sepanjang 40 km. Daerah ini merupakan hamparan endapan aluvial, endapan pantai serta aliran lumpur dari gunungapi Kuarter.

2.1.1.2 Zona Bogor

Zona Bogor ini berada di selatan zona Dataran Pantai Jakarta yang tersusun atas suatu tinggian dengan konsidi morfologi perbukitan antiklinorium yang memanjang dengan arah Barat-Timur melalui Rangkasbitung, Purwakarta dan

menerus hingga Bumiayu, Jawa Tengah. Batuan yang menyusun zona Bogor ini merupakan batuan sedimen yang terlipat kuat berumur Neogen dan batuan terobosan.

2.1.1.3 Zona Bandung

Zona Bandung membentang mulai dari Teluk Pelabuhan Ratu melalui dataran tinggi Cianjur, Bandung, Garut hingga Lembah Sungai Citanduy dan berakhir di Segara Anakan Pantai Jawa Tengah. Zona ini merupakan suatu depresi diantara jalur Pegunungan Timur-Barat, memiliki struktur bagian atas dari geantiklin Jawa yang mengalami sesar normal selama atau setelah pengangkatannya pada Tersier Akhir. Di bagian utara dan selatan dibatasi oleh deretan gunungapi. Zona ini sebagian besar ditutupi oleh endapan gunungapi Kuarter, akan tetapi di beberapa tempat masih dijumpai endapan Tersier. Zona Bandung dianggap sebagai puncak geantiklin Jawa Barat yang kemudian runtuh setelah pengangkatan dan diisi oleh endapan gunungapi muda.

2.1.1.4 Zona Pegunungan Selatan

Zona Pegunungan Selatan merupakan dataran tinggi (plato) yang berbentuk segitiga dengan puncaknya di sekitar Bandung dan memanjang dari barat ke timur, mulai dari Pangandaran bagian barat sampai ke Nusa Kambangan bagian timur. Secara keseluruhan zona ini merupakan suatu geantiklin yang agak landai dan telah miring beberapa derajat ke arah Selatan. Adanya pengangkatan yang terus menerus mengakibatkan terjadinya kembali lembah-lembah yang dalam dan sempit. Van Bemmelen menyimpulkan bahwa tidak semua daerah Pegunungan Selatan Jawa Barat tenggelam sewaktu transgresi pada kala Miosen Atas (saat seri Bentang diendapkan). Pembentukan morfologinya dipengaruhi oleh proses geologi selama proses pembentukan, perbedaan sifat kekerasan dan jenis batuan serta struktur geologinya.

2.1.1.5 Zona Pegunungan Bayah (*Punggungan depresi tengah*)

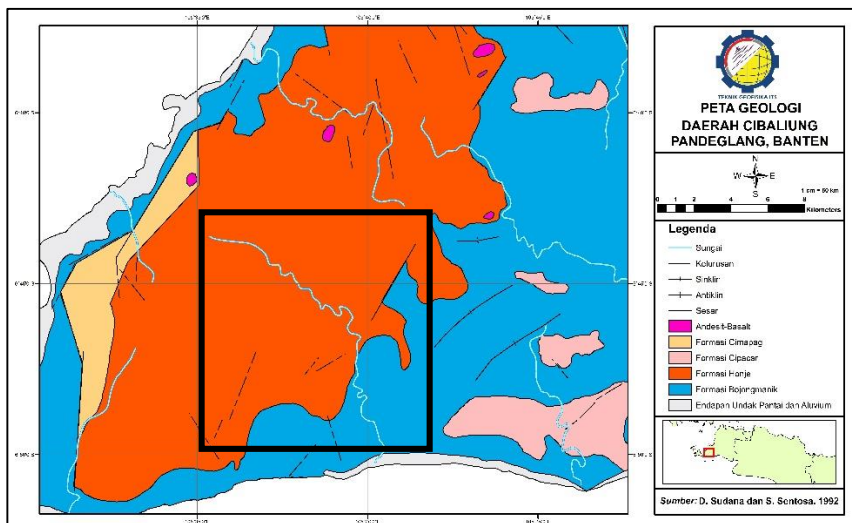
Zona Bayah ini terletak di sebelah baratdaya Jawa Barat. Morfologi yang tampak pada zona ini adalah kubah dan punggungan yang berada pada zona depresi tengah. Pegunungan Bayah yang tersusun oleh batuan yang terlipat pada awal Tersier berarah utara-selatan berupa tuf berumur Kuarter dan endapan aluvial.

Proses tektonik lempeng, pada zaman Tersier Jawa Barat Utara merupakan suatu cekungan belakang busur (*foreland basin*) dan busur magmatik (*magmatic arcs*) di bagian selatannya (Hamilton, 1979). Daerah penelitian merupakan bagian dari busur magmatik (*magmatic arc*). Busur magmatik telah mengalami migrasi ke arah selatan sejak Zaman Kapur Atas, Miosen sampai Kuarter (Hamilton, 1979).

2.1.2 Geologi Regional

Daerah Cibaliung terletak di bagian tengah busur magmatik Neogen Sunda-Banda (Carlile dan Mitchell, 1994). Letaknya berada dalam zona transisi diantara *right-lateral strike-slip* yang mendominasi pergerakan sesar sepanjang Sumatra berorientasi barat laut dengan patahan kompresional di Jawa berorientasi timur-

barat. Secara regional, di daerah ini terdapat kompleks batuan beku Honje yang terletak 15 km di barat dan terpisah dari Bayah *Dome* dimana Gunung Pongkor dan distrik mineral Cikotok berada. Batuan di kompleks Honje *Igneous* sangat mirip dengan yang ada di Kubah Bayah yaitu Oligosen ke riakolit riolitik kuarter ke batu andesitik dengan sedikit intrusi (Marcoux dan Milési, 1994). Kehadiran batuan beku basa dan asam secara bersamaan menandakan adanya vulkanisme bimodal bahwa Kompleks Honje *Igneous* berkembang di lingkungan *back arc-rifting* yang sebanding dengan Kubah Bayah (A. Angeles dkk., 2002)



Gambar 2. 2 Peta geologi daerah Cibaliung (dimodifikasi dan diadaptasi dari Sudana dan Santosa, 1992)

Unit batuan tertua yaitu Formasi Honje yang kemungkinan berusia Miosen Akhir (Marjoribanks, 2000). Hal ini setara dengan satuan yang serupa yang ditunjukkan pada peta geologi Lembar Cikarang (Sudana dan Santosa, 1992). Formasi ini terdiri dari sekuen tebal dari andesit basaltik hingga aliran andesit dan breksi vulkanik dengan beberapa selingan sedimen. Formasi ini terlipat dan patah, diketahui dari *north-trending horst* (struktur tinggi) yang dibatasi oleh *west-dipping* sesar normal di sepanjang pesisir Jawa ke barat, dan *east dipping* sesar normal di bawah cekungan sedimen ke timur. Di atasnya, Formasi Honje yang tidak selaras adalah lembaran datar masif tuff dasitik yang disebut Tuff Cibaliung (A. Angeles dkk., 2002; Marjoribanks, 2000)

Sekuen batuan sedimen yang lebih muda dengan *dipping* ke timur menutupi satuan batuan di atasnya (A. Angeles dkk., 2002; Marjoribanks, 2000). Batuan ini kurang lebih setara dengan unit sedimen yang ditunjukkan pada peta geologi yang ada, yaitu Formasi Bojongmanik berumur Miosen Akhir dan Formasi Cipacar berumur Pleosen (Sudana dan Santosa, 1992). Unit sedimen lebih ke

bawah terdiri dari konglomerat, *calcareous sandstone* dan *claystone*, dan *limestone* dengan beberapa interkalasi lignit. *Bedding dips* sangat curam dengan sudut sekitar 20-30 ° yang paling ekstrim di barat dan sub-horizontal di timur.

2.1.3 Statigrafi Regional

Sudana dan Santosa (1992) dalam Peta Geologi Lembar Cikarang skala 1:100.000 membagi stratigrafi regional daerah penelitian ke dalam enam formasi yaitu Fm. Cimapag, Fm. Honje, Fm. Bojongmanik, Fm. Cipacar, Fm. Andesit-Basaltik, Fm. Bojong. Daerah Penelitian berada di dalam Formasi Honje dan Bojongmanik. Berikut deskripsi Formasi dalam Sudana dan Santosa (1992).

2.1.3.1 Formasi Cimapag

Formasi ini terdiri dari dua bagian, bagian bawah terdiri dari litologi breksi aneka bahan, lava andesit, batupasir, batulempung, batugamping, konglomerat, aglomerat dan tuff; bagian atas terdiri dari tuf dasit, lava andesit, dan tuff breksi. Umurnya diduga Miosen Awal.

Formasi Cimapag dapat dibandingkan dengan Formasi Cikancana di Lembar Ujungkulon yang berumur tidak lebih tua dari Miosen. Tebal satuan ini diperkirakan 400 m. Formasi ini ditindih tak selaras oleh Formasi Bojongmanik dan setempat diterobos oleh andesit-basalt (Sudana dan Santosa, 1992)

2.1.3.2 Formasi Honje

Satuan ini terdiri dari litologi berupa breksi gunungapi, tuf, lava, andesit-basal, dan kayu terkarsikkan. Formasi ini diduga berumur Miosen Akhir berdasarkan sebagian dari satuan batuan ini yang menjemari dengan Formasi Bojongmanik. Tebal Formasi Honje diperkirakan berkisar dari 500–600 m. Sebarannya terdapat di sekitar Gn. Honje, Gn. Tilu, dan daerah Citerureup; setempat diterobos batuan andesit-basalt (Sudana dan Santosa, 1992).

2.1.3.3 Formasi Bojongmanik

Formasi Bojongmanik terdiri dari litologi berupa perselingan batupasir dan batulempung bersisipan napal, batugamping, konglomerat, tuf, dan lignit. Fosil-fosil foraminifera yang ditemukan pada satuan ini menunjukkan umur Miosen Akhir-Pliosen atau pada zonasi Blow N16–N19. Selain fosil foraminifera ditemukan juga pecahan moluska, ostrakoda, ekinoid, dan kerang dengan lingkungan pengendapan darat hingga laut dangkal. Tebal formasi ini diperkirakan mencapai 400 m (Sudana dan Santosa, 1992).

2.1.3.4 Formasi Cipacar

Formasi ini terdiri dari tuf, tuf berbatuapung, batupasir tuf, batulempung tuf, tuf breksi, dan napal. Satuan ini umumnya berlapis baik dan tebalnya diperkirakan ± 250 m, ditindih tak selaras oleh Formasi Bojong dan satuan batuan yang lebih muda. Fosil-fosil foraminifera dalam formasi ini menunjukkan umur relatif Pliosen (N19-N21). Dalam formasi ini dijumpai pula fosil moluska, kerang-kerangan dan ostrakoda. Lingkungan pengendapannya adalah darat-laut dangkal (Sudana dan Santosa, 1992).

2.1.3.5 Andesit-Basalt

Batuan terobosan berupa andesit dan basalt yang diduga berumur Pliosen. Satuan ini menerobos Formasi Cimapag dan Formasi Honje (Sudana dan Santosa, 1992).

2.1.3.6 Formasi Bojong

Formasi ini terdiri dari litologi berupa batupasir gampingan, batulempung karbonan, napal, lensa batugamping, tuf, dan gambut. Formasi ini umumnya berlapis baik, tebalnya antara 150-200 m, ditindih tak selaras oleh satuan batuan yang lebih muda. Fosil-fosil foraminifera yang ditemukan pada formasi ini menunjukkan umur relatif Pleistosen. Lingkungan pengendapannya adalah litoral luar (Sudana dan Santosa, 1992).

2.1.4 Geologi Lokal

Batuan induk (*hostrock*) dari endapan Cibaliung adalah Formasi Honje yang terdiri dari lava andesit basaltik dan breksi vulkanik yang diselingi dengan batuan sedimen tuff. Lava andesit secara masif menunjukkan tekstur *trachytic* pada sayatan tipis. Breksi vulkanik menunjukkan tekstur *hyaloclastites* yang mengindikasikan pendinginan selama pembentukan dan mengisyaratkan terbentuk di lingkungan *sub-aqueous*. Formasi Honje diintrusi oleh andesit sub-vulkanik dan breksi *diatreme*. Formasi Honje telah mengalami perubahan akibat fluida hidrotermal yang semakin melemah ke selatan (Harijoko dkk., 2004).

Formasi Honje secara tidak selaras tertutupi oleh dua unit tuff yaitu *un-named tuff* dan tuff Cibaliung. Ketidakselaran ini ditunjukkan oleh dua lapisan paleosol yang berbeda, yang memisahkan tuff Cibaliung dari *un-named tuff* dan unit tuff dari andesit basaltik Formasi Honje. Hal ini menunjukkan bahwa Formasi Honje tersingkap dan mengalami pelapukan sebelum pengendapan tuff Cibaliung. Tuff Cibaliung terdiri dari beberapa unit tuff termasuk *tuff pumice lithic*, *ignimbrite (welded tuff)* dan akresi lapili dari komposisi dasit. Tekstur menunjukkan bahwa tuff Cibaliung terbentuk oleh aliran piroklastik dan jatuhnya dari udara. Tuff didasari oleh paleosol menunjukkan bahwa tuff tersebut terbentuk di lingkungan *sub-aerial*. Tuff terdiri dari fragmen lapukan batuan dan alterasi, batupung segar, dan obsidian sebagai tambahan fenokris seperti plagioklas dan kuarsa. Fragmen-fragmen dan fenokris tertanam di dasar tanah *aphanitic* (Harijoko dkk., 2004).

2.2 Genesa Endapan Hidrotermal

2.2.1 Proses Hidrotermal

Keberadaan emas primer terjadi akibat adanya proses magmatisme, dimana proses magmatisme ini akan menghasilkan konsentrasi kejenuhan magma yang bercampur dengan batuan dinding pada penurunan suhu tertentu sehingga menghasilkan mineral-mineral logam khususnya mineral pembawa emas (unsur Au). Proses konsentrasi antara magma dengan batuan dinding ini dinamakan proses hidrotermal. Larutan hidrotermal umumnya berasosiasi dengan proses magmatik, namun dapat pula berasal dari air meteorik, air *connate* atau air yang

mengandung mineral yang dihasilkan selama proses metamorfisme yang kemudian terpanaskan di dalam bumi (Bateman dkk., 1981).

Larutan hidrotermal adalah cairan bertemperatur tinggi (100 sampai 500°C) sisa pendinginan magma yang mampu merubah dan membentuk mineral-mineral tertentu. Secara umum cairan sisa kristalisasi magma tersebut bersifat silika yang kaya alumina, alkali dan alkali tanah, mengandung air dan unsur-unsur volatil (Bateman dkk., 1991). Larutan hidrotermal terbentuk pada fase akhir dari siklus pembekuan magma dan umumnya terakumulasi pada litologi dengan permeabilitas tinggi atau pada zona lemah. Interaksi antara fluida hidrotermal dengan batuan yang dilaluinya (*wall rock*) akan menyebabkan terubahnya mineral primer menjadi mineral sekunder (*alteration minerals*). Proses ubahan ini disebabkan oleh kecenderungan mineral dalam batuan untuk membentuk suatu mineral baru agar mencapai kesetimbangan. Sesuai dengan perubahan kondisi pH dan temperatur. Menurut (Bateman, dkk., 1991), faktor-faktor yang mempengaruhi tipe dan intensitas ubahan hidrotermal adalah:

- Karakteristik dan komposisi dari batuan induk (*host rock*).
- Komposisi larutan hidrotermal
- Tekanan dan temperatur serta perubahan fase pada larutan hidrotermal.
- Zona lemah yang berfungsi sebagai saluran untuk lewat larutan hidrotermal.

Temperatur dan sifat kimia (pH) larutan hidrotermal dianggap sebagai dua faktor yang paling berpengaruh dalam proses ubahan hidrotermal (Corbett dkk., 1988). Endapan hidrotermal dapat dibagi menjadi beberapa kelompok endapan, yaitu:

- a. Endapan yang berhubungan dengan batuan beku
 - Porfiri : Endapan pembawa unsur Cu, Au, Mo. Contoh di Grasberg dan Batuhijau.
 - Skarn : Endapan pembawa unsur Cu, Au, Fe. Contoh di Etzberg.
 - Greisen : Endapan pembawa unsur Sn, W. Contoh di Pulau Bangka.
 - Epitermal (*low & high sulphidation type, carlin type*): Endapan pembawa unsur Au, Cu, Ag, Pb. Contoh di Pongkor dan M. Muro.
 - *Massive Sulphide Volcanogenic*: Endapan pembawa unsur Au, Pb, Zn. Contoh di Wetar.
 -
- b. Endapan yang tidak berhubungan dengan batuan beku
 - *Lateral Secretion (Mississippi Valley Type)*: Au, Pb, Zn.

2.2.2 Alterasi Hidrotermal

Alterasi hidrotermal merupakan proses yang kompleks karena melibatkan perubahan mineralogi, kimiawi dan tekstur hasil dari interaksi fluida hidrotermal dengan batuan yang dilaluinya. Perubahan-perubahan tersebut tergantung pada karakteristik batuan sampling, sifat fluida (Eh dan pH), kondisi tekanan dan temperatur pada saat reaksi berlangsung, konsentrasi dan lama aktivitas hidrotermal. Proses hidrotermal pada keadaan kesetimbangan tertentu akan

menghasilkan kumpulan mineral tertentu yang dikenal sebagai himpunan mineral. Secara umum himpunan mineral tertentu akan mencerminkan tipe alterasinya, sehingga dapat dikelompokkan sebagai berikut:

Tabel 2. 1 Tipe-tipe alterasi berdasarkan himpunan mineral (Guilbert dan Park, 1986)

Tipe Alterasi	Mineral Utama	Mineral Penyerta	Keterangan
Propilitik	Klorit Epidot Karbonat	Albit Kuarsa Kalsit Pirit Lempung/illit Oksida besi	Temperatur 200 – 300°C, Salinitas beragam, pH mendekati netral, Daerah dengan permeabilitas rendah
Argilik	Smektit Montmorilonit Illit-smektit Kaolinit	Pirit Klorit Kalsit Kuarsa	Temperatur 100 – 300°C, Salinitas rendah, pH asam – netral.
Advanced Argilik (<i>low temperature</i>)	Kaolinit Alunit	Kalsedon Kristobalit Kuarsa Pirit	Temperatur 180°C pH asam
Advanced Argilik (<i>high temperature</i>)	Pirofilit Diaspor Andalusit	Kuarsa Tourmalin Enargit Luzonit	Temperatur 250 – 350°C, pH asam
Potasik	Adularia Biotit Kuarsa	Klorit Epidot Pirit Illit-serisit	Temperatur > 300°C, Salinitas tinggi, Dekat dengan batuan intrusif.
Filik	Kuarsa Serisit Pirit	Anhidrit Pirit Kalsit Rutil	Temperatur 230 – 400°C, Salinitas beragam, pH asam – neutral, Zona permeable pada batas urat.
Serisitik	Serisit (illit) Kuarsa Muskovit	Pirit Illit-serisit	-
Silisifikasi	Kuarsa	Pirit Illit-serisit Adularia	-
Skarn	Garnet Piroksen	Wolastonit Klorit	Temperatur 300 – 700°C,

	Amfibol Epidot Magnetit	Biotit	Salinitas tinggi, Umum pada batuan samping karbonat.
--	-------------------------------	--------	--

2.2.3 Endapan Epitermal

Endapan hidrotermal dibagi menjadi tiga jenis, berdasarkan temperatur, tekanan dan kondisi geologi pada saat pembentukannya, yaitu endapan hipotermal, endapan mesotermal dan endapan epitermal. Endapan epitermal merupakan endapan metalliferous yang terbentuk di dekat permukaan oleh fluida termal yang bergerak naik dan berhubungan dengan batuan beku. Sistem epitermal dibagi menjadi dua yang dibedakan berdasarkan sifat kimia fluidanya yaitu sulfida rendah dan sulfida tinggi (White dan Hedenquist, 1995). 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 sistem epitermal sulfida tinggi dicirikan oleh kelompok mineral luzonit-enargit, dengan tipe alterasi argilik. Karakteristik kedua endapan tersebut dapat dilihat pada Tabel

Tabel 2. 2 Karakteristik Tipe Endapan Epitermal (White dan Hedenquist, 1995)

Komponen Pendekatan	Sulfida Rendah	Sulfida Tinggi
Batuan induk (<i>Host rock</i>)	Volkanik subaerial asam intermediet, dan semua tipe <i>basement rock</i> .	Volkanik subaerial asam intermediet dan semua tipe <i>basement rock</i> .
Kontrol secara lokal	Zona sesar atau rekahan terutama yang dekat dengan pusat vulkanik.	Sesar regional mayor atau intrusi subvulkanik.
Kedalaman dan temperatur pembentukan	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 magmatic 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 magmatic Oksidasi kandungan total S tinggi, logam dasar dapat tinggi (Cu).
Alterasi	Alterasi propilitik yang luas di sekitarnya dengan	Alterasi propilitik yang luas di sekitarnya dengan rasio

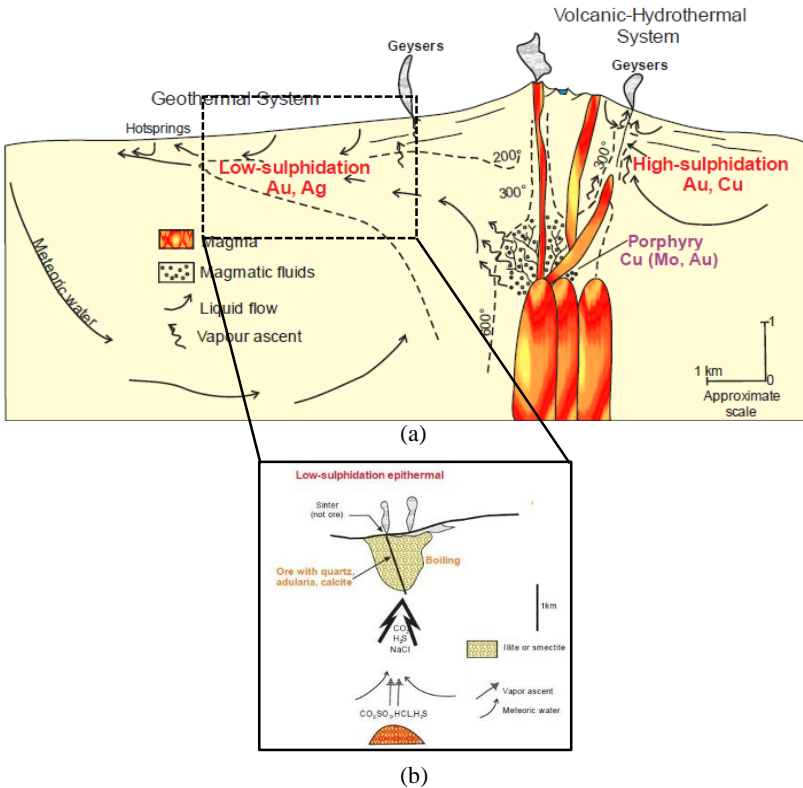
	rasio air banding batuan rendah, mika putih dengan rasio air banding batuan tinggi, alterasi langsung menjadi dominan dengan penurunan temperatur. <i>Boiled of gases</i> dapat menghasilkan alterasi argilik dan argilik lanjut.	air banding batuan rendah, endapan yang dalam memiliki alterasi profilit mika putih yang kuat, endapan yang dangkal memiliki inti silika massif, dengan bagian tepi alunit dan 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> kuarsakalsedoni, <i>drusy cavities, vugs, vein breccia, silika sedomorph.</i>	Silika <i>vuggy</i> (kuarsa berbutir halus), silika massif (kuarsa berbutir halus).

2.2.4 Epitermal Sulfidasi Rendah

Sistem epitermal sulfidasi rendah dicirikan dengan mineral *quartz-adularia-sericite-calcite*. Endapan bijih epitermal sulfidasi rendah sebagian besar mempunyai jenis mineralisasi berupa *vein* atau *stockwork* yang sifatnya berasosiasi dengan *chalcidonic silika* dengan atau tanpa adularia. Sistem ini secara umum rendah akan kandungan sulfida dan didominasi oleh mineralisasi Au dan Ag namun mungkin terdapat anomali berupa Cu, Sn, dan Zn. Tipe epitermal ini sebagian besar berasosiasi dan didominasi oleh alterasi *clay* yang menghasilkan *illite* atau *illite-smectite* dan adularia (White dan Hedenquist, 1995).

Endapan epitermal terbentuk akibat fluida magmatik yang membawa logam dalam bentuk larutan bermigrasi dari intrusi (magma) ke kerak yang lebih tinggi. Fluida magmatik berinteraksi dengan batuan sekitarnya untuk waktu yang lama dan menjadi lebih encer akibat tercampur oleh fluida meteorik sehingga menghasilkan fluida dengan pH netral. Sebagian besar endapan epitermal sulfidasi rendah terjadi akibat fluida campuran antara fluida magmatik dan meteorik berinteraksi dengan batuan sekitar dan terjadilah proses *boiling* secara alami. Proses ini terjadi pada kedalaman sekitar 300 meter dari permukaan tanah.

Proses *boiling* menyebabkan fluida bijih melimpahkan mineralnya ke ruang terbuka (*open space*) yang tersedia (*fissures* dan *veins*). Proses *boiling* menghasilkan pembreksian pada *host rock*. Proses *boiling* dan pendinginan yang sangat cepat menghasilkan bijih yang sangat halus. Jenis-jenis logam didapatkan terlebih dahulu (sangat cepat) kemudian diikuti oleh kuarsa, kalsit dan adularia secara bertahap hingga semua ruang terbuka terisi. Kuarsa terus didapatkan hingga *fissure/vein* tertutup. Ketika hal ini terjadi, tekanan gas/fluida di bawahnya meningkat dan menyebabkan tutupan yang terbentuk pecah. Proses episodik yang kuat ini merobek tutupan *vein* (dan di beberapa tempat, *host rock*) yang didapatkan sebelumnya dan menutupinya dengan tutupan baru. Hal inilah yang menyebabkan epitermal sulfidasi rendah memiliki karakteristik *vein* dengan perlapisan yang berulang dan tekstur breksi.



Gambar 2. 3 Model endapan dari proses hidrotermal (dengan modifikasi) (Hedenquist dan Lowenstern, 1994) (b) Model endapan epitermal tipe sulfidasi rendah yang berhubungan dengan tipe fluida dan zona alterasi di sekitarnya (dengan modifikasi) (White dan Hedenquist, 1995)

2.3 Resistivitas Bahan

Resistivitas batuan adalah hambatan dari batuan terhadap aliran listrik. Resistivitas batuan dipengaruhi oleh porositas, kadar air, dan mineral. Menurut Telford dkk., 1990 aliran arus listrik di dalam batuan dan mineral dapat digolongkan menjadi tiga macam, yaitu konduksi secara elektronik, konduksi secara elektrolitik, dan konduksi secara dielektrik. Nilai konduktivitas dan resistivitas material yang terdapat di bumi memiliki nilai berbeda-beda. Hubungan antara nilai konduktivitas dengan nilai resistivitas saling berkebalikan antara satu sama lain. Konduktivitas dan resistivitas suatu batuan umumnya bergantung pada interkoneksi dari struktur batuan penyusunnya dan kandungan mineral atau fluida pada interkoneksi tersebut (Telford dkk., 1990)

Tabel 2. 3 Nilai resistivitas untuk beberapa material (Telford dkk., 1990)

Material	Nilai Resistivitas	Material	Nilai Resistivitas
Conductor		Semiconductor	
<i>Silver</i>	$1,59 \times 10^{-8}$	<i>Salt Water</i>	$4,4 \times 10^{-2}$
<i>Copper</i>	$1,68 \times 10^{-8}$	<i>Germanium</i>	$4,6 \times 10^{-1}$
<i>Gold</i>	$2,21 \times 10^{-8}$	<i>Diamond</i>	2,7
Aluminium	$2,65 \times 10^{-8}$	<i>Silicon</i>	$2,5 \times 10^3$
Iron	$9,61 \times 10^{-8}$	Insulator	
<i>Mercury</i>	$9,58 \times 10^{-7}$	<i>Water</i>	$2,5 \times 10^5$
<i>Nichrome</i>	$1,00 \times 10^{-6}$	<i>Wood</i>	$\times 10^{11}$
<i>Maganese</i>	$1,44 \times 10^{-6}$	<i>Quartz</i>	$\times 10^{16}$

Tabel 2. 4 Daftar nilai resistivitas untuk ore mineral (Telford dkk., 1990)

Jenis Material	Nilai Resistivitas (Ohm-meter)
<i>Pyrrhotite</i>	0,001 – 0,01
Galena	0,001 – 100
<i>Phyrite</i>	0,05 – 0,1
<i>Magnetite</i>	1 – 100
<i>Quartz</i>	$10^3 - 2 \times 10^8$
<i>Smectite</i>	0,05 – 500

2.4 Metode *Controlled Source Audio Magnetotelluric* (CSAMT)

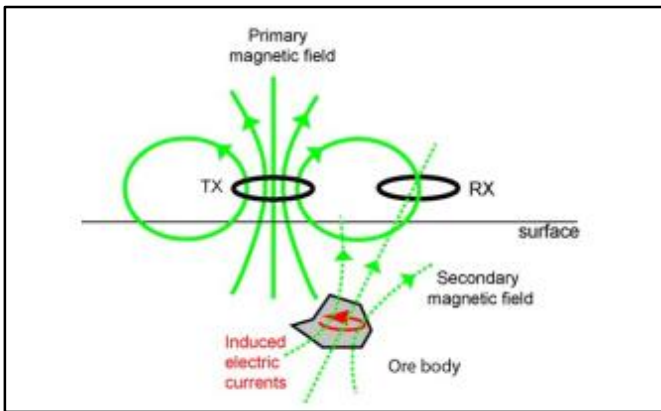
Controlled source audio-magnetotellurics (CSAMT) adalah salah satu metode geofisika *sounding* dengan frekuensi domain elektromagnetik yang menggunakan dipol listrik atau loop horizontal sebagai sumber sinyal buatan. Komponen medan listrik dan medan magnet saling tegak lurus yang diukur idealnya jauh dari sumbernya. Resistivitas semu diperoleh dari perbandingan antara rasio besaran tegak lurus, medan listrik horizontal, dan medan magnet. Perbedaan antara sudut fase medan listrik dan medan magnet menghasilkan fase impedansi. Pengukuran CSAMT biasanya dilakukan dalam rentang frekuensi 0,1

Hz hingga 10 kHz. CSAMT sangat efektif untuk mendeteksi dan memetakan kontras resistivitas hingga kedalaman 2 sampai 3 km dari permukaan bumi (Zonge dan Hughes, 1991). Metode ini mempunyai jangkauan penetrasi yang dalam dan beresolusi tinggi yang baik digunakan dalam pemetaan silifikasi, alterasi hidrotermal, dan struktur/litologi yang berasosiasi dengan endapan metal berharga (Chen, 1993).

Metode CSAMT pada dasarnya sama dengan metode Natural-Source Magnetotellurics (MT) dan metode Audio-Magnetotellurics (AMT). Perbedaan yang mendasar dari metode ini adalah penggunaan sumber buatan pada CSAMT yang diletakkan pada jarak tertentu. Sumber ini menghasilkan sinyal stabil, yang menghasilkan keakuratan lebih tinggi serta biaya eksplorasi yang lebih ekonomis jika dibandingkan dengan menggunakan sumber alami pada panjang gelombang yang sama. Akan tetapi CSAMT juga memiliki interpretasi yang kompleks dengan adanya efek sumber dan batasan-batasan yang dimiliki oleh alat survei saat di lapangan pengukuran (Zonge dan Hughes, 1991).

2.4.1 Prinsip Metode CSAMT

CSAMT yang termasuk ke dalam metoda elektromagnetik yang diawali dengan medan magnet primer dihasilkan dari aliran arus listrik dari loop *transmitter* (TX). Arus *transmitter* berubah terhadap waktu sehingga menghasilkan medan magnet yang juga berubah terhadap waktu. Perubahan medan magnet terhadap waktu dan menghasilkan arus listrik sekunder pada konduktor. Medan magnetik sekunder melewati RX, yang dimana RX juga merupakan loop dari alat. Perubahan medan magnet sekunder terhadap waktu menghasilkan tegangan sekunder pada RX. Pengukuran dari tegangan sekunder dapat memberikan informasi mengenai ukuran serta lokasi dari konduktor (Unsworth, 2009). Skema ini tampak pada (Gambar 2.4).



Gambar 2. 4 Skema metoda elektromagnetik secara sederhana (Unsworth, 2009)

2.4.2 Persamaan Maxwell

Dasar teori dari metode CSAMT adalah persamaan Maxwell yang merupakan persamaan umum untuk mendeskripsikan sifat gelombang elektromagnetik (Zonge dan Hughes, 1991). Dasar Teori Persamaan Maxwell merupakan sintesa hasil-hasil eksperimen (empiris) mengenai fenomena kelistrikan dan kemagnetan yang didapatkan oleh Faraday, Ampere, Gauss, Columb, disamping yang dilakukan oleh Maxwell sendiri (Grandis, 2016). Dalam bentuk diferensial, persamaan Maxwell dalam domain frekuensi dapat dituliskan sebagai berikut:

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

$$\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} \quad (2)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = q \quad (3)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0 \quad (4)$$

dimana, E medan listrik (volt/m), B fluks atau induksi magnetik (Wb/m² atau T), H medan magnet (ampere/m), rapat arus (ampere/m²), dan D merupakan perpindahan listrik (coulomb/m²)

Persamaan (1) diturunkan dari Hukum Faraday, yang menjelaskan adanya perubahan medan magnet terhadap waktu yang menyebabkan terbentuknya medan listrik. Persamaan (2) diturunkan dari Hukum Ampere, yang menjelaskan bahwa medan magnet tidak hanya terjadi karena adanya sumber medan listrik terhadap waktu sehingga menginduksi medan magnet. Persamaan (3) menyatakan Hukum Coulomb, yang menjelaskan medan listrik disebabkan oleh adanya muatan listrik yang berperan sebagai sumbernya. Sedangkan persamaan (4), menyatakan Hukum Kontinuitas Fluks Magnet yang menjelaskan bahwa medan magnet tidak bersifat monopol (Telford dkk., 1990).

2.4.3 Skin Depth

Medan elektromagnetik akan teratenuasi ketika melewati lapisan konduktif, jarak maksimum yang dapat dicapai oleh medan elektromagnetik saat menembus lapisan konduktif ini dinamakan *skin depth* (δ). Nilai *skin depth* dipengaruhi oleh resistivitas bahan dan frekuensi yang digunakan (Zonge dan Hughes, 1991).

$$\delta = 503 \sqrt{\frac{\rho}{f}} \quad (5)$$

Dimana δ adalah skin depth, f adalah frekuensi, ρ adalah *apparent resistivity*. Dari persamaan menunjukkan tidak hanya bergantung pada nilai

resistivitas batuan permukaan tanah, tetapi juga bergantung kepada frekuensi pada alat.

Effective Depth Penetration (D) adalah kedalaman yang dapat dicapai saat dilakukan survei CSAMT. Nilai D ini dapat ditulis sesuai dengan persamaan (6) (Zonge dan Hughes, 1991).

$$D = 356 \sqrt{\frac{\rho}{f}} \tag{6}$$

2.4.4 Persamaan Cagniard

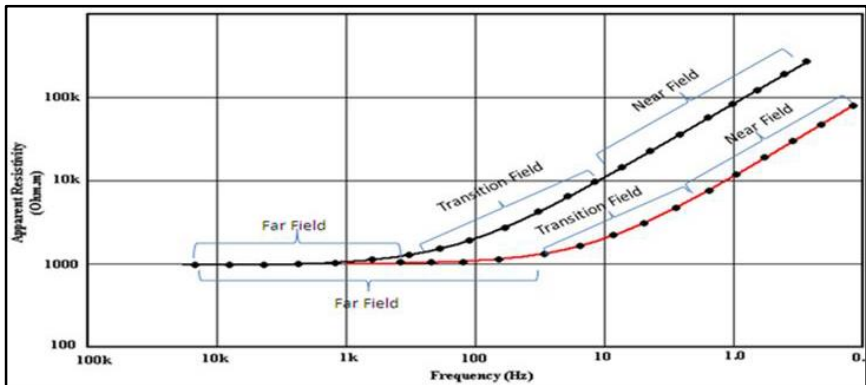
Pada pengukuran dengan menggunakan metode CSAMT, data yang didapat pada pengukuran adalah berupa medan listrik dan medan magnet. Sedangkan yang ingin dicari adalah memetakan nilai resistivitas di bawah permukaan, oleh sebab itu data yang didapat dari lapangan yang berupa medan listrik dan medan magnet haruslah diubah terlebih dahulu menjadi nilai resistivitas yang ingin dipetakan. Untuk mendapatkan nilai resistivitas batuan di bawah permukaan dapat digunakan persamaan yang biasa disebut dengan persamaan *Cagniard Resistivity* yang ditunjukkan pada persamaan (7) (Zonge dan Hughes, 1991)

$$\rho = \frac{1}{5f} \left| \frac{E_x}{H_y} \right|^2 \tag{7}$$

2.4.5 Far Field dan Near Field pada CSAMT

Respon CSAMT berdasarkan jarak transmitter- receiver dibagi menjadi tiga zona antara lain: zona *near field*, zona *far field*, dan zona transisi (Hamdi dkk, 2016). Jarak tersebut adalah jarak dalam koteks induksi yaitu relatif terhadap *skin depth* yang merupakan fungsi dari frekuensi dan tahanan jenis medium (Grandis, 2000; Yamashita dkk., 1985; Zonge dan Hughes, 1991). Pada zona *far field*, sumber sinyal dianggap terletak pada jarak yang sangat jauh sehingga dapat diasumsikan sebagai gelombang bidang dan persamaan Cagniard dapat diaplikasikan untuk menghitung nilai resistivitas. Pada zona *near field* dan transisi, efek sumber dapat terekam secara langsung oleh receiver dan asumsi gelombang bidang tidak dapat digunakan karena sumber sinyal pada metode terlalu dekat sehingga pada keadaan ini akan menimbulkan masalah yang cukup sulit dalam perhitungan matematika maupun kepentingan interpretasi (Hamdi dkk., 2016)

Berikut merupakan hasil data yang menunjukkan adanya zona jauh (*far field*), zona dekat (*near field*) dan zona transisi (*transision zone*).



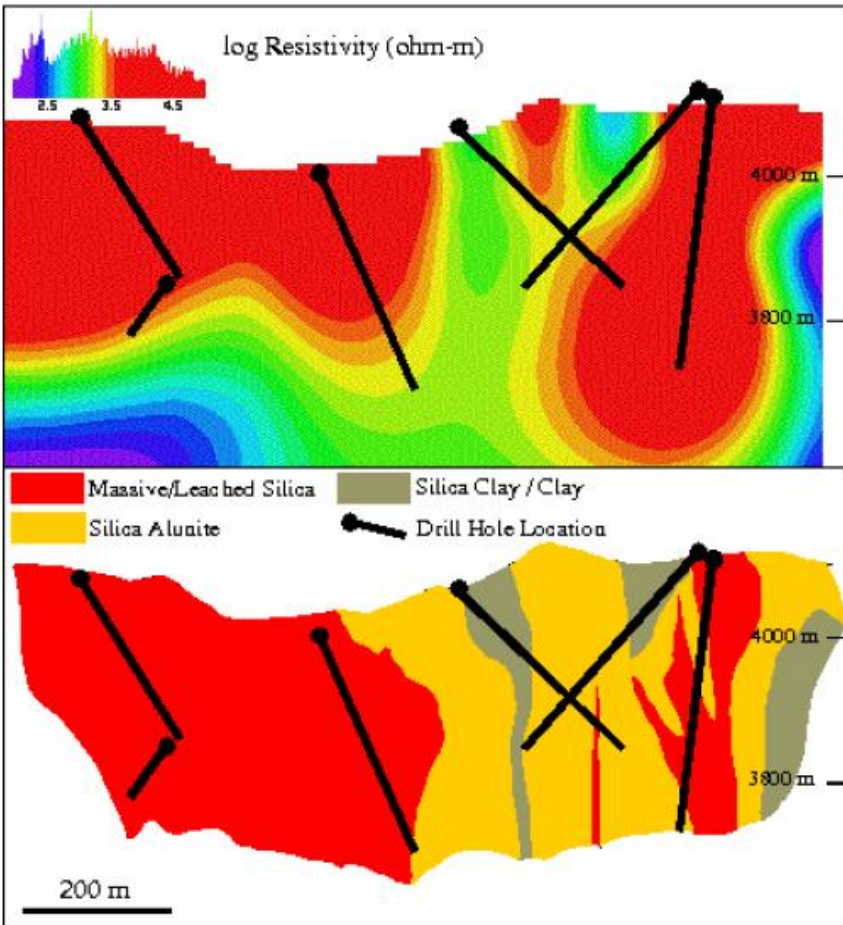
Gambar 2. 5 Gambar zona jauh (far field), zona dekat (near field) dan zona transisi (transision zone) (Yamashita, 2006).

2.5 Inversi Non-Linear Conjugate Gradient (NLCG)

Inversi adalah suatu proses pengolahan data lapangan yang melibatkan teknik penyelesaian matematika dan statistik untuk memperoleh distribusi sifat fisis bawah permukaan. Analisis terhadap data lapangan dilakukan dengan cara melakukan pencocokan kurva antara model matematika dengan data lapangan.

Pada penelitian ini digunakan metode inversi Nonlinear Conjugate Gradient (NLCG). Metode NLCG mampu memperkecil suatu fungsi objek yang terdapat pada data residual dan *second spatial derivatives* dari resistivitas. Metode NLCG dapat secara langsung meminimalisasi problem yang bukan kuadratik, membebaskan kerangka iterasi, dan inversi linear. Inversi NLCG adalah suatu inversi yang terdiri dari 2 loop, yaitu *loop conjugate-gradient* dan *loop line-search* yang dapat meminimumkan suatu fungsi (Rodi & Mackie, 2001). *Loop* sekunder melakukan *line-search*. Minimisasi fungsi objektif psi menjadi problem minimisasi satu dimensi dengan parameter alfa ($\min\Psi(\alpha)$). *Line-search* inilah yang sifatnya non-linier. Inversi NLCG lebih baik dalam meminimumkan fungsi dibandingkan dengan metode *steepest descent*. Yang mana metode *steepest descent* bergerak zig-zag dalam menurunkan fungsi. Sedangkan NLCG bergerak seperti arah *conjugate gradient*. Metode NLCG mengevaluasi fungsi forward untuk setiap model terbaru. Oleh karena itu, masing-masing tahap pencarian lintasan menyelesaikan dua atau tiga problem forward (Rodi dan Mackie, 2001)

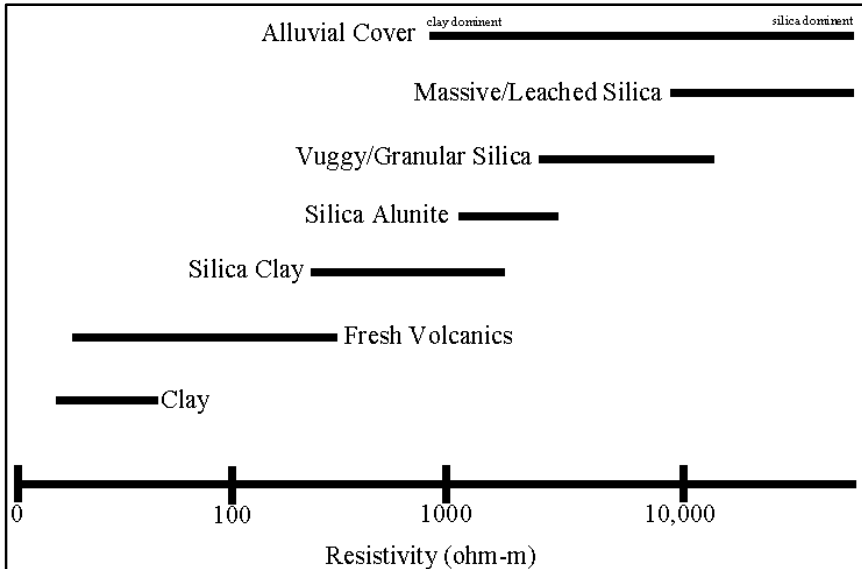
2.6 Penelitian Terdahulu



Gambar 2. 6 Contoh respons resistivitas hasil inversi model 2D CSAMT dibandingkan dengan geologi *section* (Goldie, 2000)

Penelitian dilakukan oleh (Goldie, 2000) membahas tentang beberapa studi geofisika di salah satu deposit emas acid-sulphate terbesar di dunia yaitu distrik emas Yanacocha, Peru. Eksplorasi difokuskan untuk menggambarkan anomali dekat permukaan, badan silika teroksidasi yang sebagian besar mengandung emas ekonomis. Pemetaan badan silika berhasil dicapai dengan survei resistivitas. Salah satu survei resistivitas yang digunakan yaitu metode CSAMT. Metode CSAMT digunakan sebagai survei awal untuk membantu penargetan bor dengan meningkatkan resolusi data resistivitas yang dikumpulkan dengan metode geofisika lainnya yaitu metode IP/ resistivitas dan TDEM (Goldie, 2000).

Berdasarkan korelasi antara suvei CSAMT dengan data bor (Gambar 2.6), (Goldie, 2000) dapat mendefinisikan perbedaan kontras resistivitas yang ditunjukkan data CSAMT. (Goldie, 2000) menyebutkan bahwa pada resistivitas berkisar 10 ribuan Ohm.m merepresentasikan silika yang paling kompak, sedangkan nilai resistivitas 10-an Ohm.m merupakan representasi yang mewakili *clay* dan batuan vulkanik segar. Sedangkan nilai resistivitas diantara nilai-nilai tersebut didefinisikan berdasarkan nilai resistivitas di bawah ini.

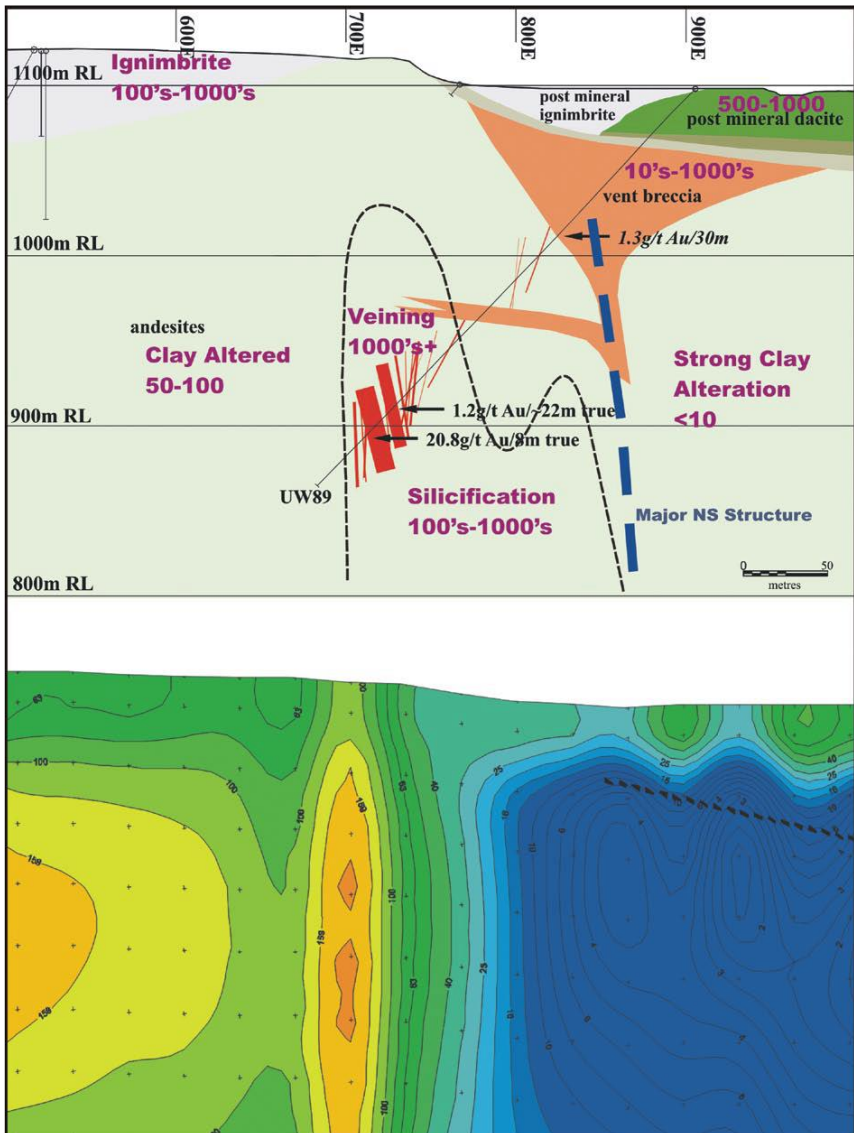


Gambar 2. 7 Rentang resistivitas dari tipe batuan/mineral di Yanacocha (Goldie, 2000)

Penelitian yang dilakukan oleh Hoschke (2011) yang membahas tentang respon metode geofisika untuk target endapan porfiri Cu-Au dan endapan epitermal Au diberbagai lapangan di dunia. Salah satunya yaitu lapangan emas Waihi yang terletak di semenanjung Coromandel di Pulau Utara Selandia Baru. Salah satu *vein* di lapangan ini yaitu Deposit Favona yaitu desposit *low-sulphidation vein system*. CSAMT merupakan salah satu metode eksplorasi yang digunakan dalam penelitian ini (Hoschke, 2011).

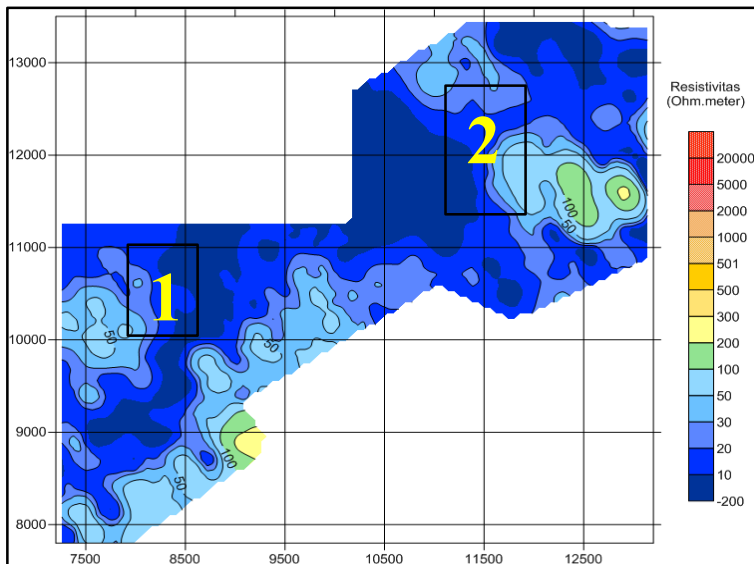
Gambar 2.8 merupakan salah satu data resistivitas hasil inversi 1-dimensi metode CSAMT di deposit Favona. Gambar tersebut menunjukkan bagian Favona yang dijelaskan melalui data resistivitas yang dianggap tipikal yang mewakili jenis alterasi. *Vein* dan zona silisifikasi memiliki resistivitas sangat tinggi dari ribuan ohmmeter. Resistivitas menunjukkan nilai ratusan Ohmmeter pada struktur alterasi gunung berapi di bagian barat dan alterasi tanah liat yang kuat dengan nilai resistivitas puluhan Ohmmeter di sebelah timur. Daerah penelitian bagian atas merupakan ignimbrites yang bersifat resistif dan *post-*

mineral dasites. Namun, dalam penelitian ini CSAMT tidak bisa menunjukkan semua zona silisifikasi dengan jelas. CSAMT dengan jelas memetakan kontak antara gunung berapi dengan alterasi clay yang luas (Hoschke, 2011).



Gambar 2. 8 Penampang resistivitas 2-dimensi hasil inversi 1-dimensi data CSAMT deposit Favona (Hoschke, 2011)

Penelitian yang dilakukan oleh (Jaman dan Elbur, 2012) membahas tentang pemetaan potensi kemenerusan struktur dan mineralisasi berdasarkan metode CSAMT. Penelitian dilakukan di daerah Porngkor bagian utara guna mencari potensi cadangan baru dan kemenerusan dari *vein-vein* yang telah ditemukan dari lapangan emas Pongkor. (Jaman dan Elbur, 2012) menyebutkan pola-pola penyebaran nilai tahanan jenis pada semua lintasan di dominasi nilai resistivitas 10 – 40 Ω .m. Nilai resistivitas 10 – 40 Ω .m ini, didefinisikan sebagai lapisan konduktif sehingga anomali yang dicari merupakan anomali dengan nilai resistivitas tinggi (Jaman dan Elbur, 2012).



Gambar 2. 9 Peta resistivitas pongkor bagian utara pada level 500 m

Penelitian ini ditemukan zona dengan resistivitas tinggi (resistif) yang di interpretasi berasosiasi dengan alterasi silifikasi yang terbentuk disekitar urat (*vein*), sedangkan zona konduktif yang terdapat diatas zona resistif berasosiasi dengan alterasi argilik. Distribusi vertikal tahanan jenis yang bergradual terhadap kedalaman dari rendah ke tinggi adalah zona target eksplorasi emas, dimana pola tersebut dapat diidentifikasi sebagai zona mineralisasi (Jaman dan Elbur, 2012).

Berdasarkan (Gambar 2.9) anomali tinggi nomor 1 merupakan indikasi adanya proses mineralisasi dengan struktur sesar yang berasosiasi dengan sesar Cisarua. Sedangkan anomali tinggi pada nomor 2 merupakan respon dari kemunculan zona silifikasi yang merupakan indikasi menarik dan merupakan bahan untuk menjadi dasar penelitian yang lanjutan karena anomali ini berarah baratlaut tenggara yang berasosiasi dengan arah patahan yang ada. Berdasarkan anomali tinggi yang diperoleh, mineralisasi daerah penelitian memiliki arah baratlaut-tenggara (Jaman dan Elbur, 2012)

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III METODE PENELITIAN

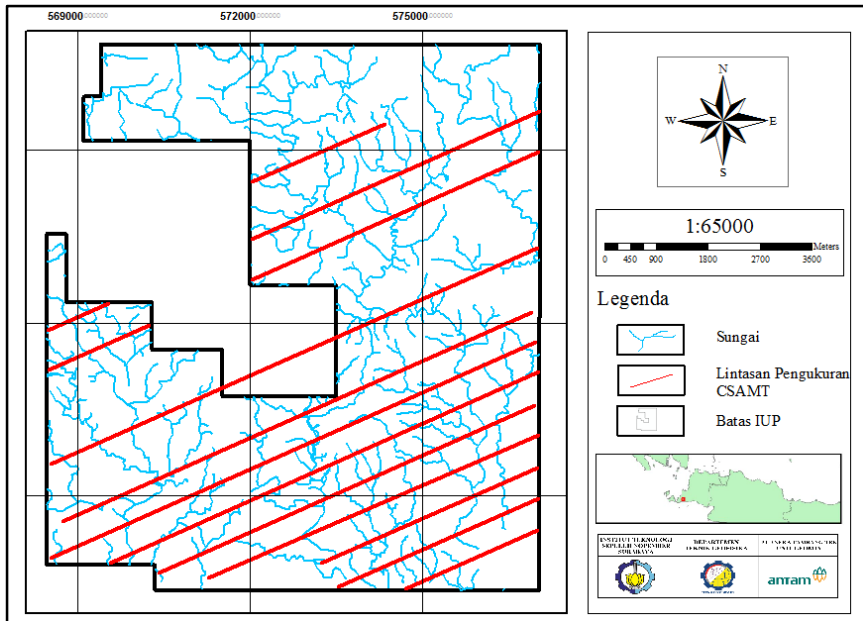
3.1 Data

Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data milik PT Aneka Tambang – Unit Geomin. Berikut data yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 3. 1 Daftar data yang digunakan dalam penelitian

Data
Data sounding CSAMT
Koordinat pengukuran
Data struktur daerah penelitian

3.2 Akuisisi Data



Gambar 3. 1 Desain akuisisi lintasan Pengukuran

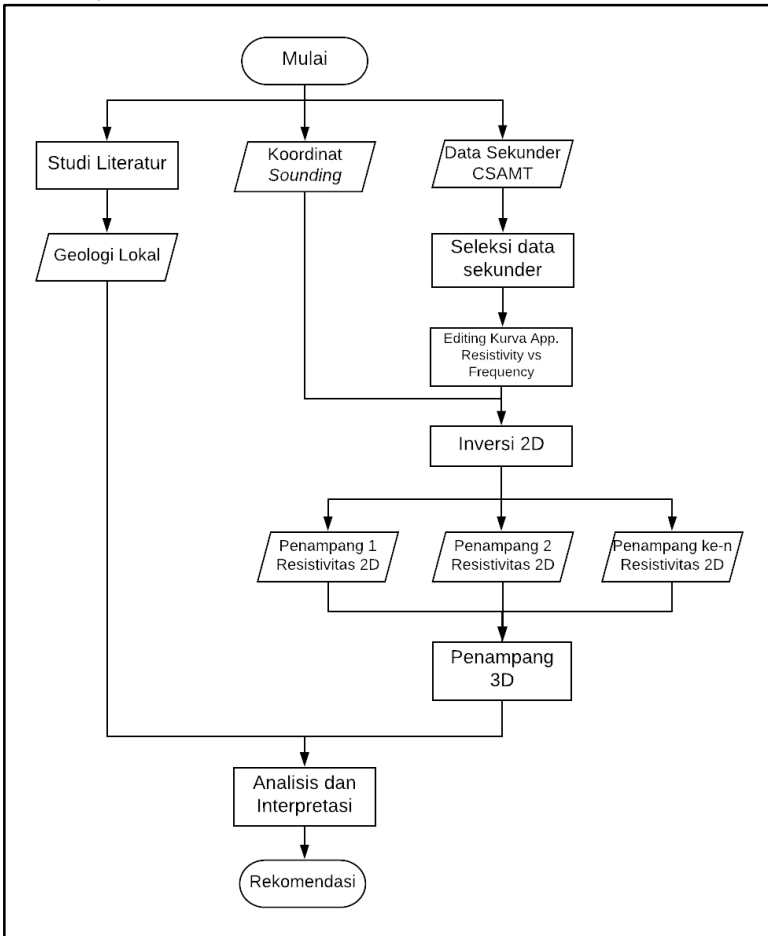
Berikut lintasan akuisisi data CSAMT (Gambar 3.1) yang telah di *overlay* dengan data struktur sesar daerah penelitian ini. Titik-titik pengukuran CSAMT tersaji dalam desain lintasan pengukuran (Gambar 3.1) ditunjukkan dengan titik berwarna hitam. Terdapat 12 lintasan pengukuran membentang dengan arah baratdaya-timurlaut dengan panjang lintasan bervariasi 2500 – 9250 meter dan

spasi antar-lintasan 500 – 1500 meter. Jumlah total titik pengukuran sebanyak 1381 titik dengan spasi antar-titik pengukuran sebesar 50 m.

Pengukuran metode CSAMT dilakukan menggunakan menggunakan *Phoenix V8*. Konfigurasi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu konfigurasi skalar dengan menggunakan 4 buah pouspot dan 1 buah koil. Porouspot dibentangkan berdasarkan arah desain akuisisi, sedangkan coil diletakkan secara tegak lurus dengan arah lintasan. Dalam 1 kali *running* CSAMT, diperoleh 3 titik pengukuran dalam domain frekuensi.

3.3 Alur Penelitian

Sistematika penelitian ini secara garis besar terwujud dalam diagram alir (Gambar 3.2)



Gambar 3. 2 Alur kegiatan penelitian

3.4 Pengolahan Data

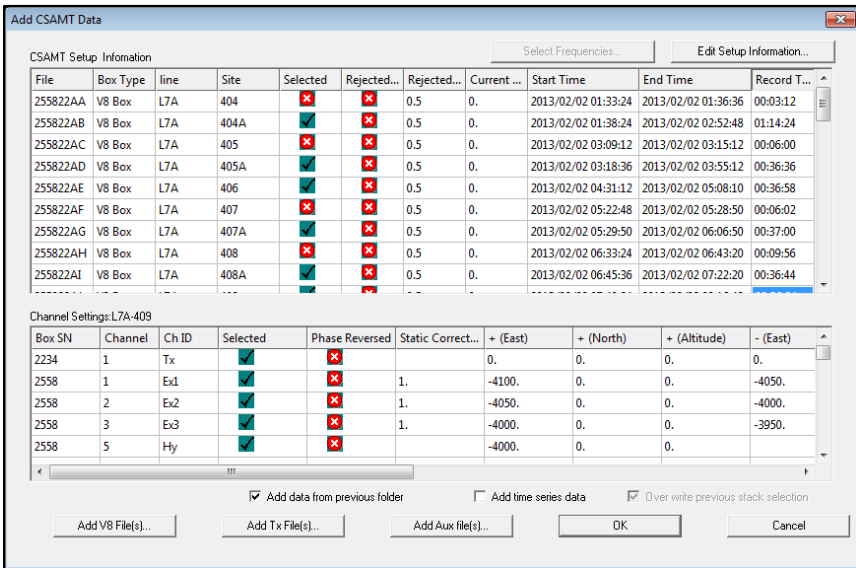
Pengolahan data metode CSAMT ini didasarkan dari nilai apparent resistivity hasil dari data observasi lapangan. Pengolahan metode CSAMT merupakan tahapan untuk mengetahui keadaan bawah permukaan berdasarkan nilai resistivitas di daerah penelitian.

Proses pengolahan data CSAMT bertujuan untuk mengetahui keberadaan zona mineralisasi endapan epitermal sulfidasi rendah yang persebarannya secara horizontal dikontrol oleh struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian.

3.4.1 Editing Data

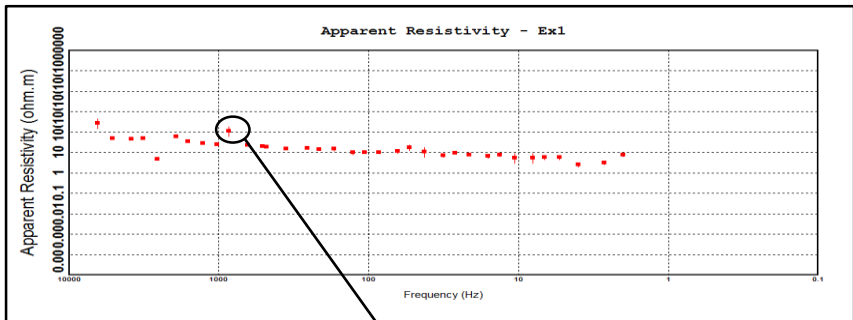
Langkah awal dalam pengolahan data yaitu menyiapkan data *file* hasil observasi yang berbentuk *.TRS dan koordinat *real* setiap titik pengukuran. Pengolahan data CSAMT diawali dengan proses *editing*. Proses *editing* bertujuan untuk melakukan koreksi dan untuk mengurangi *noise* saat pengukuran. Proses pengolahan data dengan memasukkan file *.TRS ke dalam *software* CMT Pro. Pertama, *software* CMT Pro dibuka. Kemudian, untuk memasukkan file *.TRS dipilih menu *file* → *add CSAMT data* → *add V8 File(s)* → dipilih semua file *.TRS yang diperlukan → *OK*. Data *.TRS mengandung informasi parameter akuisisi berupa data resistivitas semu, informasi koil, porouspot, dan koordinat lokal pengukuran. Setelah semua data berada di CMT Pro, dilakukan penyortiran data yang akan digunakan untuk proses selanjutnya. Penyortiran data dilakukan untuk menghilangkan data yang tidak lengkap (pengukuran tidak sesuai standar).

Waktu minimum dalam proses akuisisi data CSAMT telah ditentukan oleh operator akuisisi untuk mendapatkan semua frekuensi yang dikirimkan oleh Transmitter. Apabila data mempunyai waktu akuisisi di bawah dari yang telah ditetapkan, maka data tersebut tidak menangkap semua frekuensi yang telah dikirimkan oleh transmitter sehingga tidak layak dilakukan pengolahan data untuk proses selanjutnya. Selain itu, adanya *noise* yang sangat dominan (aliran listrik warga, petir lokal) juga mempengaruhi data hasil pengukuran sehingga dilakukan pengukuran ulang. Data dengan *noise* dominan tersebut juga tidak layak untuk dilakukan pengolahan selanjutnya. Kedua hal tersebut yang mendasari proses penyortiran data. Penyortiran data yang tidak dipakai dilakukan dengan melakukan *unchecklist* pada menu *selected* (Gambar 3.3). Setelah cukup dalam melakukan proses penyortiran maka dipilih tombol *OK* untuk menuju proses *editing*.

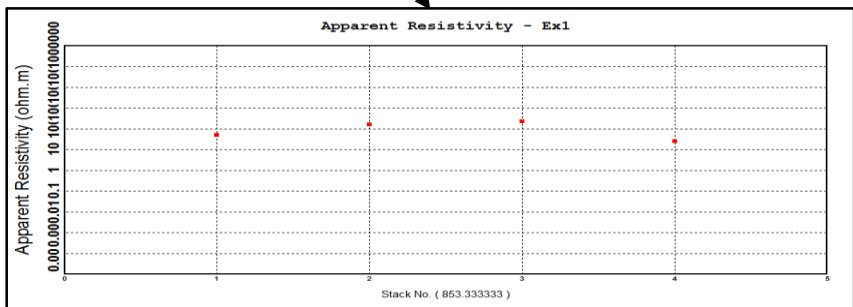


Gambar 3. 3 Proses input dan sortir data CSAMT pada CMT Pro

Proses *editing* dilakukan pada kurva *Apparent Resistivity vs Frequency* yang dapat dipilih dalam menu *plot type*. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya dalam satu site pengukuran diperoleh 3 channel (titik pengukuran). Proses *editing* dilakukan pada kurva *Apparent resistivity* setiap *site* pada setiap channel (EX₁, EX₂, EX₃). Dalam kurva *Apparent resistivity vs Frequency*, setiap suatu frekuensi data (data *stacking* pada frekuensi tertentu ditandai dengan titik merah) memiliki beberapa nilai data. Tahap *editing* sendiri dilakukan dengan cara menghilangkan *outliers* pada setiap kurva *apparent resistivity*. *Outliers* dalam kasus ini merupakan data yang menyimpang pada *trend* kurva *apparent resistivity* dan dianggap sebagai *noise*.



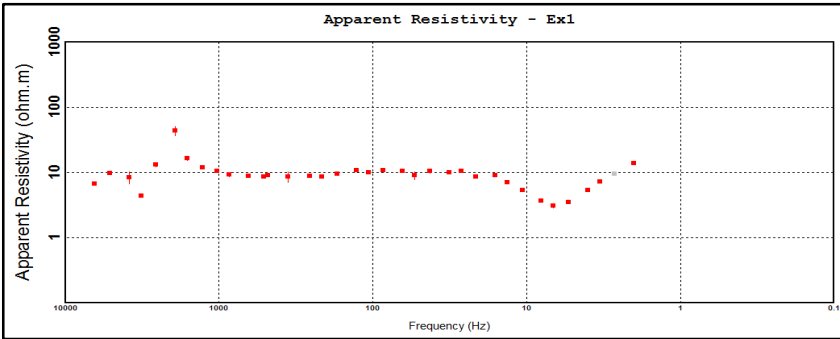
(a)



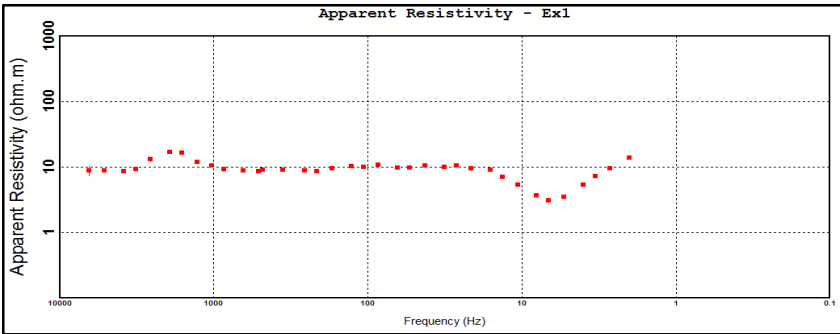
(b)

Gambar 3. 4 Apparent resistivity pada suatu frekuensi *stacking* (b) Kumpulan nilai apparent resistivity sebelum *stacking*

Fungsi dari *editing* yaitu untuk mengurangi *noise* sehingga diperoleh kurva apparent resistivity yang relatif *smooth* dan mencerminkan kondisi bawah permukaan yang mendekati dengan keadaan sebenarnya. Data *outliers* yang dihilangkan dan dianggap sebagai *noise* yaitu data yang menyimpang dari trend utama data (*outliers* diantara data modus). Namun, jika dalam suatu frekuensi *stacking* tertentu tidak ditemukan data modus (data yang sering muncul) maka data yang dipertahankan untuk dipilih yaitu data mean antara frekuensi sebelum dan sesudahnya. Berikut merupakan contoh data sebelum dan sesudah dilakukan proses *editing*.



(a)



(b)

Gambar 3. 5 (a) Kurva apparent resistivity vs frequency sebelum *editing* (b) Kurva apparent resistivity vs frequency sesudah *editing*

Apabila proses *editing* telah dilakukan pada seluruh data, maka hasil dari *editing* disimpan dengan cara memilih menu *file* → *save as* → *rename* → *OK*. Data yang telah diedit dan disimpan kemudian diekspor ke dalam format WinGlink. Hal ini dilakukan karena pada tahap selanjutnya yaitu tahap inversi 2D menggunakan *software* WinGlink. Proses *export* dilakukan dengan cara pilih menu *file* → *Output Text Files for WinGlink Import* → pilih direktori penyimpanan → *OK*. Jika proses *export* telah berhasil, maka dapat dilanjutkan tahap pengolahan data selanjutnya yaitu proses inversi.

3.4.2 Inversi

Inversi dilakukan pada data apparent resistivity yang telah dilakukan proses *editing* pada tahap sebelumnya. Proses inversi merupakan suatu proses perhitungan secara matematik yang dilakukan untuk mendapatkan nilai *true resistivity* bawah permukaan. Pada penelitian ini proses inversi yang dilakukan yaitu inversi 2-dimensi menggunakan Algoritma NLCG. Hasil dari pengolahan ini yaitu penampang 2-dimensi sebaran nilai resistivitas terhadap kedalaman.

Penampang resistivitas inilah yang digunakan sebagai dasar untuk mengetahui persebaran zona mineralisasi epitermal sulfidasi rendah.

Data yang diperlukan dalam proses inversi yaitu nilai *apparent resistivity*, fase, koordinat, dan elevasi. Pemrosesan data diperlukan 2 jenis file *.txt yang berbeda. File pertama merupakan file hasil export CMT Pro (*sounding data set*). Terdapat 5 kolom data dalam file *sounding data set*, secara berurutan yaitu nilai Frequency, Rho Apparent, Rho Error, Phase, dan Phase Error. File *.txt kedua yaitu file yang berisi tentang identitas data setiap titik pengukuran yang berupa Nama stasiun, X, Y, dan Z (elevasi). Kedua data tersebut disajikan oleh (Gambar 3.6).

File	Edit	Format	View	Help
6400.0000	16.8598	0.0826	47.0057	5.4988
5120.0000	12.0536	0.0595	43.8229	15.2368
3840.0000	13.8570	0.0000	51.6976	0.0000
3200.0000	12.8491	0.1147	30.5533	1.1456
2560.0000	13.7775	0.0000	13.4991	0.0000
1920.0000	35.6696	0.0000	29.6550	0.0000
1600.0000	20.5443	0.0218	53.7763	0.8109
1280.0000	16.9736	0.0364	44.5180	2.2680
1024.0000	15.3411	0.0596	44.7039	2.3676
853.3333	15.6208	0.2209	35.0232	4.8586
640.0000	16.8972	0.0692	34.6311	1.7088
512.0000	18.2938	0.0287	32.3248	0.6196
480.0000	18.9398	0.0348	30.1154	1.6493
355.5556	22.1222	0.0944	29.7820	4.9887
256.0000	26.6888	0.0229	28.7822	1.2998

(a)

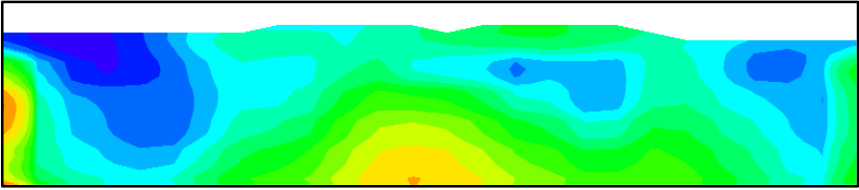
File	Edit	Format	View	Help
6-143-Ex1	573462.887	9251735.159	151.968	
6-143-Ex2	573508.879	9251754.947	146.142	
6-143-Ex3	573554.390	9251774.938	150.015	
6-144-Ex1	573325.096	9251675.840	150.577	
6-144-Ex2	573371.056	9251695.586	152.556	
6-144-Ex3	573416.868	9251715.282	154.378	
6-145-Ex1	573187.175	9251616.658	153.130	
6-145-Ex2	573233.081	9251636.360	150.410	
6-145-Ex3	573279.220	9251656.148	145.573	
6-146-Ex1	573049.411	9251557.283	161.550	
6-146-Ex2	573095.355	9251577.049	156.435	
6-146-Ex3	573141.304	9251596.992	152.122	
6-147-Ex1	572911.633	9251497.978	177.732	
6-147-Ex2	572957.634	9251517.797	175.420	
6-147-Ex3	573003.041	9251538.751	170.583	

(b)

Gambar 3. 6 (a) File 1: Salah satu *sounding data set* (b) File 2: File koordinat titik pengukuran CSAMT

Parameter frekuensi terkecil data yang akan diinversi dengan nilai 10 Hz. Hal ini didasarkan pada data hasil observasi sebagian besar menunjukkan nilai *apparent resistivity* pada frekuensi di bawah 10 Hz telah terdampak dari *near file* dan *transition zone*. Maka dari itu untuk data pada frekuensi di bawah 10 Hz harus dihilangkan agar hasil inversi dapat mencerminkan keadaan bawah permukaan yang mendekati sesungguhnya.

Setelah melakukan proses inversi, langkah berikutnya adalah menggridding hasil inversi parameter yang dimasukkan hanya nilai x, y, dan z. Berikut hasil gridding pada software surfer.



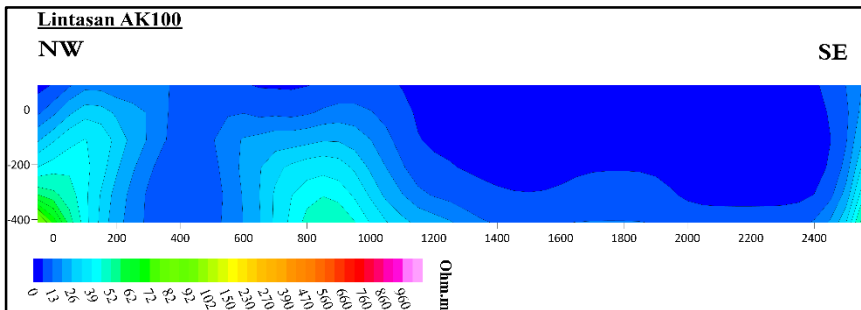
Gambar 3. 7 Hasil gridding menggunakan surfer

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

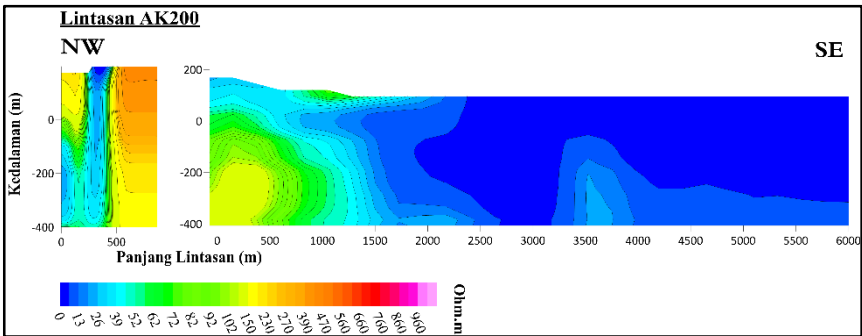
Hasil pengolahan data dan inversi menggunakan algoritma NLCG diperoleh penampang resistivitas 2-dimensi setiap lintasan pengukuran. Setiap lintasan pengukuran mempunyai variasi anomali resistivitas yang berbeda. Maka dari itu dilakukan analisis setiap lintasan pengukuran CSAMT. Penampang resistivitas 2-dimensi seluruhnya ditampilkan dengan menggunakan data topografi. Kedalaman 0 meter didefinisikan sebagai permukaan rata-rata air laut (MSL). Guna memudahkan pendefinisian kedalaman, elevasi yang lebih tinggi dari 0 meter diberi kode + (plus). Sedangkan elevasi lebih rendah dari 0 meter diberi tanda - (minus). Berikut hasil dari inversi data CSAMT.

Penampang resistivitas 2-dimensi Lintasan AK100 (Gambar 4.1) menunjukkan nilai resistivitas mempunyai rentang nilai $\pm 5 - 70 \Omega.m$. Anomali resistivitas dijumpai pada meter ke 0 - 75 pada kedalaman -275 meter hingga ke bawah dengan nilai resistivitas antara 50 - 75 $\Omega.m$.



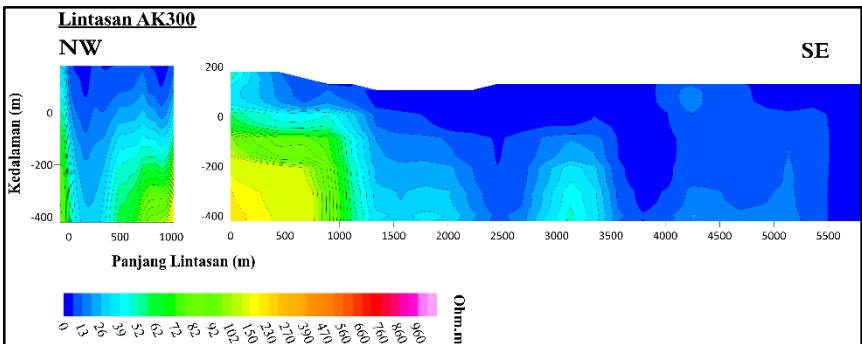
Gambar 4. 1 Penampang resistivitas 2-dimensi data CSAMT Lintasan AK100

Penampang resistivitas 2-dimensi Lintasan AK200 (Gambar 4.2) mempunyai 2 penampang karena lintasan terputus akibat tidak dilakukan akuisisi data diantara 2 penampang. Penampang pertama dengan panjang lintasan 850 meter didominasi dengan anomali dengan rentang resistivitas mulai dari 50 - 450 $\Omega.m$ yang memiliki pola menerus dari permukaan hingga ke bawah. Penampang kedua dengan panjang lintasan 6000 meter menunjukkan nilai resistivitas 5 - 150 $\Omega.m$. Dijumpai pada meter ke 0 - 1000 dengan nilai resistivitas 50 - 150 $\Omega.m$ mulai dari kedalaman 0 meter hingga ke bawah. Adanya nilai resistivitas yang sama pada penampang pertama dan kedua pada daerah yang berdekatan (terputus) menunjukkan bawah keduanya masih memiliki keterkaitan.



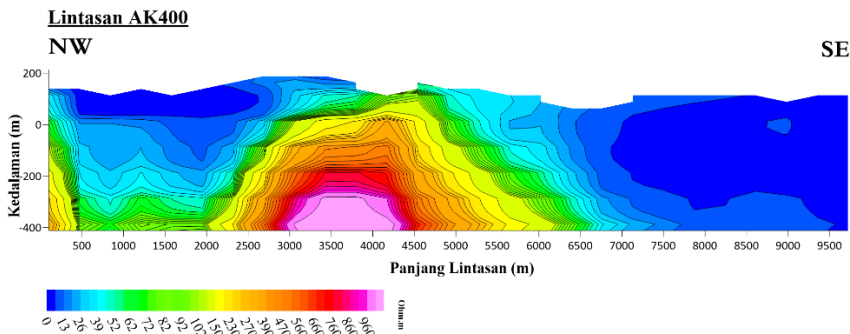
Gambar 4. 2 Penampang resistivitas 2-dimensi data CSAMT Lintasan AK200

Penampang resistivitas 2-dimensi Lintasan AK300 (Gambar 3.3) juga mempunyai 2 penampang karena lintasan terputus akibat tidak dilakukan akuisisi data di antara 2 penampang. Penampang pertama dengan panjang lintasan 1000 meter mempunyai nilai resistivitas 5 – 100 Ω .m. Anomali resistivitas dijumpai di meter ke 500 – 1000 pada kedalaman -110 meter hingga ke bawah dengan nilai resistivitas 40 – 100 Ω .m. Penampang kedua dengan panjang lintasan 5900 meter menunjukkan nilai resistivitas 5 – 230 Ω .m. Resistivitas bergradual ditemui pada meter ke 0 – 1100 dengan nilai resistivitas 40 – 230 Ω .m mulai dari kedalaman 0 meter hingga ke bawah. Sama seperti Lintasan AK 200, adanya nilai resistivitas yang sama pada penampang pertama dan kedua pada daerah yang berdekatan (terputus) juga menunjukkan bahwa keduanya masih memiliki keterkaitan.



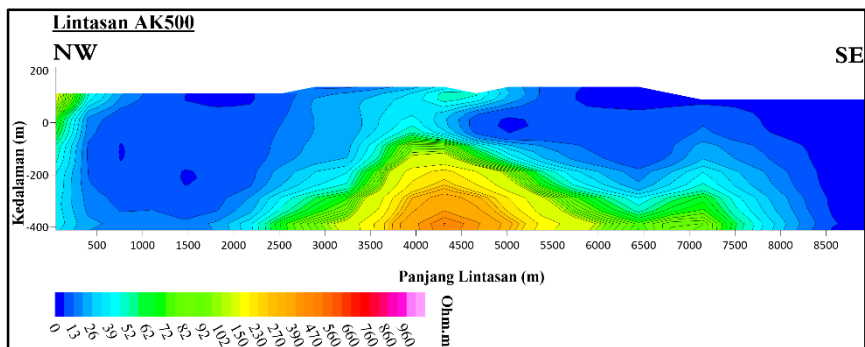
Gambar 4. 3 Penampang resistivitas 2-dimensi data CSAMT Lintasan AK300

Penampang resistivitas 2-dimensi Lintasan AK400 (Gambar 4.4) menunjukkan nilai resistivitas mempunyai rentang nilai \pm 5 – 1200 Ω .m. Anomali resistivitas secara bergradual dijumpai pada meter ke 2000 – 6500 yang menerus secara vertikal dari permukaan hingga ke bawah dengan nilai resistivitas antara 40 – 1200 Ω .m.



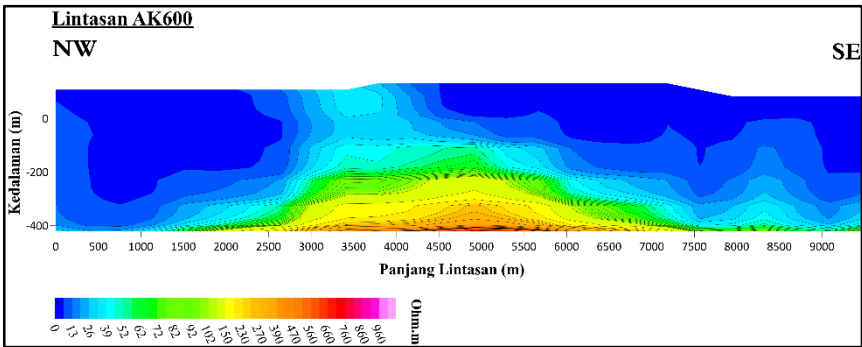
Gambar 4. 4 Penampang resistivitas 2-dimensi data CSAMT Lintasan AK400

Penampang resistivitas 2-dimensi Lintasan AK500 (Gambar 4.5) menunjukkan nilai resistivitas mempunyai rentang $\pm 5 - 700 \Omega.m$. Anomali resistivitas dijumpai pada meter ke 2300 – 7500 mulai di kedalaman -50 meter hingga ke bawah dengan nilai resistivitas antara 40 – 400 $\Omega.m$.



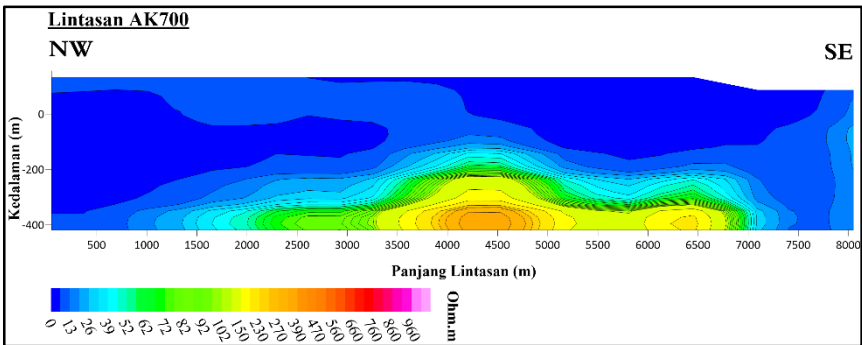
Gambar 4. 5 Penampang resistivitas 2-dimensi data CSAMT Lintasan AK500

Penampang resistivitas 2-dimensi Lintasan AK600 (Gambar 4.6) menunjukkan nilai resistivitas mempunyai rentang $\pm 5 - 450 \Omega.m$. Anomali resistivitas bergradual dijumpai pada meter ke 1500 – 7500 mulai pada kedalaman -100 meter hingga ke bawah dengan nilai resistivitas antara 40 – 450 $\Omega.m$.



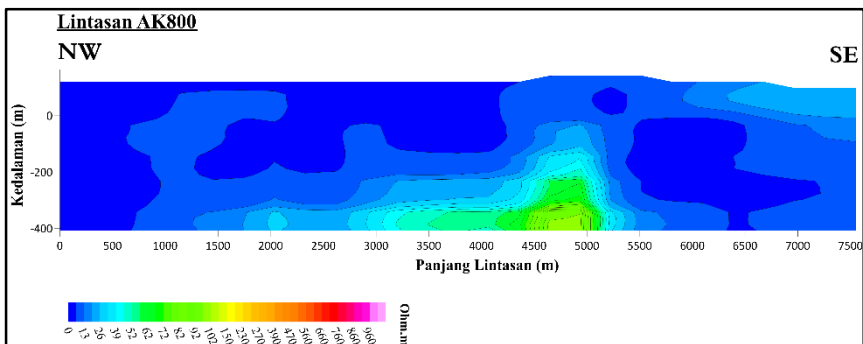
Gambar 4. 6 Penampang resistivitas 2-dimensi data CSAMT Lintasan AK600

Penampang resistivitas 2-dimensi Lintasan AK700 (Gambar 4.7) menunjukkan nilai resistivitas mempunyai rentang nilai $\pm 5 - 400 \Omega.m$. Anomali resistivitas dijumpai pada meter ke 2000 – 7000 mulai pada kedalaman -200 hingga ke bawah dengan nilai resistivitas antara 40 – 400 $\Omega.m$ secara bergradual.



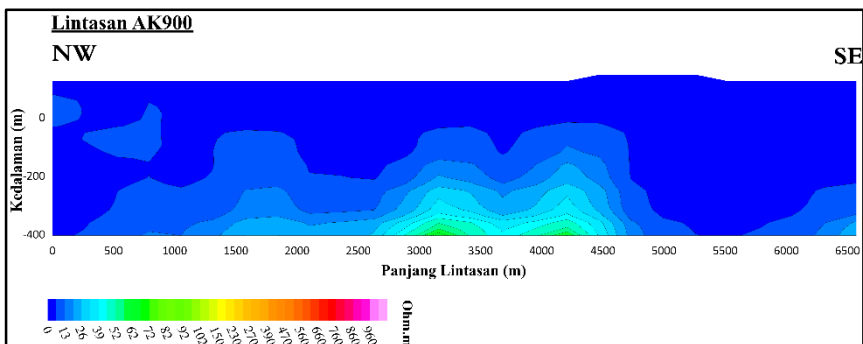
Gambar 4. 7 Penampang resistivitas 2-dimensi data CSAMT Lintasan AK700

Penampang resistivitas 2-dimensi Lintasan AK800 (Gambar 4.8) menunjukkan nilai resistivitas mempunyai rentang $\pm 5 - 100 \Omega.m$. Lintasan ini didominasi oleh nilai resistivitas rendah. Anomali resistivitas dijumpai pada meter ke 3500 – 5000 mulai pada kedalaman -210 meter hingga ke bawah dengan nilai resistivitas antara 40 – 100 $\Omega.m$.

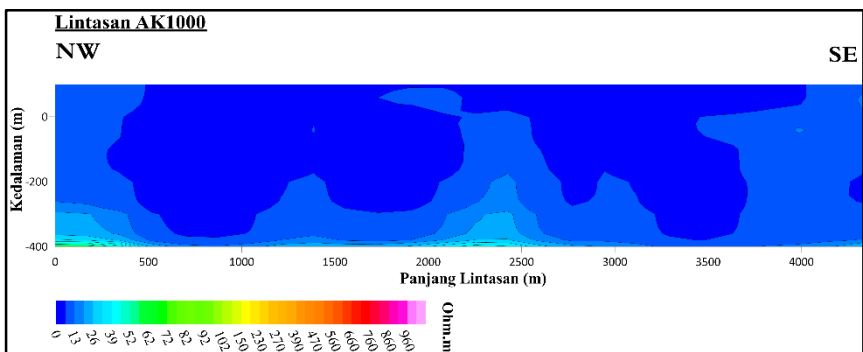


Gambar 4. 8 Penampang resistivitas 2-dimensi data CSAMT Lintasan AK800

Penampang resistivitas 2-dimensi Lintasan AK900 (Gambar 4.9) menunjukkan nilai resistivitas mempunyai rentang $\pm 5 - 75 \Omega.m$. Pada lintasan ini dijumpai anomali resistivitas 40 – 75 Ohm meter di kedalaman -370 meter pada jarak horizontal meter ke 3000 – 3500 dan 4000 – 4300.

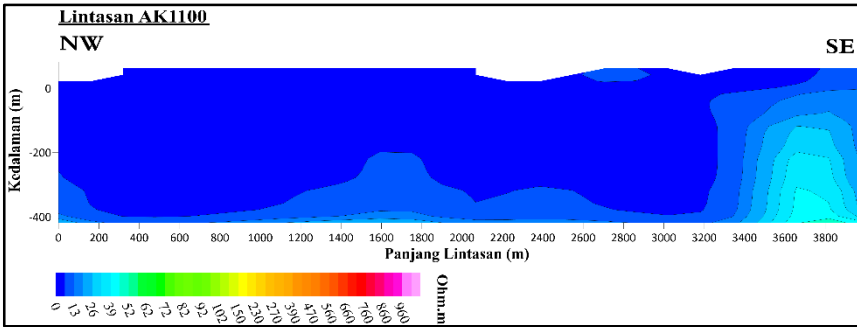


Gambar 4. 9 Penampang resistivitas 2-dimensi data CSAMT Lintasan AK900



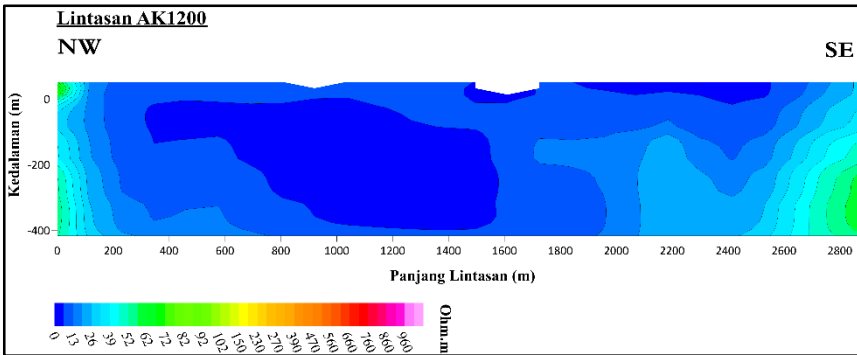
Gambar 4. 10 Penampang resistivitas 2-dimensi data CSAMT Lintasan AK1000

Penampang resistivitas 2-dimensi Lintasan AK1000 (Gambar 4.10) menunjukkan nilai resistivitas mempunyai rentang $\pm 5 - 40 \Omega.m$. Pada lintasan ini tidak dijumpai nilai anomali resistivitas yang signifikan.



Gambar 4. 11 Penampang resistivitas 2-dimensi data CSAMT Lintasan AK1100

Penampang resistivitas 2-dimensi Lintasan AK1100 (Gambar 4.11) menunjukkan nilai resistivitas mempunyai rentang $\pm 5 - 50 \Omega.m$. Pada lintasan ini juga tidak dijumpai nilai anomali resistivitas yang signifikan.



Gambar 4. 12 Penampang resistivitas 2-dimensi data CSAMT Lintasan AK200

Penampang resistivitas 2-dimensi Lintasan AK1200 (Gambar 4.12) menunjukkan nilai resistivitas mempunyai rentang $\pm 5 - 75 \Omega.m$. Pada lintasan ini dijumpai anomali resistivitas 40 – 75 Ohm meter di kedalaman -200 meter hingga ke bawah pada jarak horizontal meter ke 3000 – 3500 dan 4000 – 4300.

4.2 Interpretasi dan Pembahasan

Metode CSAMT merupakan metode geofisika regional yang digunakan sebagai studi pendahuluan sebelum pengukuran metode lain yang lebih lokal. Metode ini dapat memberikan rekomendasi titik-titik yang dianggap mempunyai anomali menarik. Pengolahan metode CSAMT menghasilkan penampang

resistivitas 2-dimensi. Berdasarkan hasil tersebut maka dapat dilakukan interpretasi mengenai alterasi, pola kemenerusan alterasi, dan keterkaitan antara kemenerusan data resistivitas hasil interpretasi dengan struktur geologi (patahan) yang berkembang di daerah penelitian.

Hasil penampang resistivitas semua lintasan menunjukkan bahwa nilai resistivitas didominasi oleh resistivitas sangat rendah dengan nilai resistivitas sebesar 5 – 40 $\Omega.m$. Nilai resistivitas rendah ini menunjukkan batuan bersifat konduktif diidentifikasi sebagai formasi batuan yang sebagian besar berkembang di daerah penelitian yaitu Formasi Honje yang merupakan batuan vulkanik andesit-basaltik. Selain itu di sebelah timur daerah penelitian terdapat Formasi Bojongmanik yang tersusun atas perselingan batupasir dan batulempung serpih dengan sisipan batugamping. Berdasarkan nilai resistivitas, formasi ini juga bersifat konduktif dengan ditunjukkannya nilai resistivitas rendah. Hal ini bisa terjadi akibat adanya lapisan lempung dan dan batugamping klastik sehingga nilai resistivitas yang terbaca relatif rendah. Hal ini dapat diketahui berdasarkan penampang resistivitas lintasan AK1000, AK1100, AK1200 yang semuanya terletak di formasi Bojongmanik dan AK900 yang sebagian besar berada di formasi Bojongmanik. Karena penelitian ini dilakukan di lapangan endapan epitermal, maka anomali yang menjadi perhatian lebih merupakan anomali dengan nilai di atas resistivitas yang sangat rendah tersebut untuk mendeskripsikan zona alterasi dan mineralisasinya.

Berdasarkan nilai resistivitas alterasi dari Hoschke (2011) dan Jaman dan Elbur (2012), lokasi penelitian merupakan daerah endapan epitermal sulfidasi rendah dengan pendugaan zona alterasi berupa alterasi propilitik, alterasi argilik, alterasi silisifikasi dan silika. Berikut tabel interpretasi alterasi batuan berdasarkan nilai resistivitas data CSAMT.

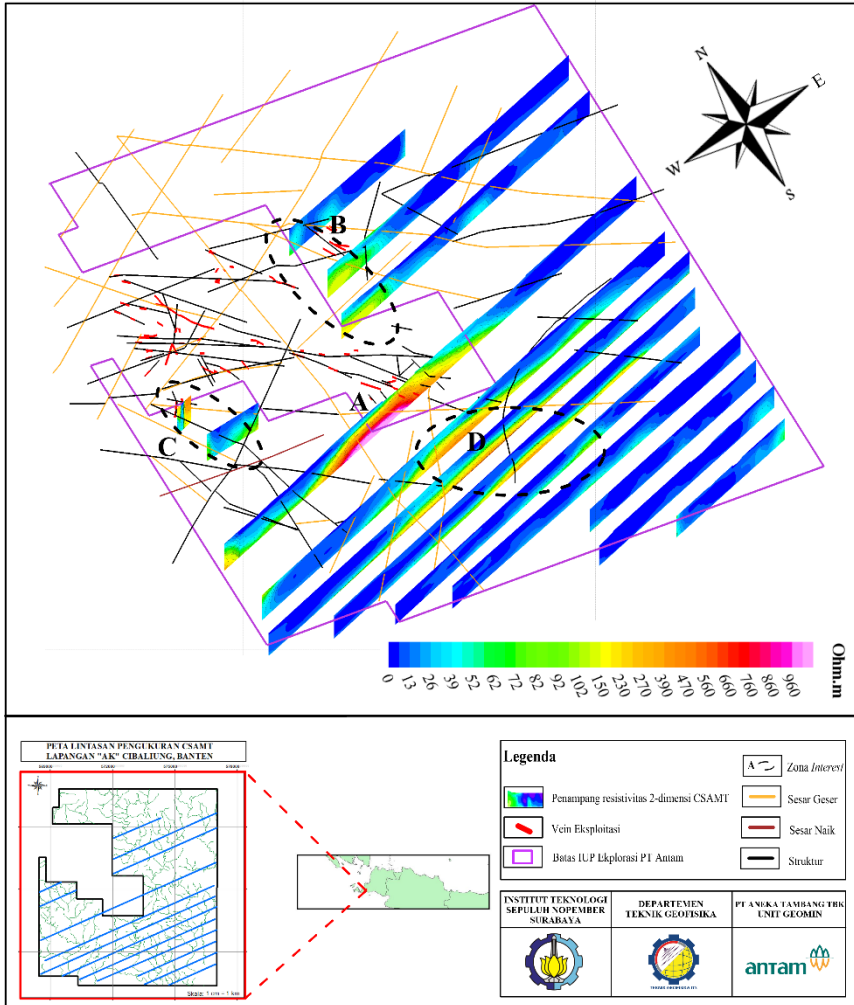
Tabel 4. 1 Klasifikasi hasil interpretasi jenis alterasi berdasarkan analisis nilai resistivitas metode CSAMT Cibaliung

No	Kategori	Resistivitas ($\Omega.m$)	Interpretasi
1	Sangat Rendah	40 – 50	Alterasi Propilitik
2	Rendah	50 – 100	Alterasi Argilik
3	Sedang - Tinggi	100 – 1000	Silisifikasi
4	Sangat Tinggi	>1000	Silika

Alterasi propilitik memiliki nilai resistivitas sangat rendah (40 – 50 $\Omega.m$). Resistivitas rendah ini terjadi akibat alterasi propilitik terbentuk pada temperatur tinggi dengan pH tinggi. Propilitik dicirikan dengan kandungan *clay* rendah dan memiliki anggota mineral klorit (klorit, epidot). Alterasi Argilik mempunyai nilai resistivitas rendah (50 – 100 $\Omega.m$) terbentuk pada temperatur medium dengan pH menengah. Umumnya, resistivitas rendah pada alterasi ini diindikasikan mengandung mineral *clay* yang ini dengan kehadiran anggota kaolin dan illit (illit, smegtit, chalcedony, Illit-smegtit, silika). Silisifikasi mempunyai nilai resistivitas sedang – tinggi (100 – 1000) terbentuk pada suhu

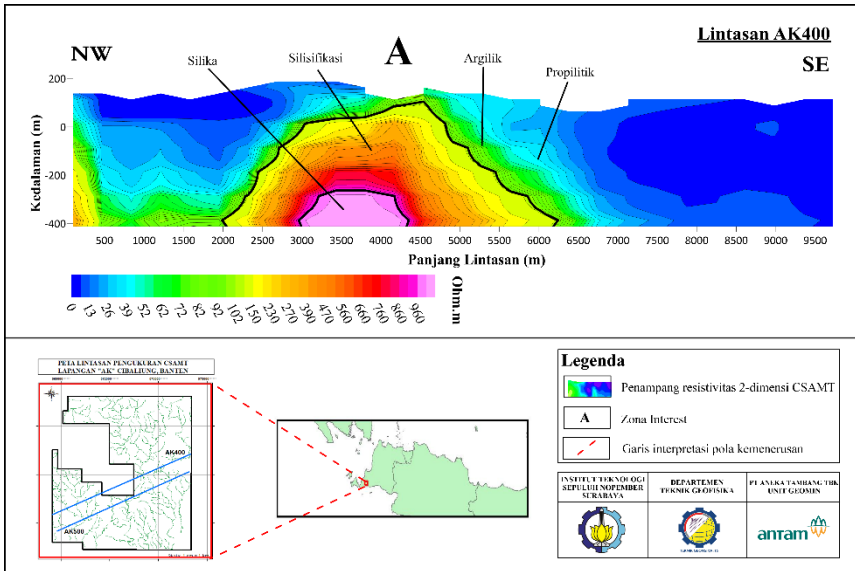
dan pH rendah yang diindikasikan mengandung mineral *silika*, *illite-serisit*, dan *adularia* yang merupakan karakteristik dari epitermal sulfidasi rendah. Nilai resistivitas sangat tinggi (>1000 $\Omega.m$) diperkirakan mineralisasi silika yang terendapkan dan berasosiasi dengan *vein*.

Pola kemenerusan epitermal dapat diketahui dengan cara memvisualisasikan seluruh lintasan pengukuran menjadi tampilan 3-dimensi. Hal ini akan memudahkan dalam proses interpretasi. Berikut tampilan 3-dimensi data resistivitas.



Gambar 4. 13 Tampilan 3-dimensi data resistivitas dengan analisis zona anomali daerah penelitian

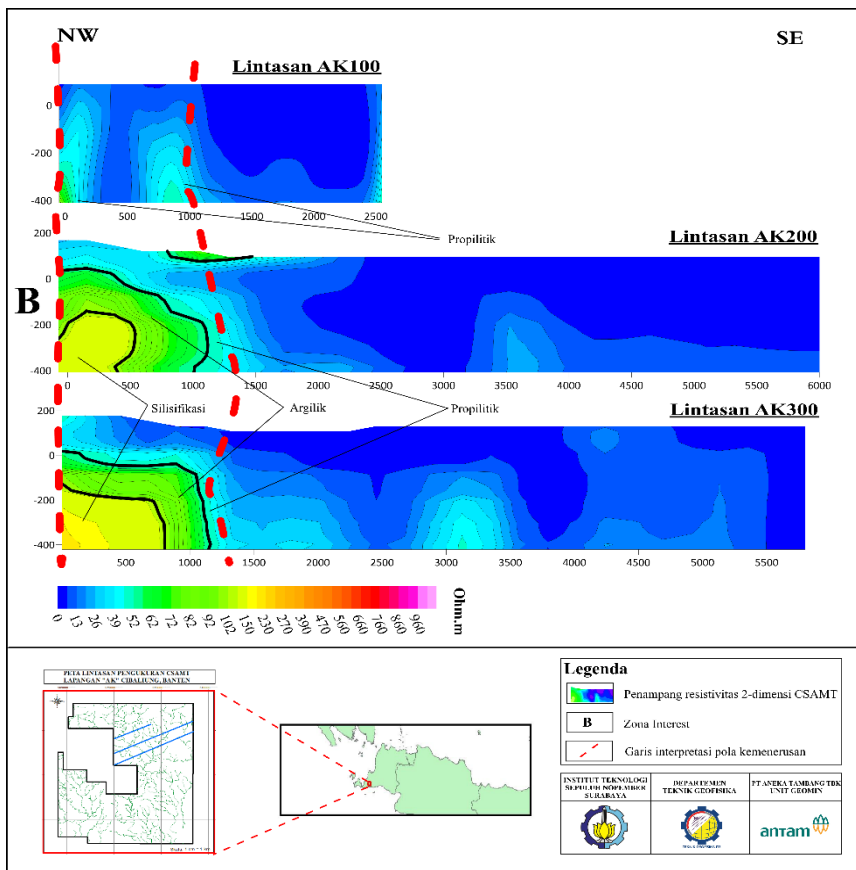
Gambar 4.13 menunjukkan tampilan 3-dimensi seluruh penampang resistivitas 2-dimensi yang digabungkan dengan data geologi berupa *vein* dan struktur patahan beserta interpretasi zona anomali berdasarkan kontras resistivitas. Diperoleh 4 zona anomali yaitu zona A yang mempunyai kontras resistivitas terhadap daerah sekitarnya serta zona B, C, dan D yang mempunyai pola kemenerusan nilai resistivitas terhadap lintasan lainnya.



Gambar 4. 14 Interpretasi penampang resistivitas 2-dimensi Lintasan AK400

Anomali A (Gambar 4.14) pada Lintasan AK400 mempunyai resistivitas tinggi yang didefinisikan sebagai silika dengan resistivitas $>1000 \Omega.m$ pada kedalaman -250 meter hingga ke bawah. Semakin ke atas, nilai resistivitas bergradual semakin rendah dan ditemukan alterasi silisifikasi dengan nilai resistivitas sedang – tinggi (100 – 1000 $\Omega.m$) serta di atasnya terdapat alterasi argilik dengan resistivitas rendah. Pada Lintasan AK400 ditemukan zona silisifikasi hingga silika yang paling jelas diantara lintasan lain. Diduga nilai resistivitas sedang – tinggi (100 s.d $>1000 \Omega.m$) merupakan alterasi silisifikasi yang masih berasosiasi dengan *vein* yang telah di eksploitasi (dikontrol struktur dominasi berarah NW-SE) di luar IUP eksplorasi. Hal ini karena letak lintasan AK400 masih berdekatan dengan *vein* tersebut. Keberadaan silisifikasi sangat penting dalam eksplorasi epitermal karena berasosiasi dengan *vein* yang mengandung logam ekonomis. Berdasarkan lintasan AK400 (Gambar 4.14) kemenerusan *vein* eksploitasi berada dalam zona silisifikasi dan tidak tepat berada di zona silika. Zona silika tidak terbaca sebagai resistivitas sangat tinggi dapat

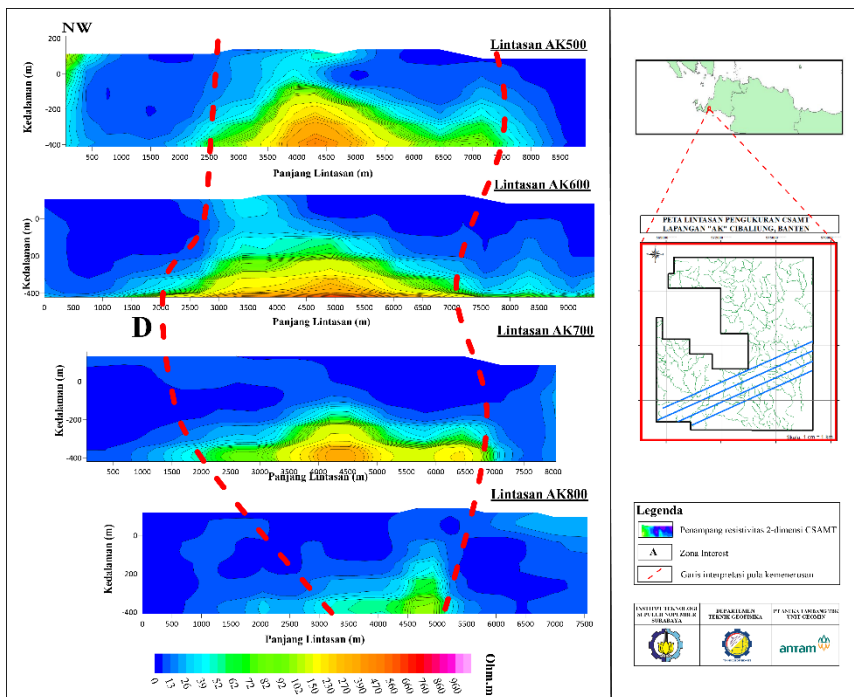
diakibatkan karena spasi pengukuran antar-titik CSAMT terlalu jauh (50 meter) sedangkan struktur bukaan yang mengandung *vein* memiliki lebar <50 meter. Silika pada lintasan AK400 di kedalaman -250 meter diduga terbentuk akibat retakan yang terjadi akibat struktur bukaan yang ada telah tertutup oleh silika. Hal ini membuat tekanan larutan hidrotermal semakin tinggi sehingga merusak zona lemah di sekitarnya. Sehingga struktur bukaan yang baru terisi oleh silika yang dibawa oleh larutan hidrotermal dalam sistem. Berdasarkan nilai resistivitas 2-dimensi lintasan AK400, alterasi argilik ke permukaan. Resistivitas rendah di sekitar permukaan diperkirakan batuan *post* mineralisasi yakni tuff cibaliung.



Gambar 4. 15 Interpretasi penampang resistivitas 2-dimensi Lintasan AK100, AK200, dan AK300

Anomali B (Gambar 4.15) merupakan pola kemenerusan nilai resistivitas lintasan AK100, AK200, dan AK300. Secara umum, pola kemenerusan anomali

B didominasi oleh alterasi argilik. Berdasarkan gambar tersebut, alterasi dimulai dari AK300 ke AK200 merupakan jenis alterasi argilik dan menerus hingga AK100 tersisa alterasi propilitik. Data geologi permukaan menunjukkan diantara pola kemenerusan AK100 dengan AK200 terdapat *vein*. Jika dilihat berdasarkan nilai resistivitas zona alterasi diantara keduanya yaitu zona alterasi propilitik dan alterasi argilik. Hal ini menunjukkan bahwa alterasi di sekitar *vein* tidak hanya hanya alterasi yang didominasi oleh silisifikasi. *Vein* yang terdapat di alterasi argilik bisa terbentuk karena larutan hidrotermal mengendapkan silica saat temperatur larutan hidrotermal tinggi. Hal ini bisa terjadi karena saat terjadinya pembentukan pada kondisi tersebut, larutan telah mencapai kesetimbangan. Berdasarkan nilai resistivitas ketiga lintasan tersebut, alterasi kuat menerus ke bawah dan tidak muncul di permukaan yang menunjukkan pada zona B ini terjadi penutupan Formasi Honje oleh sedimen klastik berupa gamping dan batuan tuff setelah proses mineralisasi terjadi. Anomali C yang ditunjukkan oleh (Gambar 4.13) juga terdapat pola kemenerusan yang didominasi oleh alterasi argilik. Jika *vein* yang telah dieksplorasi terletak di antara anomali C dan B, maka dapat diinterpretasikan anomali tersebut merupakan bagian luar dari zona silisifikasi dimana zona silisifikasi sebagian besar berada di *vein* yang telah dieksploitasi.



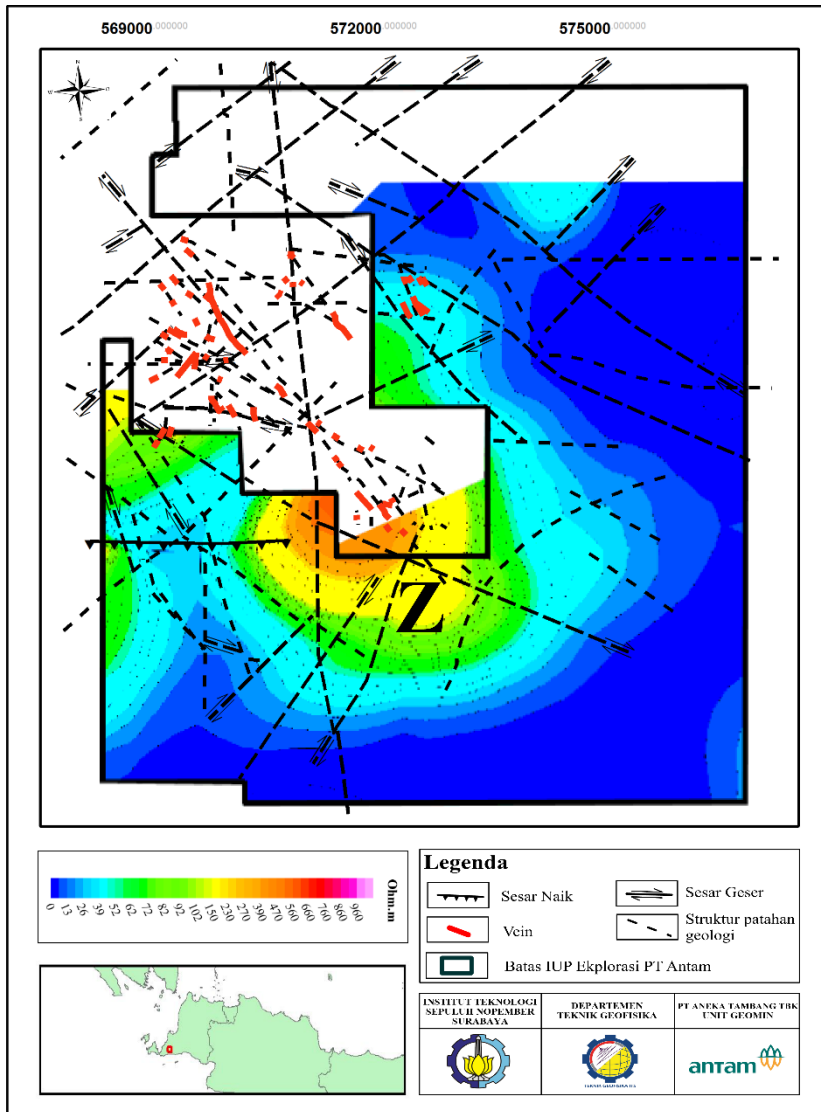
Gambar 4. 16 Interpretasi penampang resistivitas 2-dimensi Lintasan AK500, AK600, AK700, dan AK800

Korelasi lintasan AK500, AK600, AK700, dan AK800 ditunjukkan oleh anomali D (Gambar 4.16). Berdasarkan nilai resistivitas sedang – tinggi diketahui pada anomali D terdapat zona alterasi propilitik-argilik-silisifikasi yang bergradual dari atas ke bawah. Zona alterasi rata-rata ditemukan di kedalaman -100 meter hingga ke bawah. Lapisan konduktif di atasnya diduga sebagai perselingan batupasir dan batulempung serpih dengan sisipan batugamping yang memiliki nilai resistivitas rendah. Hal ini karena titik pengukuran sebagian dilakukan di formasi Bojongmanik. Berdasarkan (Gambar 4.13) alterasi anomali D yang didominasi oleh argilik dan silisifikasi diperkirakan masih berasosiasi dengan *vein* yang telah di eksploitasi. Pendugaan tersebut berdasar karena anomali D mempunyai arah kemenerusan yang sama dengan *vein* eksploitasi. Perbedaannya, pada kedalaman yang sama, *vein* eksploitasi didominasi oleh zona silisifikasi dan silika dengan nilai resistivitas sangat tinggi.

Persebaran nilai resistivitas daerah penelitian ditunjukkan pada (Gambar 4.17). Pada gambar tersebut ditampilkan nilai resistivitas pada level kedalaman 50 meter dari rata-rata permukaan muka air laut (MSL). Secara garis besar anomali rendah – sangat tinggi ditunjukkan (Gambar 4.17) dengan ditandai oleh anomali Z. Anomali Z muncul dengan pola menerus ke arah NW-SE. Anomali ini diduga masih berkaitan dengan *Vein* Cikoneng dan Cibitung yang telah di eksploitasi. Secara garis besar pada anomali Z didominasi oleh alterasi silisifikasi yang ditemukan mulai dari lintasan AK500 – AK800 yang secara horizontal menerus ke arah NW-SE. Hubungan antara *Vein* Cikoneng-Cibitung dengan anomali Z diperkirakan terdapat pepanjangan struktur dari *vein* utama tersebut sehingga anomali ini berpotensi sebagai tempat terjebaknya Au-Ag yang merupakan karakteristik dari epitermal sulfidasi rendah. Berdasarkan lintasan AK100 dan AK200, terdapat *vein* di antara lintasannya meskipun alterasi pada lintasan tersebut didominasi oleh propilitik dan argilik menguatkan asumsi bahwa pada anomali Z yang didominasi silisifikasi juga berpotensi mengandung *vein* ekonomis. Maka dari itu perlu dilakukan penelitian lanjutan pada anomali Z.

Daerah penelitian mempunyai 4 jenis pola struktur geologi yang berkembang dari tua ke muda yaitu Pola berarah timurlaut-baratdaya (NE-SW) berumur Kapur – Paleosen, Pola berarah utara-selatan (N-S) berumur Eosen Akhir – Oligosen Awal, Pola berarah timur-barat (E-W) berumur Eosen Awal – Miosen Awal, dan Pola berarah baratlaut-tenggara (NW-SE) berumur Eosen Awal – Miosen Awal. Berdasarkan (Gambar 4.17) pola kemenerusan alterasi secara horizontal secara umum dapat diwakili oleh anomali Z. Anomali Z cenderung mempunyai arah kemenerusan NW-SE. Jika dikorelasikan dengan pola struktur yang ada di daerah penelitian, alterasi epitermal menunjukkan pola kemenerusan yang sama dengan pola struktur berarah NW-SE. Berdasarkan umur geologi, mineralisasi daerah Cibaliung terjadi dari Oligosen – Miosen akhir. Hal ini menunjukkan bahwa mineralisasi terjadi setelah terbentuknya pola

struktur berarah E-W dan NW-SE. Sesar mendatar NW- SE terbentuk bersamaan dan akibat dari terbentuknya struktur baru berbentuk pola lipatan anjakan E-W.



Gambar 4. 17 Peta sebaran nilai resistivitas lapangan “AK” Cibaliung pada level 50 meter didukung dengan data geologi berupa sebaran struktur (patahan)

Meskipun mempunyai umur yang relatif sama, Pola berarah E-W dan NW-SE mempunyai arah struktur yang berbeda. Karena mineralisasi terjadi setelah

kedua pola struktur tersebut terbentuk, proses mineralisasi memungkinkan mengikuti kedua pola tersebut. Namun, pada daerah penelitian pola alterasi didominasi berarah NW-SE. Hal ini diduga karena pada daerah penelitian Pola struktur berarah NW-SE lebih mendominasi dibandingkan Pola berarah E-W yang juga menunjukkan zona lemah tempat dilaluinya larutan hidrotermal secara horizontal berarah NW-SE. Maka berdasarkan data geologi (struktur) dan data resistivitas dapat diketahui bahwa mineralisasi Lapangan “AK” Cibaliung Banten berkembang secara horizontal pada pola struktur berarah baratlaut-tenggara.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan pengolahan data CSAMT, persebaran nilai resistivitas lapangan “AK” Cibaliung Banten didominasi oleh nilai resistivitas 5 – 40 $\Omega.m$ yang merupakan litologi daerah penelitian. Resistivitas sangat rendah (40 – 50 $\Omega.m$) didefinisikan sebagai alterasi propilitik, resistivitas rendah (50 – 100 $\Omega.m$) didefinisikan sebagai alterasi argilik, resistivitas sedang – tinggi (200 – 1000 $\Omega.m$) didefinisikan sebagai alterasi silisifikasi, dan resistivitas sangat tinggi (>1100 $\Omega.m$) merupakan zona silica.
2. Anomali tinggi data resistivitas daerah penelitian sebagian besar memiliki pola arah NW-SE yang mengindikasikan proses mineralisasi Lapangan AK Cibaliung, Banten berkembang pada pola struktur berarah baratlaut-tenggara.

5.2 Saran

1. Diperlukan metode geofisika lainnya untuk melakukan analisa litotologi, jenis alterasi, dan struktur. Metode yang dapat dipakai yaitu metode Geomagnet dan metode IP (*Induced Polarization*).
2. Diperlukan data bor sebagai control dalam penentuan jenis alterasi dan litotologi sehingga data yang dihasilkan valid.
3. Analisis lebih lanjut jenis alterasi yang berasosiasi dengan *vein* kuarsa sebagai data tambahan dan pembuktian bahwa daerah penelitian mempunyai potensi deposit emas epitermal.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Angeles, C., Prihatmoko, S. dan S. Walker, J. (2002), "Geology and Alteration-Mineralization Characteristics of the Cibaliung Epithermal Gold Deposit, Banten, Indonesia", *RESOURCE GEOLOGY*,.
- Bemmelen, R.W.V. (1949), *The Geology of Indonesia*.
- Carlile, J.C. dan Mitchell, A.H.G. (1994), "Magmatic Arcs and Associated Gold and Copper Mineralization in Indonesia", *Journal of Geochemical Exploration*, Vol.50, No.1–3, hal. 91–142. [http://doi.org/10.1016/0375-6742\(94\)90022-1](http://doi.org/10.1016/0375-6742(94)90022-1).
- Chen, C.-S. (1993), "Application of CSAMT Method for Gold-Copper Deposits, Chinkuashih Area, Northern Taiwan", *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences*, Vol.4, No.4, hal. 339. [http://doi.org/10.3319/TAO.1993.4.4.339\(T\)](http://doi.org/10.3319/TAO.1993.4.4.339(T)).
- Chrishartantyo, G.A., Ariwibowo, Y. dan Widiarso, D.A. (2012), *Identifikasi Karakteristik Alterasi Hidrotermal Dan Mineralisasi Endapan Emas Epitermal Daerah Prospek Ramada, Kecamatan Cimanggu, Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten*,.
- Goldie, M.K. (2000), "A Geophysical Case History of the Yanacocha Gold District, Northern Peru", *SEG Technical Program Expanded Abstracts 2000*, Society of Exploration Geophysicists, hal. 750–753, <http://doi.org/10.1190/1.1816178>.
- Grandis, H. (2016), *Metoda Magnetotellurik (MT)*, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Grandis, H. (2000), "Koreksi Efek Sumber pada Data “Controlled Source Audio-Magnetotellurics” (CSAMT)", *Jurnal Teknologi Mineral (JTM)*, Vol.VII No.1.
- Guilbert, J.M. dan Park, C.F.Jr. (1986), *The Geology of Ore Deposits*, W.H. Freeman and Company, New York.
- Hamdi, H., Qausar, A.M. dan Srigutomo, W. (2016), "CSAMT Data Processing with Source Effect and Static Corrections, Application of Occam’s Inversion, and Its Application in Geothermal System", *Journal of Physics: Conference Series*, Vol.739, hal. 012057. <http://doi.org/10.1088/1742-6596/739/1/012057>.
- Harijoko, A., Sanematsu, K., A. Duncan, R., Prihatmoko, S. dan Watanabe, K. (2004), "Timing of the Mineralization and Volcanism at Cibaliung Gold Deposit, Western Java, Indonesia", *Resource Geology*, Vol.54, No.2, hal. 187–195.
- Hedenquist, J.W. (2017), *Epithermal Ore Deposits: First-Order Features Relevant to Exploration and Assessment*, Vol.1, hal. 16.

- Hedenquist, J.W. dan Lowenstern, J.B. (1994), "The Role of Magmas in the Formation of Hydrothermal Ore Deposits", *Nature*, Vol.370, No.6490, hal. 519–527. <http://doi.org/10.1038/370519a0>.
- Hoschke, T. (2011), *Geophysical Signatures of Copper-Gold Porphyry and Epithermal Gold Deposits*, hal. 16.
- Hu, X., Peng, R., Wu, G., Wang, W., Huo, G. dan Han, B. (2013), "Mineral Exploration Using CSAMT Data: Application to Longmen Region Metallogenic Belt, Guangdong Province, China", *Geophysics*, Vol.78, No.3, hal. B111–B119. <http://doi.org/10.1190/geo2012-0115.1>.
- Irvine, R.J. dan Smith, M.J. (1990), "Geophysical Exploration for Epithermal Gold Deposits", *Journal of Geochemical Exploration*, Vol.36, No.1–3, hal. 375–412. [http://doi.org/10.1016/0375-6742\(90\)90061-E](http://doi.org/10.1016/0375-6742(90)90061-E).
- Jaman, A.P. dan Elbur, E. (2012), *Pemetaan Potensi Kemenerusan Struktur dan Mineralisasi di Daerah Pongkor Bagian Utara Menggunakan Metode Controlled Source Audio Frequency Magneto Telluric (CSAMT)*, hal. 3.
- Kurniawan, A. (2010), *Karakteristik Mineralisasi Permukaan Vein Cikoneng Daerah Cibaliung – Banten*, Hal. 14.
- Magfiroh, D. (2009), *Pemodelan Data CSAMT 3D Pada Eksplorasi Deposit Emas di Daerah "X,"* Universitas Indonesia, Depok.
- Marcoux, E. dan Milési, J.-P. (1994), "Epithermal Gold Deposits in West Java, Indonesia: Geology, Age and Crustal Source", *Journal of Geochemical Exploration*, Vol.50, No.1–3, hal. 393–408. [http://doi.org/10.1016/0375-6742\(94\)90033-7](http://doi.org/10.1016/0375-6742(94)90033-7).
- Marjoribanks, R. (2000), *Geology of the Honje-Cibaliung Area, West Java, Indonesia – An Air Photo Interpretation Based Study*. Unpubl.,
- Nishikawa, N. (1992), "The Use of Electrical Methods in Recent Exploration for Epithermal Gold Deposits in Japan", *Exploration Geophysics*, Vol.23, No.1–2, hal. 249–253. <http://doi.org/10.1071/EG992249>.
- Rodi, W. dan Mackie, R.L. (2001), "Nonlinear Conjugate Gradients Algorithm for 2-D Magnetotelluric Inversion", *GEOPHYSICS*, Vol.66, No.1, hal. 174–187. <http://doi.org/10.1190/1.1444893>.
- Septadi, B., Naufaldi, F., Andradit, F., Widodo, A. dan Ismanto, A. (2018), "PEMETAAN ZONA BIJIH EMAS EPITHERMAL SULFIDASI RENDAH MENGGUNAKAN METODE RESISTIVITAS 2D DAN POLARISASI TERINDUKSI", *Jurnal Geosaintek*, Vol.4, No.1, hal. 19. <http://doi.org/10.12962/j25023659.v4i1.3740>.
- Sudana, D. dan Santosa, S. (1992), *Peta Geologi Lembar Cikarang, Jawa,*
- Telford, W.M., Geldart, L.P. dan Sheriff, L.E. (1990), *Applied Geophysics*, 2 Ed., Cambridge University Press.
- Unsworth, M. (2009), *Geophysics 223 : Environmental monitoring and mining exploration*, University of Alberta.
- White, N.C. dan Hedenquist, J.W. (1995), "Australasian Institute of Mining and Metallurgy", *SEG Newsletter*, No. 23, pp. 1, 9-13,.

- Yamashita, M., Hallof, P.G. dan Pelton, W.H. (1985), "CSAMT Case Histories with a Multichannel CSAMT System and Near-Field Data Correction", *SEG*,.
- Zonge, K.L. dan Hughes, L.J. (1991), "Controlled Source Audio-Frequency Magnetotellurics", dalam *SEG*, hal. 713–809.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN

1. Dokumentasi Akusisi data CSAMT



2. Alat dan Bahan Akusisi dat CSAMT

Transmitter	Genset TXU 30 CMU-1 (controller) Elektroda GPS Kabel
Receiver	V8 Aki Coil Porouspot GPS Kompas Geologi Waterpass Kabel koil dan porouspot CUSO4 Garam

Halaman ini sengaja dikosongkan

BIODATA PENULIS



Firman Aditya Satria Pratama lahir di Kediri pada 30 Maret 1998. Anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Jamili dan Juwariatul Maslikah. Riwayat pendidikan formal dimulai dari TK Dharmawanita Ketawang, SDN Ketawang 1, SMPN 1 Kunjang, SMAN 2 Pare, dan memasuki perguruan tinggi Departemen Teknik Geofisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya melalui jalur SBMPTN pada tahun 2015.

Selama periode pendidikan tinggi di ITS penulis memiliki mengikuti kegiatan lain di luar perkuliahan di kelas yaitu Karate di UKM Karate-Do ITS. Penulis juga mengikuti berbagai organisasi mahasiswa sebagai fungsionaris yakni staff Departemen Riset dan Teknologi Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika ITS (HMTG ITS) 2016/2017, staff departemen internal Karate-Do ITS 2016/2017, Kepala Divisi Departemen Riset dan Teknologi HMTG ITS 2017/2018, Kepala Departemen Keprofesional Himpunan Mahasiswa Geofisika Indonesia Region Jawa Timur-Bali (HMGI wilayah IV) 2017/2018. Selain menjadi fungsionaris organisasi, penulis juga berkesempatan menjadi panitia dari berbagai kegiatan kemahasiswaan di ITS dalam lingkup keprofesional seperti kuliah tamu, bincang karir, ataupun pelatihan dan kegiatan olahraga yaitu Pekan Olahraga Mahasiswa ITS (POMITS) 2017.

Kegiatan yang bersifat kompetitif juga sering diikuti oleh penulis. Selama masa perkuliahan penulis pernah mendapatkan dana prestasi dari Kementerian Riset dan Teknologi dalam Program Kreativitas Mahasiswa Gagasan Tertulis pada tahun (PKM-GT) 2017 dan mendapatkan predikat juara 3 dalam kompetisi Design Survey Indonesian Undergraduate Geophysical Competition (GSDC IUGC) 2018. Pada tahun 2018, penulis melakukan Kerja Praktik di Pusat Survei Geologi (PSG) ESDM, Bandung dan Tugas Akhir di PT ANTAM Tbk. Penulis sangat berkesan dalam mendapatkan saran, kritik, maupun ajakan diskusi lebih lanjut mengenai Proposal Tugas Akhir ini. Kritik dan saran dapat dikirim melalui email: firmanabdulloh@gmail.com