

**STUDI PENYEBARAN URAT (VEIN) PYRITE
DENGAN METODE POLARISASI TERIMBAS
DI DAERAH BANGKONG, GADJAHREJO, GEDANGAN,
MALANG SELATAN**

TUGAS AKHIR

Oleh :

**MACHRUS
0110930029 - 93**



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG**

2008

**STUDI PENYEBARAN URAT (VEIN) PYRITE
DENGAN METODE POLARISASI TERIMBAS
DI DAERAH BANGKONG, GADJAHREJO, GEDANGAN,
MALANG SELATAN**

TUGAS AKHIR

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Fisika

Oleh :

**MACHRUS
0110930029 - 93**



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2008**

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**STUDI PENYEBARAN URAT (VEIN) PYRITE
DENGAN METODE POLARISASI TERIMBAS
DI DAERAH BANGKONG, GADJAHREJO, GEDANGAN,
MALANG SELATAN**

oleh :
MACHRUS
0110930029 - 93

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji
pada tanggal
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Fisika

Pembimbing I

Pembimbing II

Adi Susilo, M.Si, Ph.D
NIP. 131 960 447

Ir. Wiyono, M.Si
NIP. 131 276 244

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Fisika
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

Adi Susilo, M.Si, Ph.D
NIP. 131 960 447

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Machrus
NIM : 0110930029-93
Jurusan : Fisika
Penulis Tugas Akhir berjudul :

**STUDI PENYEBARAN URAT (VEIN) *PYRITE*
DENGAN METODE POLARISASI TERIMBAS
DI DAERAH BANGKONG, GADJAHREJO, GEDANGAN,
MALANG SELATAN**

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Isi dari Tugas Akhir yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama yang termaktub di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam Tugas Akhir ini.
2. Apabila dikemudian hari ternyata Tugas Akhir yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, Maret 2008
Yang menyatakan,

Machrus
NIM. 0110930029-93

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Robbil'alamin, puja dan puji syukur kehadiran Allah SWT, atas limpahan rahmat serta hidayah-Nya kepada hamba-Nya yang lemah ini, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “ Studi Penyebaran Urat (*Vein*) *Pyrite* dengan Metode Polarisasi Terimbas di Daerah Bangkong, Gadjahrejo, Gedangan, Malang Selatan “, ini dengan sebaik-baiknya.

Penulis menyadari bahwa selesainya tugas akhir ini adalah berkat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis ingin menyampaikan penghargaan dan rasa terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Bpk. Drs. Adi Susilo, M.Si., Ph.D, selaku Ketua Jurusan Fisika, dan sekaligus selaku Pembimbing I, yang dengan ikhlas memberi bimbingan serta nasehatnya kepada penulis.
2. Bpk Ir. Wiyono, M.Si, selaku Pembimbing II, terima kasih atas, bimbingan serta masukan-masukanya kepada penulis.
3. Bpk. Sunaryo, S.Si.,M.Si., Ph.D, selaku pimpinan penelitian yang selalu memberikan masukan, saran dan bimbingan.
4. Ibunda, Ayahanda dan Adik-adik penulis, terima kasih atas segala pengorbanan, dukungan dan do'a restu serta kasih sayangnya yang selama ini telah diberikan.
5. Bapak, Ibu dosen dan seluruh karyawan Jurusan Fisika Universitas Brawijaya, atas ilmu dan bimbingannya
6. Bangkong Team (Mcruz, Jjay, Omen), Support Team (Avan, Ppung, Chalil, Aziez, Dhanie, Cohan, Chotib, Widie, Qowi, dan Hendra), keluarga bapak Sukir, dan teman-teman fisika seluruh angkatan (terutama angkatan 2001) yang telah memberikan inspirasi dan semangat pada penulis.
7. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, terima kasih atas dukungan yang diberikan.

Penulis menyadari bahwa laporan skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu saran dan kritik dari pembaca sangat penulis harapkan untuk perbaikan laporan ini. Semoga laporan ini berguna bagi semua pihak. Amin.

Malang, Maret 2008

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
ABSTRAK	xvii
ABSTRACT	xviii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	1
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	2
1.5. Manfaat Penelitian	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Metode Geolistrik	3
2.2 Metode Polarisasi Terimbas	3
2.3 Proses Elektrokimia	4
2.3.1 Polarisasi membran	4
2.3.2 Polarisasi elektroda	5
2.4 Pengukuran Metode Induksi Polarisasi	7
2.5.1 Kawasan waktu (<i>time domain</i>)	7
2.5.2 Kawasan frekuensi (<i>frequency domain</i>)	9
2.5 Konfigurasi Elektroda	12
2.5.1 .Faktor geometri	13
2.5.2 <i>Pseudodepth section</i>	14
2.6 Sumber Gangguan dan Penanggulangan	14
2.7 Mineralogi	15
2.8.1 Kondisi geodinamik Indonesia	15
2.8.2 Proses mineralisasi	16
2.9 Tinjauan Daerah Malang Selatan	20
9.1.1 Tinjauan fisiografi	20
9.1.2 Tinjauan morfologi	20

9.1.3 Tinjauan geologi	20
2.10 Karakteristik Fisis Mineral <i>Pyrite</i>	22

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	23
3.2. Peralatan Penelitian	23
3.3. Metode Penelitian	23
3.3.1. Akuisisi data	23
3.3.2. Pengolahan data	24
3.3.3. Interpretasi data	25
3.4. Diagram Alir Penelitian	26

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Data	27
4.2 Analisa Hasil dan Pembahasan	28
4.2.1 Lintasan-1	29
4.2.1.1 <i>Resistivity</i> (ρ)	29
4.2.1.2 <i>Percent frequency effect</i> (PFE)	31
4.2.1.3 <i>Chargheability</i> (M).....	31
4.2.1.4 <i>Metal faktor</i> (MF).....	32
4.2.1.5 Perbandingan model <i>pseudodepth section</i> <i>line-1</i>	34
4.2.2 Lintasan-2.....	36
4.2.2.1 <i>Resistivity</i> (ρ)	36
4.2.2.2 <i>Percent frequency effect</i> (PFE)	38
4.2.2.3 <i>Chargheability</i> (M).....	38
4.2.2.4 <i>Metal faktor</i> (MF).....	39
4.2.2.5 Perbandingan model <i>pseudodepth section</i> <i>line-2</i>	40
4.2.3 Perbandingan hasil penelitian metode polarisasi terimbas dengan hasil-hasil penelitian gayaberat, medan magnet, <i>self potential</i> , dan mise a la mase	43
4.2.3.1 Metode gayaberat	44
4.2.3.2 Metode medan magnet.....	45
4.2.3.3 Metode <i>self potential</i>	46
4.2.3.4 Metode mise a la mase.....	47
4.2.3.5 Metode VLR-R.....	49

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan 51
5.2 Saran 51

DAFTAR PUSTAKA 53

LAMPIRAN 55

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Polarisasi membran.....	5
Gambar 2.2	Polarisasi membran	5
Gambar 2.3	Lapisan kembar	6
Gambar 2.4	Konsep resistivitas semu	10
Gambar 2.5	Susunan konfigurasi dipol-dipol.....	12
Gambar 2.6	<i>Pseudodepth section</i>	14
Gambar 2.7	Lempeng tektonik Indonesia	16
Gambar 2.8	Proses intrusi magma	18
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian	26
Gambar 4.1	Peta kontur daerah penelitian	28
Gambar 4.2	<i>Pseudodepth section resistivity line-1</i>	30
Gambar 4.3	<i>Pseudodepth section PFE line-1</i>	31
Gambar 4.4	<i>Pseudodepth section chargeability line-1</i>	32
Gambar 4.5	<i>Pseudodepth section metal factor line-1</i>	33
Gambar 4.6	Hasil perbandingan <i>pseudodepth section resistivity</i> (ρ), <i>percent frequency effect</i> (PFE), <i>metal factor</i> (MF) dan <i>chargeability</i> (m) <i>line-1</i>	34
Gambar 4.7	Model dua blok <i>vein pyrite</i> pada blok penampang. 36	
Gambar 4.8	<i>Pseudodepth section resistivity line-2</i>	37
Gambar 4.9	<i>Pseudodepth section PFE line-2</i>	38
Gambar 4.10	<i>Pseudodepth section chargeability line-2</i>	39
Gambar 4.11	<i>Pseudodepth section metal factor line-2</i>	40
Gambar 4.12	Hasil perbandingan <i>pseudodepth section resistivity</i> (ρ), <i>percent frequency effect</i> (PFE), <i>metal factor</i> (MF) dan <i>chargeability</i> (m) <i>line-2</i>	42
Gambar 4.13	Model tiga blok <i>vein pyrite</i> pada blok penampang. 43	
Gambar 4.14	Model hasil metode gayaberat.....	44
Gambar 4.15	Model hasil metode medan magnet	45
Gambar 4.16	Model hasil metode <i>self potential</i>	46
Gambar 4.17	Model hasil metode <i>mise a la mase</i>	47
Gambar 4.18	Model hasil metode VLF-R.....	48
Gambar 4.19	Model hasil perbandingan beberapa penelitian	49
Gambar L1.	Peta administratif Gedangan	55
Gambar L2.	Peta geologi Gedangan	56
Gambar L3.	Desain lokasi titik ukur dan arah lintasan	57
Gambar L4.	Alat <i>Geosetrom dt83b digital multimeter</i>	58
Gambar L.7.1.	<i>Resistivity</i> (ρ) <i>Line-1</i>	67

Gambar L.7.2.	<i>Percent frequency effect (PFE) line-1</i>	67
Gambar L.7.3.	<i>Metal factor (MF) line-1</i>	68
Gambar L.7.4.	<i>Chargeability (m) line-1</i>	68
Gambar L.7.5.	<i>Resistivity (ρ) line-2</i>	69
Gambar L.7.6.	<i>Percent frequency effect (PFE) line -2</i>	69
Gambar L.7.7.	<i>Metal factor (MF) line -2</i>	70
Gambar L.7.8.	<i>Chargeability (m) line-2</i>	70

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Intepretasi parameter-parameter IP <i>line-1</i>	35
Tabel 4.2	Intepretasi parameter-parameter IP <i>line-2</i>	42
Tabel 4.3	Arah zona mineralisasi <i>pyrite</i> dari beberapa penelitian yang telah dilakukan	50
Tabel L.5	Data terolah induksi polarisasi	59
Tabel L.7.1.	Resistivitas rata-rata batuan (Ohm-m).....	97
Tabel L.7.2.	<i>Metal factor</i> batuan (mhos/cm)	99
Tabel L.7.3.	<i>Chargeability</i> sedimen (msec).....	99
Tabel L.7.4.	<i>Chargeability</i> rata-rata batuan (msec).....	100
Tabel L.7.5.	<i>Chargeability</i> mineral (msec).....	100



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Peta Administratif Gedangan	55
Lampiran 2	Peta Geologi Gedangan.....	56
Lampiran 3	Desain Lokasi Titik Ukur dan Arah Lintasan.....	57
Lampiran 4	Spesifikasi Alat Geosetrom	58
Lampiran 5	Data Terolah Induksi Polarisasi.....	59
Lampiran 6	Model-Model <i>Pseudodepth section</i> Parameter Induksi Polarisasi.....	67
Lampiran 7	Tabel Resistivitas, <i>Chargeability</i> dan <i>Metal factor</i> (Telford, et al., 1990).	71



**STUDI PENYEBARAN URAT (VEIN) PYRITE
DENGAN METODE POLARISASI TERIMBAS
DI DAERAH BANGKONG, GADJAHREJO, GEDANGAN,
MALANG SELATAN**

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian untuk mendeteksi daerah sebaran urat (*vein*) *pyrite* pada tanggal 24 September - 8 Oktober 2005 di daerah Bangkong, Gadjahrejo, Gedangan, Malang Selatan dengan menggunakan metode induksi polarisasi konfigurasi *dipole-dipole*.

Akuisisi data dilakukan dengan menggunakan alat *Reistivimeter Geosetrom* dalam domain frekuensi pada dua lintasan dengan panjang spasi masing-masing lintasan sebesar 40m dan 20m. Pada lintasan pertama diperoleh sebanyak 45 data sedangkan lintasan kedua diperoleh sebanyak 69 data. Data hasil akuisisi diolah menjadi data parameter polarisasi terimbas yang meliputi : *resistivity* (ρ), *percent frequency effect* (PFE), *metal factor* (MF) dan *chargeability* (m). Data hasil pengolahan dari masing-masing parameter dimodelkan dengan menggunakan *software* RES2DINV versi 3.54 untuk didapatkan model *pseudodepth section*. Hasil perbandingan model *pseudodepth section* dari keempat parameter, diduga merupakan daerah sebaran urat (*vein*) *pyrite*.

Berdasarkan hasil interpretasi dari perbandingan model pada masing-masing lintasan didapatkan target lokasi tubuh utama *pyrite*, antara lain : pada *line-1* terdapat dua blok. Blok pertama terletak antara titik 324 - 325 pada kedalaman antara 34.9 - 50.7 m, sedangkan pada blok kedua terletak antara titik 326 - 328 pada kedalaman antara 20.5 - 50.7 m. Pada *line-2* terdapat tiga blok. Blok pertama terletak pada titik 303 dengan kedalaman antara 10.3 - 25.3 m, blok kedua terletak terletak antara titik 329 - 355 pada kedalaman antara 7.5 - 20.5 m, sedangkan pada blok ketiga terletak antara titik 381 - 407 pada kedalaman antara 7.5 - 20.5 m. Hasil ini sesuai dengan hasil perbandingan beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

Kata kunci : *resistivity* (ρ), *percent frequency effect* (PFE), *metal factor* (MF), dan *chargeability* (m).

STUDYING OF PYRITE VEIN DISTRIBUTION AREA WITH INDUCED POLARIZATION METHOD AT BANGKONG AREA, GADJAHREJO, GEDANGAN, SOUTH MALANG

ABSTRACT

Determination of distribution pyrite vein using induced polarization (dipole-dipole configuration) at Bangkong area, Gedangan, Gadjahrejo, South Malang from September 24th to October 8th 2005 had been undertaken.

Data acquisition was taken using Resistivitymeter Geostroom of frequency domain on two lines, line-1 and line-2. There were 45 data with the space of 40 m and 69 data with the space of 20 m for line-1 and line-2, respectively. The data when calculated to become induced polarization, which are resistivity (ρ), percent frequency effect (PFE), metal factor (MF) and chargeability (m). The calculated data of each parameters were modeled using software of RES2DIVN version 3.54 to obtain pseudodepth section model. The comparison result from those parameters above were interpreted as area of pyrite vein.

Base on the interpretation result, that the pyrite body could be determined. There were two blocks from line-1, the first was located from point 324 to 325, with the depth between 3.49 – 50.7 m, and the second was located from point 326 to 328, with the depth between 20.5 – 50.7 m. From line-2, it were obtained 3 blocks. The first block was located at point 303, with the depth between 10.3 – 25.3 m, the second block was located from point 329 to 355, with the depth between 7.5 – 20.5 m, while the third block was located from point 381 to 407, with the depth between 7.5 – 20.5 m. This result is math with the comparison result from preliminary research.

Keywords : resistivity (ρ), percent frequency effect (PFE), metal factor (MF), and chargeability (m).

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Geofisika merupakan suatu kajian terstruktur tentang fenomena alam yang ditinjau dari aspek-aspek fisika. Peranan geofisika sangat penting dalam pencarian sumberdaya alam, terutama dalam penentuan letak suatu golongan mineral logam maupun non logam.

Indonesia merupakan negara kepulauan yang terletak pada jalur tumbukan (*subduction zone*) tiga lempeng tektonik. Daerah pada jalur tumbukan tersebut relatif labil dan merupakan daerah perangkap struktur yang sarat akan potensi sumberdaya alam.

Daerah Bangkong, Malang Selatan merupakan salah satu daerah yang memiliki potensi kandungan mineral sulfida *pyrite* didasarkan adanya singkapan (*out rock vein pyrite*) di sekitar gua (titik *base*).

Telah dilakukan beberapa penelitian untuk mengetahui daerah zona mineralisasi sulfida *pyrite* ini, diantaranya penelitian metode gayaberat dan medan magnet dengan tujuan untuk mengetahui daerah intrusi, kemudian dilanjutkan dengan metode potensial diri, resistivitas, *mise a la mase* dan VLF-R dengan tujuan untuk mengetahui sebaran zona mineralisasi urat (*vein pyrite*) secara lateral dan vertikal (Sunaryo, 2007)

Beberapa penelitian tersebut dilakukan agar didapat gambaran pola penyebaran mineralisasi urat (*vein pyrite*) dari sudut parameter berbeda yang saling melengkapi serta untuk meminimalisir faktor ambiguitas dari tiap metode. Penelitian metode polarisasi terimbas konfigurasi dipol-dipol merupakan penelitian lanjutan yang digunakan untuk mengetahui faktor konduktivitas dan kandungan logam dari lapisan bawah permukaan di daerah penelitian. Adapun parameter metode polarisasi terimbas antara lain : *resistivity* (ρ), *percent frequency effect* (PFE), *metal factor* (MF), dan *chargheability* (m).

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan utama yang akan diteliti, yaitu bagaimana mengetahui gambaran pola penyebaran urat (*vein pyrite*) dengan metode polarisasi terimbas konfigurasi dipol-dipol di daerah Bangkong, Gadjahrejo, Gedangan, Malang Selatan.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini antara lain :

1. Penelitian hanya dilakukan di daerah Bangkong, Gadjahrejo, Gedangan, Malang Selatan.
2. Menggunakan metode polarisasi terimbas konfigurasi dipol-dipol.
3. Hasil interpretasi hanya dilakukan pada urat (*vein*) *pyrite*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui gambaran pola penyebaran urat (*vein*) *pyrite* secara lateral dan vertikal, berdasarkan anomali yang ditimbulkan oleh respon susunan batuan bawah permukaan.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian yaitu diharapkan dapat dijadikan sebagai data penunjang untuk beberapa penelitian yang telah dilakukan maupun penelitian yang akan dilakukan, sehingga dapat diperoleh gambaran zona mineralisasi *pyrite* yang lebih spesifik.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Metode Geolistrik

Geolistrik merupakan salah satu metode geofisika yang digunakan untuk mengetahui keadaan bawah permukaan dengan mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi, yang meliputi pengukuran medan potensial, elektromagnetik dan arus yang terjadi baik secara alami maupun melalui injeksi arus listrik.

Secara umum metode geolistrik dibagi dua yaitu:

- a. Metode pasif yaitu menggunakan arus listrik yang timbul secara alamiah, karena proses elektro-kimia dan elektro-mekanik dalam material-material penyusun batuan. Metode pasif tersebut yaitu: *self potential*, *magneto tellurik*, dan elektromagnetik.
- b. Metode aktif yaitu dengan sengaja menginjeksikan arus listrik kedalam tanah / batuan bumi. Metode aktif tersebut antara lain metode resistivitas, polarisasi terimbas (IP) (Tachjudin, 1990)

Metode geolistrik menggunakan tiga fenomena alam yang berhubungan dengan kondisi batuan di dalam bumi, antara lain:

- a Resistivitas (tahanan jenis)
Resistivitas merupakan kebalikan dari konduktivitas yang bergantung pada arus dan beda potensial.
- b Aktivitas elektrokimia
Aktivitas elektrokimia terjadi karena adanya elektrolit di dalam bumi dan merupakan dasar pendeteksian anomali bumi yang menggunakan metode magnetik, potensial diri dan induksi polarisasi.
- c Konstanta dielektrik
Konstanta dielektrik memberikan kapasitas material batuan dalam menyimpan muatan listrik dan mendapatkan informasi tentang formasi batuan dengan memberi arus ke dalam bumi agar bumi bersifat konduktif ataupun induktif (Telford et al., 1990).

2.2 Metode Polarisasi Terimbas

Metode polarisasi terimbas merupakan salah satu metode geofisika aktif yang bertujuan untuk mengetahui sebaran mineralisasi bawah permukaan secara lateral dan vertikal, yaitu dengan mengukur

adanya polarisasi di dalam medium akibat pengaruh arus listrik yang melewatinya (Nawawi, 1998).

Pada saat arus listrik dialirkan kedalam medium, terjadi penyimpanan energi didalam medium dalam bentuk energi mekanik, energi listrik, dan energi kimia. Pada saat arus listrik diputus, energi yang tersimpan akan dilepaskan kembali dalam bentuk energi listrik yang dalam metode polarisasi terimbas, terukur disebut potensial decay $V(t)$, sehingga nilai beda potensial yang terukur tidak langsung menjadi nol. Energi yang tersimpan tersebut mengakibatkan polarisasi membran (variasi mobilisasi ion dalam larutan yang mengisi pori-pori batuan), dan polarisasi elektroda (variasi daya hantar listrik ionik dan elektronik bila dalam batuan terdapat logam) (Suparwoto, 2001).

2.3 Proses Elektrokimia

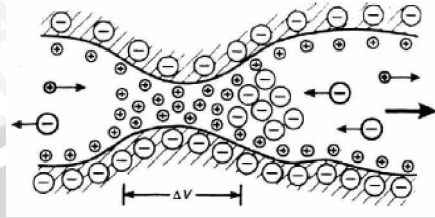
Proses elektrokimia memiliki peranan penting dalam metode ini, yang mana proses tersebut sangat dipengaruhi oleh sifat medium dan larutan. Gejala polarisasi terimbas yang termasuk dalam proses elektrokimia antara lain :

2.3.1. Polarisasi membran

Keberadaan mineral lempung (mineral konduktif pengisi batuan) merupakan faktor dasar penyebab timbulnya fenomena polarisasi terimbas. Fenomena ini disebut sebagai efek normal, dimana gejala elektrokimia tidak berperan, yang berperan hanya gejala elektrokinetik, yaitu yang berhubungan dengan mobilitas ion positif dan ion negatif yang disebabkan oleh sifat membran dari pori-pori.

Ada dua penyebab polarisasi membran, antara lain :

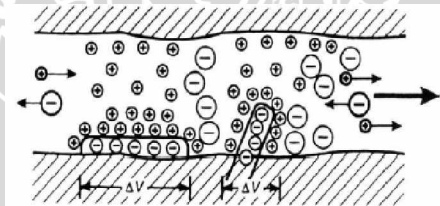
- a. Penyempitan di dalam saluran pori-pori.
Polarisasi membran dapat dijumpai terutama dalam mineral logam yang mengandung mineral-mineral lempung. Hal ini disebabkan karena batuan batuan tersebut mempunyai jalur-jalur pori yang sempit diantara strukturnya yang berupa lembaran-lembaran atau kristal-kristal. Polarisasi membran mempunyai arti lain sebagai penyimpan energi akibat adanya perbedaan mobilitas ion (Nawawi, 1998).



Gambar 2.1 Polarisasi membran (Kiberu, J., 2002)

b. Kehadiran partikel tanah liat

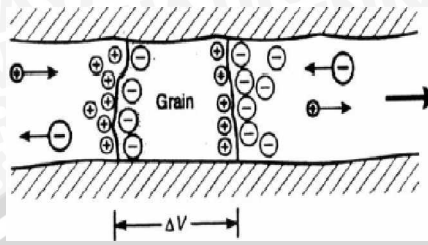
Mineral lempung umumnya bermuatan negatif terletak pada bidang batas antar muka batuan dan larutan pori, sehingga ion-ion positif akan tertarik dan terkumpul dekat bidang antar muka. Saat batuan dialiri arus listrik dc ion-ion akan bergerak, ion positif ke arah katoda dan ion negatif ke arah anoda. Adanya ion negatif dari lempung yang tidak dapat bergerak menyebabkan gerakan ion-ion tertahan, dalam beberapa detik setelah arus diputus ion-ion akan kembali keposisi seimbang. Efek tersebut akan berkurang dengan meningkatnya salinitas cairan (Telford et al., 1990).



Gambar 2.2 Polarisasi membran (Kiberu, J., 2002)

2.3.2. Polarisasi elektroda

Elektroda adalah logam-logam yang bersentuhan dengan tanah, atau partikel mineral logam yang mengalami proses oksidasi-reduksi didalam pori-pori batuan. Bila dalam pori-pori batuan terdapat elektrolit dan mineral logam, maka pada bidang batas antara mineral logam dan elektrolit terjadi susunan muatan yang berlawanan membentuk suatu susunan kapasitor yang disebut dengan lapisan kembar listrik (*electrical double layer*). Batuan yang mengandung unsur logam dapat disebut sebagai elektrolit (Angoran and Madden, 1977).



Gambar 2.3 Lapisan kembar (Kiberu, J., 2002)

Pada saat tidak ada arus yang mengalir, terjadi proses oksidasi-reduksi pada batas kontak antara elektrolit dan logam, akibat timbulnya beda potensial antara logam dengan cairan sampai keadaan setimbang. Reduksi merupakan proses pengisian ion (perubahan ion menjadi elektroda) dalam larutan ke elektrolit dan logam, atau dari logam ke ion-ion dalam larutan. Sedangkan bila ion kehilangan elektroda proses ini disebut oksidasi. Pada mineral *pyrite* sejumlah kecil ion-ion besi akan meninggalkan bijih *pyrite* dengan muatan negatif yang berlebih dan memberikan kelebihan muatan positif. Perbedaan potensial dalam logam dan dalam larutan yang jauh dari logam disebut potensial elektroda, yang besarnya tergantung pada suhu dan konsentrasi mineral (Nawawi, 1998).

Saat aliran arus listrik dialirkan melintasi batuan, maka kesetimbangan akan terganggu sehingga timbul polarisasi pada elektrolit. Ion-ion akan bergerak dan sebagian tertahan oleh adanya mineral ion logam di dalam air tanah, pada saat itu arus diangkut elektron, sehingga terjadi timbunan muatan ionik dipermukaan partikel elektrolit (pada bidang batas antara mineral logam dan elektrolit), ion positif masuk ke dalam partikel dan ion negatif meninggalkan partikel. Muatan yang tertimbun tersebut menimbulkan potensial ekstra (*overvoltage*) yang besarnya tergantung pada besarnya arus dan lama arus melewatinya. Pada saat melintasi butir-butir logam, mineral akan terpolarisasi, (karena proses elektrokimia) satu sisi menjadi positif sedangkan sisi lain menjadi negatif. Proses polarisasi ini disebut polarisasi elektroda (Suparwoto, 2001).

Karena kecepatan aliran arus dalam elektrolit lebih lambat dari pada dalam logam, maka tumpukan ion dipertahankan dengan tegangan eksternal ketika suatu arus dihentikan, *overvoltage* akan menurun, tegangan residu keluar melalui partikel, berkurang secara

terus-menerus sebagai ion yang pelan-pelan terdifusi kembali masuk ke dalam pori-pori elektrolit kembali pada keadaan setimbang mereka, sehingga menimbulkan potensial decay yang terukur pada elektroda potensial (Telford et al., 1990).

Sumber polarisasi terbesar disebabkan adanya mineral logam dalam batuan, yang disebut polarisasi elektroda. Efek polarisasi elektroda tergantung pada besarnya pengaruh tegangan dan konsentrasi mineral (Parasnis, 1966).

2.4 Pengukuran Metode Polarisasi Terimbas

Polarisasi terimbas merupakan pengukuran suatu perubahan voltase pada fungsi waktu atau frekuensi. Respon dasar parameter pengukuran metoda IP yang dilakukan adalah jumlah perubahan voltase (ΔV) atau resistivitas ($\Delta \rho$) yang dinormalisir. Dasar fungsi pokok IP dapat ditulis sebagai $\frac{\Delta V}{V}$ atau $\frac{\Delta \rho}{\rho}$ (Siegel, 1959).

2.4.1. Kawasan waktu (*time domain*)

Prinsip pengukuran dalam kawasan waktu adalah pengamatan peluruhan potensial sekunder (V_s) terhadap waktu, dilakukan dengan mengalirkan arus dc kedalam medium melalui sepasang elektroda arus, kemudian mengukur beda potensial luruh yang timbul antara dua elektroda potensial setelah arus dimatikan. Pengukuran yang tepat harus merupakan perbandingan tegangan residual dari $V_{(t)}$ pada waktu tertentu saat arus diputuskan dengan tegangan normal V_0 pada waktu arus mengalir. Parameter polarisasi pada kawasan ini antara lain :

1. Efek polarisasi terimbas

Parameter ini merupakan pengukuran tegangan residual tertentu setelah arus diputus. Tegangan residual sedemikian kecil sehingga dinyatakan dalam milivolt (mV), sedang tegangan normal dalam volt, dan interval waktu 0,1 - 10 detik.

Akibat efek polarisasi terimbas dinyatakan dalam milivolt atau volt dengan perbandingan :

$$IP_{Efect} = \frac{V_s(t)}{V_p} \times 100\% \quad (2.1)$$

Dimana : V_s = tegangan sekunder

V_p = tegangan primer (Telford et al., 1990).

2. Chargeability (m)

Parameter lain yang diukur dalam kawasan waktu adalah chargeabilitas (m). Besaran ini berasosiasi dengan integral waktu yang didefinisikan sebagai daerah dibawah kurva tegangan sisa yang diukur dalam milidetik. Dan pada umumnya dinyatakan seperti:

$$m = 1 - \frac{V_s}{V_p} \text{ milidetik} \quad (2.2)$$

Dimana : V_p = tegangan pada saat arus mengalir

V_s = tegangan saat arus diputus (Siegel, 1959).

Parameter pengukuran dalam domain waktu adalah daerah di bawah kurva potensial luruh $V(t)$ sesuai dengan interval waktunya (t_1, t_2). Pengintegrasian dari nilai berkenaan dengan waktu yang diberikan pada area di bawah kurva potensial luruh $V(t)$, merupakan cara alternatif melukiskan kurva. Ketika integral dibagi oleh V_p , nilai resultan disebut chargeabilitas (m) (faktor perbandingan) dan mempunyai unit waktu milidetik. Sebagaimana dinyatakan pada persamaan dibawah ini :

$$m = \frac{1}{V_p} \int_{t_1}^{t_2} V_s(t) dt = \left\{ \lim_{t \rightarrow \infty} v(t) - \lim_{t \rightarrow 0} v(t) \right\} / \lim_{t \rightarrow \infty} v(t) \quad (2.3)$$

yang mana

$$\lim_{t \rightarrow \infty} v(t) = \rho_{lo} \quad \text{dan} \quad \lim_{t \rightarrow 0} v(t) = \rho_{hi}$$

Jadi

$$m = 1 - \frac{\rho_{hi}}{\rho_{lo}} = \frac{FE}{1 + FE} \quad (2.4)$$

Dimana : ρ_{hi} = resistivitas semu pada frekwensi tinggi

ρ_{lo} = resistivitas semu pada frekwensi rendah

(Siegel, 1959).

2.4.2. Kawasan frekuensi (*frequency domain*)

Pengukuran domain frekuensi dibuat saat dua frekuensi yang berbeda pada umumnya kurang dari 10 Hz (0.1 dan 5 Hz, atau 0.3 dan 2.5 Hz). Parameter yang diukur adalah respon tegangan stabil setelah penyaringan (dengan mengukur variasi resistivitas medium yang tampak sebagai fungsi frekuensi arus yang dimasukkan dalam medium). Pada kawasan ini persen perbedaan antara impedansi pada frekuensi tinggi dan rendah diukur. Penggunaan frekuensi yang berbeda ini karena setiap bahan mempunyai respon yang berbeda untuk arus dengan frekuensi yang berbeda.

Dalam kawasan ini diberikan parameter sebagai berikut:

1 Resistivitas semu (ρ_a)

Asumsi yang digunakan dalam metode geolistrik resistivitas adalah bumi bersifat homogen isotropis. Ketika arus diinjeksikan ke dalam bumi, pengaruh dalam bentuk beda potensial yang diamati secara tidak langsung adalah hambatan jenis suatu lapisan bumi tertentu, yang nilainya bukan hambatan jenis yang sesungguhnya. Hambatan jenis merupakan besaran yang nilainya tergantung pada spasi elektroda yang dipakai. Padahal kenyataannya bumi terdiri dari lapisan-lapisan dengan nilai resistivitas yang berbeda-beda, sehingga potensial yang diukur merupakan pengaruh dari lapisan-lapisan tersebut. Hambatan jenis ini disebut resistivitas semu, yang dirumuskan :

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (2.5)$$

Dimana : ρ_a = resistivitas semu (Ωm)

K = faktor geometris (m)

ΔV = beda potensial (V)

I = kuat arus (A)

Bumi merupakan medium berlapis dengan masing-masing lapisan mempunyai harga resistivitas yang berbeda-beda. Resistivitas semu merupakan suatu konsep abstrak yang didalamnya terkandung keterangan tentang kedalaman dan sifat suatu lapisan tertentu. Sebagaimana disajikan dalam gambar dibawah ini, dimisalkan bahwa medium yang ditinjau terdiri dari 2 lapis dan mempunyai nilai

resistivitas yang berbeda (ρ_1 dan ρ_2). Dalam pengukuran, medium ini akan dianggap sebagai 1 lapisan yang homogen dan mempunyai 1 harga resistivitas yaitu ρ_a resistivitas semu.



Gambar 2.4 Konsep resistivitas semu (Telford et al., 1990).

Pada umumnya batuan di bumi ini memiliki sifat kelistrikan berupa daya hantar listrik (konduktivitas dan tahanan jenis), potensial alam dan konstanta dielektrikum yang merupakan kepolaritasan material dalam suatu medan listrik yang menentukan kapasitas induktif efektif dari suatu material batuan dan merupakan respon statik untuk medan listrik ac maupun dc (Dobrin, 1981).

Resistivitas semu yang dihasilkan oleh setiap konfigurasi akan berbeda walaupun jarak antar elektrodanya sama. Maka dikenal adanya ρ_{aw} yaitu resistivitas semu untuk konfigurasi Wenner dan ρ_{as} untuk konfigurasi Schlumberger. Untuk medium berlapis, harga resistivitas semu ini akan merupakan fungsi jarak bentangan (jarak antar elektroda arus). Untuk jarak antar elektroda arus yang kecil akan memberikan ρ_a yang harganya mendekati ρ batuan di dekat permukaan. Sedang untuk jarak bentangan yang besar, ρ_a yang diperoleh akan mewakili harga ρ batuan yang lebih dalam (Telford et al., 1990).

Berdasarkan harga tahanan jenis listriknya, batuan atau mineral dapat dibedakan menjadi:

- a Konduktor baik : $10^{-8} < \rho < 1 \Omega\text{m}$.
- b Konduktor tengah : $1 < \rho < 10^7 \Omega\text{m}$.
- c Isolator : $\rho > 10^7 \Omega\text{m}$ (Anonymous, 2001).

Pada batuan yang bersifat porous, kandungan cairan kimia lebih berperan dari pada konduktivitas batuan itu sendiri. Ada perbedaan antar batuan porous, yaitu saat porous tersebut terisi cairan dan tidak terisi cairan. Pada saat porous batuan terisi cairan, semua akan diatur oleh tahanan jenis cairan sehingga konduksinya menjadi konduksi elektronik. Sebaliknya, pada saat porous batuan tidak terisi cairan, arus yang lewat dijalankan melalui konduksi elektronik butiran-butiran mineral penyusun batuan itu sendiri (tahanan jenis tergantung

pada kemampuan intrinsik mikroskopik dari batuan tersebut). Hantaran elektrolit suatu batuan pada umumnya ditentukan oleh distribusi elektrolit dalam pori-pori batuan, hantaran elektronik yang kering umumnya lebih rendah dari pada batuan basah, porositas akan berpengaruh pada resistivitas batuan karena volume dan susunan pori-pori yang lebih besar dari suatu batuan cair yang tentunya lebih banyak dan besar resistivitas bergantung dengan konduktifitas cairan yang dihadapnya, makin besar resistivitas batuanya, maka jenis cairan yang ada dibawah permukaan bervariasi tergantung dari jumlah porositas batuan dan topografi (Reynold, 1997).

2 Percent frequency effect (PFE)

Efek frekuensi (FE) merupakan parameter yang diperoleh dari pengukuran respon tegangan *steady state* setelah penyaringan, yang dinyatakan sebagai :

$$FE = \frac{V_{lo} - V_{hi}}{V_{hi}} \quad \text{atau} \quad FE = \frac{\rho_{lo} - \rho_{hi}}{\rho_{hi}} \quad (2.6)$$

Dimana V_{hi} Dan V_{lo} merupakan respon tegangan *stedy state* saat difilter pada frekwensi tinggi dan rendah yang berturut-turut. Saat arus terkondisikan pada puncak amplitudo konstan dan frekuensi bermacam-macam. FE dinyatakan seperti di persamaan 2.6, dimana ρ_{hi} dan ρ_{lo} merupakan respon dari resistivitas semu pada frekuensi h_i dan l_o . Resistivitas semu pada frekuensi rendah (l_o) lebih besar dari pada frekuensi tinggi (h_i), sebab daya hambat batuan berkurang saat frekwensi arus bolak-balik ditingkatkan (Marshall dan Madden, 1959).

Secara umum PFE menjelaskan hubungan antara efek frekuensi dengan jumlah kuarsa dalam mineral sulfida dan menunjukkan jumlah sulfida dalam batuan berikut model penyebarannya secara merata atau mengelompok. Biasanya mineral sulfida terbentuk bersamaan dengan mineralisasi emas, sehingga dapat digunakan sebagai kontrol terhadap terbentuknya mineralisasi emas. Besarnya harga PFE didefinisikan dengan :

$$PFE = \frac{\rho_{lo} - \rho_{hi}}{\rho_{hi}} \times 100\% \quad (2.7)$$

(Telford et al., 1990).

3 Metal factor (MF)

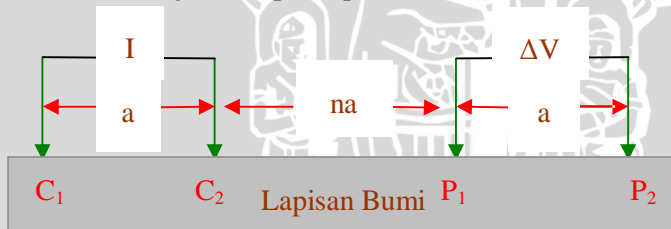
Parameter ini merupakan fungsi tahanan jenis dan frekuensi efek, jadi besarnya tergantung pada resistivitas yang diukur. Parameter ini ditentukan oleh Madden dan Marshall untuk mengoreksi sebagian tahanan jenis dari batuan. Pada prinsipnya MF dinyatakan sebagai frekuensi efek dibagi tahanan jenis semu dc atau tahanan jenis semu frekuensi sangat rendah. Pada saat diukur dalam mho/meter perbandingan dalam satuan MKS dikalikan dengan $2\pi \times 10^3$ untuk dikonversikan dalam satuan Inggris. Metal faktor didefinisikan sebagai :

$$MF = \frac{\rho_{lo} - \rho_{hi}}{\rho_{lo} \times \rho_{hi}} \times A \quad \text{atau} \quad MF = \frac{PFE}{\rho_{lo}} \times A \quad (2.8)$$

Dimana : $A = 2\pi \times 10^3$ (Sumner, 1976).

2.5 Konfigurasi Elektroda

Konfigurasi elektroda merupakan model penyusunan elektroda arus dan elektroda potensial yang sedemikian rupa diatur sesuai dengan tujuan yang hendak dicapai. Susunan konfigurasi yang digunakan dalam metode polarisasi terimbas pada dasarnya sama dengan pengukuran pada resistivitas, berikut gambar penampang horizontal dari konfigurasi dipol-dipol :



Gambar 2.5 Susunan konfigurasi dipol-dipol (Santoso, 2002).

Keterangan : C_1, C_2 = elektroda arus
 P_1, P_2 = elektroda potensial
 a = spasi elektroda (jarak antara elektoda)
 n = lapisan kedalaman (Santoso, 2002).

Dalam pengukuran dengan konfigurasi dipol-dipol kedua arus bergerak menjauhi kedua elektroda potensial secara bersamaan serta

elektroda potensial dan arus mempunyai jarak yang tetap yaitu sebesar a . Konfigurasi dipol-dipol dapat diterapkan dalam pengukuran kawasan frekuensi maupun kawasan waktu dengan tujuan untuk menghilangkan adanya efek kopling serta untuk mencatat kelengkungan fungsi potensial dengan menggunakan pasangan elektroda arus yang berjarak rapat dan untuk mencari mineral tipe endapan retas (*vein*).

2.5.1 Faktor geometri

Faktor geometri merupakan suatu besaran yang nilainya berubah terhadap jarak elektroda atau spasi elektroda dan juga tergantung pada konfigurasi elektroda. Menurut gambar 2.5, untuk penampang dengan topografi yang relatif rata dapat diketahui besarnya beda potensial antara P_1 dan P_2 adalah seperti persamaan berikut:

$$V = V_{p_1} - V_{p_2} \quad (2.9)$$

$$V = \frac{qI}{2\pi} \left(\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right) \text{ dan } \rho = 2\pi \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} \right)^{-1} \frac{V}{I}$$

karena $\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} \right)$ adalah faktor geometri (K) yang dipengaruhi oleh jarak antar titik, maka untuk tiap susunan elektroda akan mempunyai harga yang berbeda-beda. Faktor geometri untuk susunan pada gambar 2.5 bernilai :

$$C_1, P_1 = r_1 = (n+1) a ; C_2, P_2 = r_2 = n.a$$

$$C_1, P_2 = r_3 = (n+2) a ; C_2, P_1 = r_4 = (n+1) a$$

Sehingga faktor geometri menjadi :

$$K = \frac{1}{\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4}} \text{ atau } K = \frac{n(n+1)(n+2)}{2} a \quad (2.10)$$

Dan harga tahanan jenis (ρ_a) untuk susunan dipol-dipol :

$$\rho_a = 2\pi K \frac{V}{I} \text{ atau } \rho_a = \pi n (n+1) (n+2) \frac{V}{I} a \quad (2.11)$$

(Telford et al., 1990).

2.5.2 Pseudodepth section

Pseudodepth section merupakan suatu gambaran penampang vertikal dari suatu irisan dimana terdapat titik-titik *ploting* yang digambarkan dalam suatu kedalaman yang berbeda berdasarkan posisi elektroda arus dan elektroda potensial. Titik-titik tersebut membentuk suatu sudut sebesar 45° antara posisi tengah receiver dan posisi transmiter yang berubah-ubah dengan kerapatan n . Hasil dari pengolahan data dapat ditampilkan dalam bentuk *pseudodepth section* dimana besarnya tahanan jenis semu tergantung dari jarak spasi elektroda yang digunakan. Besarnya penetrasi yang didapatkan pada kedalaman tertentu adalah:

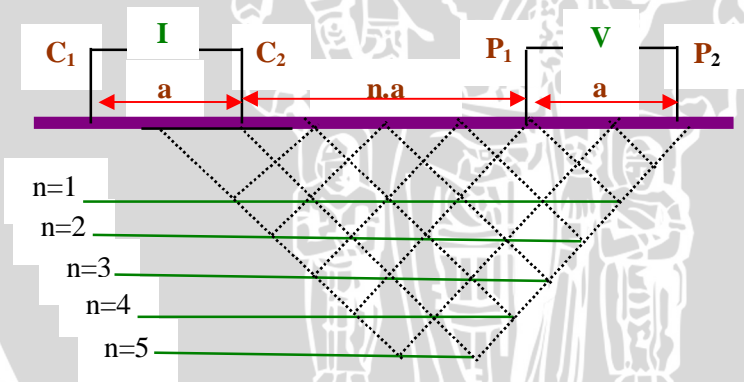
Perlapisan bumi secara vertikal untuk $n = 1$ adalah $\frac{1}{4} a$

Perlapisan bumi secara vertikal untuk $n = 2$ adalah $\frac{1}{2} a$

Perlapisan bumi secara vertikal untuk $n = 3$ adalah a

Perlapisan bumi secara vertikal untuk $n = 4$ adalah $2 a$

Perlapisan bumi secara vertikal untuk $n = 5$ adalah $2\frac{1}{2} a$



Gambar 2.6 *Pseudodepth section* (Telford et al., 1990).

2.6 Sumber Gangguan dan Penanggulangan

Pada pengukuran dengan metode polarisasi terimbas ini, saat arus belum diinjeksikan, telah ada beda potensial baik pada medium tanah atau batuan, maupun pada kedua elektroda potensialnya, hal ini merupakan gangguan yang harus dihilangkan.

Sumber gangguan (*noise*) tersebut antara lain:

1. Potensial diri (*self potential*)

Merupakan suatu potensial listrik dipermukaan yang berasal dari reaksi elektrokimia antara mineral dan larutannya, nilai potensial ini timbul dengan sendirinya tanpa adanya pengaruh medan listrik dari luar. Untuk mengatasinya perlu dilakukan pengulangan untuk menghindari adanya penumpukan data *self potential* dengan *inducted polarization*.

2. *Capasitive coupling*

Merupakan perubahan tegangan yang disebabkan karena adanya kebocoran listrik pada kawat baik pada kawat pemancar, kawat penerima, maupun pada kawat pemancar dengan tanah. Untuk mengatasinya dilakukan isolasi kabel atau mengganti kabel.

3. *Induced coupling*

Terjadi pada saat pembalikan arus, dimana rangkaian kabel pemancar (rangkain primer) menginduksi arus listrik dalam rangkain kabel penerima (rangkain sekunder), *noise* ini dapat diperkecil dengan pengaturan bentangan dan penempatan kabel sedemikian rupa sehingga pengaruh induksi dapat diperkecil.

4. Arus telurik

Merupakan arus listrik imbas didalam bumi, yang umumnya sejajar dengan permukaan bumi. Arus ini mempunyai frekuensi dibawah 0,1 Hz, sehingga untuk menghilangkan gangguan digunakan arus yang frekuensinya lebih besar dari 0,1 Hz (Ward Stanley, 1990).

2.7 Mineralogi

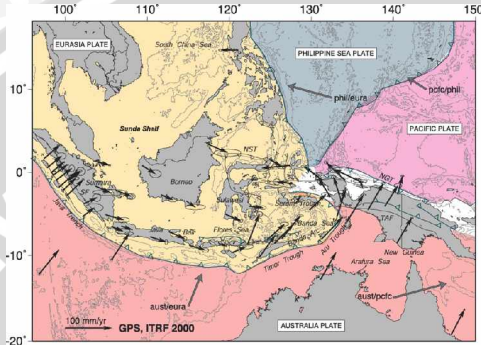
2.7.1 Kondisi geodinamik Indonesia

Negara Indonesia merupakan negara kepulauan yang terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik, antara lain :

- a. Dari timur : lempeng Pasifik.
- b. Dari selatan: lempeng Indo-Australia.
- c. Dari barat : secara statis lempeng Eurasia yang ditabrakkan kedua lempeng diatas.

Lempeng-lempeng tersebut dalam keadaan dinamis, bergerak horisontal, dengan arah pergerakan tidak sama namun kecepatannya hampir sama (mulai dari 1 mm – 6 cm pertahun). Merangseknya

lempeng samudra kedalam lempeng benua setelah jutaan tahun menyebabkan terakumulasinya energi yang amat besar sehingga menghasilkan gunung api aktif, patahan serta retakan. Perbenturan massa yang begitu besar membentuk daerah labil, yang apabila dilepas akan menyebabkan gempa bumi atau letusan gunung merapi.



Gambar 2.7 Lempeng tektonik Indonesia (Arif, 2006).

Proses geodinamika dari pertemuan ketiga lempeng tersebut menyebabkan Indonesia terletak pada zona *ring of fire* dengan tatanan geologi yang cukup rumit, sehingga penyebaran batuan mineral ekonomis tidak merata. Berkenaan dengan hal tersebut, maka usaha-usaha penelusuran keberadaan mineral ekonomis telah dilakukan oleh banyak orang. Perbenturan antar lempeng terdiri dari tiga macam, antara lain:

- a. Subduksi, yaitu lempeng yang satu menghujam dibawah lempeng yang lain.
- b. Obduksi, yaitu lempeng sama-sama mencuat sehingga membentuk pegunungan.
- c. Patahan transform, yaitu lempengan hanya berpapasan.

Subduksi merentang sepanjang 8 ribu km mulai dari pantai-pantai barat Aceh terus kepantai selatan Jawa dan Nusa Tenggara kemudian berbelok ke utara mengitari kepulauan Maluku dan Sulawesi bagian utara (Sudradjat, 1999).

2.7.2 Proses mineralisasi

Indonesia merupakan wilayah beriklim kering, sedang dan tropis, sehingga hampir semua batuan mengalami pelapukan. Proses tersebut dipengaruhi oleh oksigen, air dan berbagai asam alam yang

merasuk kedalam batuan dibawah lapisan tanah penutup. Selama pelapukan, batuan tersebut teroksidasi, sehingga mineral-mineral penyusun batuan berubah menjadi mineral-mineral baru dimana semua mineral sulfida (mineral silikat), pembentuk batuan lapuk (teroksidasi) dengan cepat membentuk mineral baru seperti lempung, oksida besi dan berbagai senyawa lain yang umumnya lunak mudah tererosi dan jauh lebih ringan dari pada mineral-mineral primer aslinya. Endapan mineral merupakan satu atau lebih mineral atau unsur tertentu yang terakumulasi karena proses alam di suatu tempat diluar kerak bumi. Proses pengendapannya terbagi dua antar lain endapan primer yaitu mineral yang belum mengalami proses pelapukan, dan endapan sekunder yaitu endapan yang telah mengalami proses pelapukan dari endapan primer.

Mineral terbagi dua yaitu: logam dan non logam. Endapan logam terdiri dari logam mulia (emas, perak), logam *nonfero* (tembaga, timah, alumunium), logam besi dan alloy (besi, mangan, nikel) dan logam jarang (arsen, dan lithium), sedangkan endapan nonlogam terdiri dari mineral energi (batubara dan minyak bumi), bahan keramik dan bahan bangunan. Pembentukan mineral logam sangat berhubungan dengan aktivitas vulkanisme dan magmatisme akhir (*late magmatism*) pada suhu sekitar 200° C (Sudrajat, 2000).

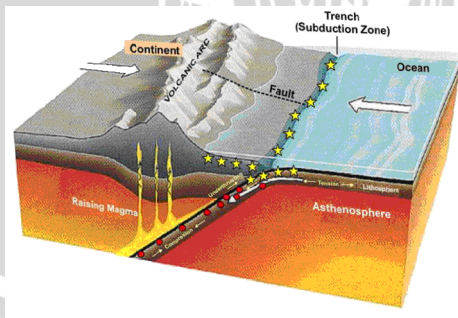
Mineral merupakan produk deposit dari proses diferensiasi dan kristalisasi magma (produk yang terbentuk pada saat aktivitas pembentukan batuan beku akan berakhir). Awal proses ini dimulai dengan naiknya magma dan sisa larutan magma (larutan hidrotermal) berkonsentrasi tinggi (dengan suhu 25° - 400°), kemudian terjadi intrusi magma masuk ke suatu batuan beku yang umurnya lebih tua melalui celah-celah, rekahan-rekahan dan patahan, sehingga terjadilah proses alterasi (perubahan komposisi dari mineral primer menjadi mineral sekunder karena proses hidrotermal dari suatu batuan pada temperatur lebih besar dari 100° C dan tekanan 1 kilobar). Pada saat pendinginan berlanjut (disertai dengan reaksi-reaksi kimia dan proses fisika), terendapkanlah mineral-mineral bentukan baru. Tipe mineral ini tergantung dari jenis larutan hidrotermal, proses pendinginan pada batuan dan tipe batuan segar yang diterobosnya. Batuan yang beragam kandungan mineralnya akan menghasilkan beberapa tipe mineral bentukan baru. Produk reaksi ini terakumulasi dalam celah pori batuan, bidang pelapukan dan perlapisan batuan. Karakteristik utama dari daerah alterasi

adalah adanya produk dari proses alterasi (ubahan) CO_2 yang besarnya tergantung pada kandungan logam, magnesium dan kalium yang berlebihan pada batuan segarnya. Logam menjadi mineral berlebihan ketika proses alterasi menghasilkan *pyrite*. Hal ini ditemukan disekitar tubuh mineral sulfida (Park and Mac Darmid, 1976).

Syarat terbentuknya endapan hidrotermal antara lain :

- a Adanya sumber yang berupa larutan pembawa unsur-unsur mineral.
- b Adanya rekahan atau rongga yang dapat dilalui oleh larutan hidrotermal.
- c Tersedianya tempat untuk pengendapan (jebakan).
- d Adanya reaksi kimia yang menyebabkan terjadinya endapan.
- e Kosentrasi dari kandungan unsur-unsur pembentuk mineral sulfida dari larutan tersebut (Bateman, 1950).

Tipe endapan hidrotermal karakteristik adalah *sulfide-bearing vein* (urat batuan yang melingkar), terbentuk oleh pengisian rekahan celah dalam batuan-batuan sekelilingnya. Akumulasi mineral sulfida hasil proses hidrotermal umumnya terjadi pada tempat terbuka, yang dikenal sebagai perangkat struktur seperti zona sesar, kekar dan rekahan. Sulfida adalah sebuah mineral yang dicirikan dengan adanya keterkaitan antara sulfur dengan unsur logam. Beberapa diantaranya adalah *chalcopyrite* (CuS_2), *galena* (PbS) dan *pyrite* (FeS_2). Tidak semua endapan sesar berupa urat-urat, ada yang berupa massa-massa yang tidak beraturan yang mengganti sebagian atau keseluruhan batuan yang ada, seperti endapan *porphyry copper* (Sudrajat, 2000).



Gambar 2.8 Proses intrusi magma (Arif, 2006).

Berikut proses terjadi jebakan

- a. Proses epitermal adalah proses jebakan yang terjadi di lingkungan batuan plutonik yang tererosi, ketika kegiatan fase akhir magmatisme membawa larutan hidrotermal dan air tanah. Dan terjadi di daerah dangkal dan suhu rendah
- b. Skarn adalah proses yang terjadi di lingkungan batuan vulkanik (*volcanic hosted rock*) maupun di batuan sedimen (*sedimen hosted rock*). Sebaran skarn dikontrol oleh struktur geologi setempat. (Sudradjat, 1999)

Zonasi mineral menurut Lindgren dibedakan menjadi tiga tipe endapan yaitu : endapan epitermal terbentuk pada temperatur 50° - 200° , endapan mesotermal terbentuk pada temperatur 200° - 300° , dan endapan hipotermal terbentuk pada temperatur 300° - 500° .

Proses alterasi terdiri dari tiga macam antara lain :

- a Argitilisasi merupakan alterasi akibat perubahan feldspar membentuk mineral lempung pada urat-urat mineral batuan yang diterobos.
- b Silifikasi merupakan alterasi yang menghasilkan silika seperti kuarsa berbutir halus, kalsedon pada pori menggantikan mineral yang ada.
- c Propilitisasi merupakan alterasi yang menghasilkan mineral kelompok, yang melibatkan formasi dari propilit dengan menerobosnya mineral karbonat, epidote, klorit (Gary et al., 1974).

Mineral ekonomis adalah mineral bahan galian dan energi yang mempunyai nilai ekonomis. Faktor-faktor penentu ekonomis suatu endapan yaitu endapan, bentuk, kadar, lokasi geografi dan biaya pengolahannya (Syarif, 2001).

Berikut ini klasifikasi mineral :

- a. Mineral logam yang termasuk golongan ini adalah tembaga, besi, emas, perak, timah, nikel dan aluminium.
- b. Mineral non logam yang termasuk golongan ini adalah fosfat, mika, belerang, fluorit, mangan.
- c. Mineral industri adalah mineral bahan baku dan bahan penolong dalam industri, misalnya feldspar, ziolit, diatomea.
- d. Mineral energi adalah minyak, gas dan batubara atau bituminus lainnya. (Sudradjat, 1999).

2.8 Tinjauan Daerah Malang Selatan

2.8.1 Tinjauan fisiografi

Secara fisiografis Malang terletak dalam pegunungan selatan dan zona gunungapi kwarter yang merupakan rangkaian gunung api aktif hasil tumbukan lempeng Asia dengan lempeng Australia. Berdasarkan peta geologi Lembar Turen terbitan P3G Bandung, kawasan penelitian Bangkong, Gadjahrejo, Gedangan, Malang Selatan termasuk dalam dua lajur fisiografi, yaitu

- a. Lajur Solo, terdiri dari deretan gunungapi di antaranya G. Mahameru (Semeru), G. Kepolo, G. Jembangan, sebagian dari G. Tengger, G. Buring, G. Butak serta dataran rendah Turen-Kepanjen.
- b. Lajur Pegunungan Selatan, umumnya terletak pada bagian selatan Lembar mulai dari barat sampai timur. Batuan penyusun zona sangat beragam dan berumur tertier (Bemmelen, 1970).

2.8.2 Tinjauan morfologi

Morfologi daerah penelitian dibedakan menjadi empat satuan, antara lain: perbukitan, kars, dataran pantai dan dataran vulkanik. Sebagian besar wilayah Kabupaten Malang bagian selatan memiliki morfologi perbukitan dengan lereng terjal. Batuan penyusun satuan morfologi ini terdiri dari lava andesit, breksi andesit serta batuan intrusi. Satuan morfologi kars dijumpai di daerah bagian barat, yang meliputi kecamatan Kalipare, Donomulyo, Pagak dan Bantur serta sebagian kecamatan Sumbermanjing Wetan dan Gedangan. Batu gamping merupakan batuan penyusun utama (Suyanto, dkk., 1992).

2.8.3 Tinjauan geologi

Struktur geologi Jawa Timur didominasi oleh aluvium dan bentukan hasil gunung api kwarter muda, keduanya meliputi 44,5 % dari luas wilayah darat, miosen sekitar 12,33 % dan hasil gunung api kwarter tua sekitar 9,78 %, sedangkan jenis batuan lainnya hanya sekitar 0 – 7 % dari total luas wilayah daratan.

Batuan sedimen alluvium tersebar disepanjang sungai Brantas dan Bengawan Solo yang merupakan daerah subur. Batuan hasil gunung api kwarter muda tersebar dibagian tengah Jawa Timur

membujur kedaerah timur yang merupakan daerah yang relative subur. Batuan miosen tersebar disebelah selatan dan utara Jawa Timur membujur membujur kearah timur yang merupakan daerah tandus yang persebarannya mengikuti pegunungan kapur utara mulai dari Bojonegoro sampai Madura.

Kawasan penelitian Bangkong, Gadjahrejo, Gedangan, Malang Selatan merupakan daerah endapan gunung api Buring, dan endapan tuf gunungapi. Jenis endapan yang terjadi yaitu lava basal olivine piroksen, tuf kasar-halus, tuf pasiran, berbatu apung dan fragmen andesit yang berumur tersier. Kawasan Malang selatan terletak pada sebagian pertemuan antara dua lempeng besar, yang biasa dikenal dengan lempeng Indo-Australia. Pertemuan dua lempeng tersebut mengakibatkan kawasan diatasnya memiliki berbagai macam batuan atau produk bahan tambang galian yang dari segi ekonomi sangat potensial (terlampir dilampiran 2). Secara litologi wilayah Malang Selatan tersusun oleh batuan sedimen laut dan darat yang berumur tertier. Batuan tersebut diterobos oleh batuan beku asam sampai sedang. Intrusi ini menyebabkan batuan sedimen tersebut mengalami proses metamorfisme kontak tingkat rendah (alterasi hidrothermal). Proses ini membentuk beberapa jebakan mineral logam atau non logam. Batuan endapan hasil letusan gunung api kwarter menutup daerah bagian utara, sedangkan endapan alluvial dan endapan pantai menutup depresi dan dataran di pantai selatan wilayah Malang.

Berikut ini uraian urutan batuan dari tertua ke muda :

a. Formasi Mandalika

Formasi ini merupakan satuan batuan tertua di wilayah Malang bagian selatan yang berumur oligosen akhir-miosen tengah, yang terbentuk di laut dangkal, yang tersusun oleh lava andesit, dasit, basal trakit dan breksi gunungapi yang telah mengalami propilitisasi, breksi tuf, batu pasir tufaan bersisipan lava.

b. Batuan Terobosan

Formasi ini merupakan batuan intrusi yang berumur oligo-miosen yang menerobos formasi Mandalika. Batuan ini terdiri dari granodiorit (gd), diorit (di) dan dasit (da).

c. Formasi Wuni

Formasi ini terdiri dari breksi, lava, breksi lahar, breksi tuf dan tuf pasiran, yang berumur miosen awal dan secara stratigrafis terletak tidak selaras di atas formasi Mandalika.

d. Formasi Nampol

Formasi ini terdiri dari batugamping tufaan, batu lempung dan napal, yang terbentuk di lingkungan laut dalam pada miosen tengah dan secara stratigrafis terletak selaras di atas formasi Wuni.

e. Formasi Wonosari

Formasi ini terdiri dari napal, batugamping terumbu, batugamping berlapis dan batu lempung setempat dijumpai lensa batu bara. Formasi ini diendapkan di lingkungan laut dangkal dan berumur miosen tengah sampai akhir. Secara stratigrafis terletak selaras di atas formasi Wuni dan menjari dengan formasi Nampol.

f. Endapan Gunungapi berumur Kuartar

Endapan Gunungapi Kuartar menindih tak selaras batuan Tersier. Endapan termuda adalah alluvial (Qal) dan endapan rawa (Qas), yang hanya dijumpai di daerah depresi yang terbentuk oleh patahan. Di beberapa tempat berubah secara berangsur menjadi endapan pantai (Suyanto, dkk.,1992).

2.9 Karakteristik Fisis Mineral *Pyrite* :

Mineral besi sulfida *pyrite* (FeS_2) merupakan mineral sulfida yang paling berlimpah dan tersebar luas dalam batu karang pada semua umur atau lingkungan yang memiliki kadar oksigen yang rendah, konduktor listrik, dan menghasilkan suatu arus elektrik lemah saat dipanaskan. *Pyrite* membentuk badan besar dalam deposit hydrothermal mulai dari temperatur sedang - tinggi dan berhubungan dengan metamorfik bijih deposit. Mineral ini menjadi suatu tambahan dalam batuan-batuan beku, dan secara umum pada dasar sedimentasi dan sedimen metamorfosis. Berikut spesifikasi mineral *pyrite* :

- *Fracture* (retak) seperti kulit/kerang (conchoidal).
- Warnanya kuning-emas (warna kuning-kuningan).
- *Streak* (lapisan) hitam kehijauan.
- *Luster* (kilau) metallik yang berkilauan.
- Transparansi kristalnya buram (tak tembus cahaya).
- Ciri umum untuk *pyrite* yang sama dengan emas berbentuk kubus, dan ciri lainnya rapuh.

([Http://www.chem.ox.ac.uk/mom/pyrite/pyrite.html](http://www.chem.ox.ac.uk/mom/pyrite/pyrite.html),2007)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada tanggal 24 September – 8 Oktober 2005, dengan mengambil lokasi di daerah Bangkong, Gedangan, Gadjahrejo, Malang Selatan (peta dapat dilihat pada lampiran 1).

3.2 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini (dalam pengambilan data lapangan), antara lain : *Resistivitymeter Geostrom*, elektroda arus dan elektroda potensial, kabel listrik, palu, kompas, tali, peta geologi, peta administrasi, desain lokasi titik ukur beserta lintasan, *handy talky*, dan peralatan-peralatan pendukung lainnya.

3.3 Metode Penelitian Polarisasi Terimbas

Penelitian ini diawali dengan pengamatan lokasi secara langsung dan mencari informasi tentang struktur geologi daerah penelitian, serta informasi hasil penelitian sebelumnya untuk dijadikan rujukan dalam penentuan sebaran mineral di daerah penelitian tersebut. Berikut ini proses metode penelitiannya :

3.3.1 Akuisisi data

Pencarian data (akuisisi) primer dilakukan melalui pengamatan dan pengukuran langsung di lapangan. Untuk mendapatkan gambaran anomali bawah permukaan yang lebih relevan (dalam dua dimensi) maka digunakan konfigurasi dipol-dipol. Sebelum dilakukan pengambilan data, perlu ditentukan terlebih dahulu titik *base* sebagai titik sentral, kemudian ditentukan lintasan pengukuran. Penentuan lintasan pengukuran pada penelitian ini didasarkan hasil rekomendasi dari beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, dimana arah lintasannya saling berpotongan. Jumlah lintasan yang diukur pada penelitian ini ada dua lintasan (terlampir dilampiran 3).

Proses akuisisi data berupa pengukuran nilai resistivitas semu batuan (ρ) dengan menggunakan alat *Resistivitymeter Geostrom* (terlampir dilampiran 4) dalam dua frekuensi (5 Hz dan 15 Hz).

Data-data yang didapatkan dari hasil pengukuran adalah berupa data primer, yang meliputi :

1. Jarak antar elektroda (spasi) tiap lintasan (a).
2. Nilai pergeseran (n).
3. Besar arus listrik yang diinjeksikan (I).
4. Besar tegangan pada tiap frekuensi (V_{hi}) dan (V_{lo}).
5. Resistivitas semu (R).

Adapun langkah-langkah pengambilan data primer tersebut, sebagai berikut :

1. Menentukan letak titik pengukuran pada setiap lintasan dengan jarak yang telah ditetapkan.
2. Melakukan pengukuran resistivitas semu dengan perlakuan dua frekuensi yang berbeda (5 Hz dan 15 Hz) pada setiap titik pengukuran. Saat mengukur (pada tiap frekuensi) diamati nilai awal yang muncul dan nilai terbanyak yang muncul kemudian diambil selisihnya.
3. Pengukuran diulang apabila terjadi gangguan (*noise*) yang masuk. Apabila kualitas data primer sudah baik, maka data dicatat pada form lembar.

3.3.2 Pengolahan data

Data primer hasil akuisisi lapangan diproses secara manual dengan program Microsoft Excel untuk mempermudah pengolahan data kuantitatif, sehingga didapatkan data hasil pengolahan berupa data parameter-parameter polarisasi terimbas yang meliputi : *resistivity* (ρ), *percent frequency effect* (PFE), *metal factor* (MF) dan *chargeability* (m) (terlampir dilampiran 5) .

Pemodelan penampang bawah permukaannya (*pseudodepth section*) dilakukan dengan menggunakan *software* RES2DINV versi 3.54, yaitu dengan memasukkan data terolah ke empat parameter polarisasi terimbas kedalam bentuk Notepad. Hasil pemodelan *pseudodepth section* tersebut berupa gambaran anomali parameter polarisasi terimbas pada penampang bawah permukaan daerah penelitian dalam dua dimensi (secara vertikal dan horisontal) (terlampir dilampiran 6).

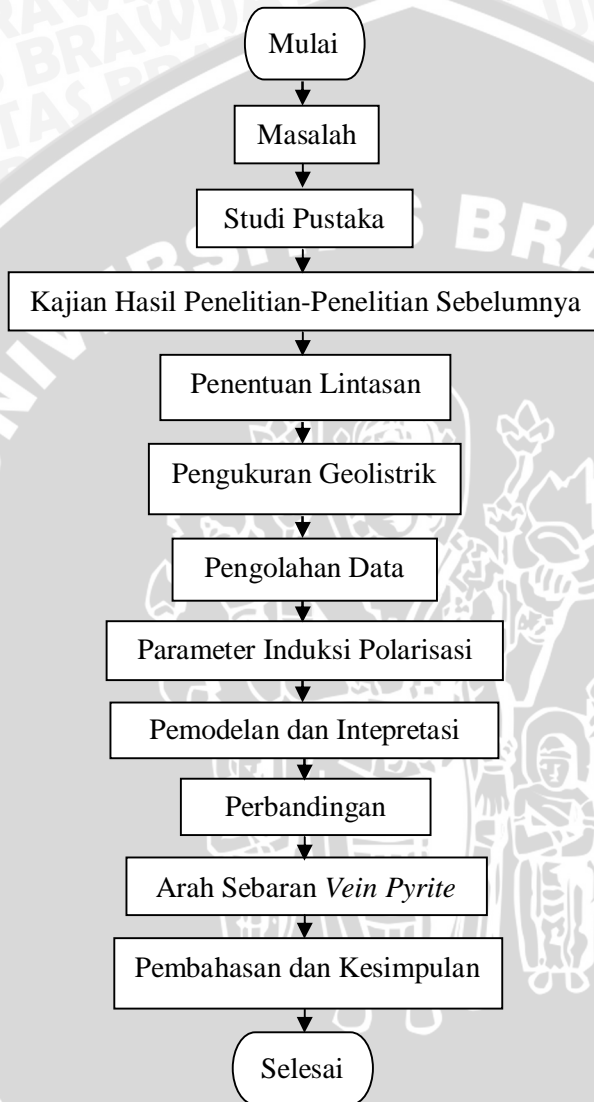
3.3.3 Interpretasi data

Interpretasi data merupakan langkah terakhir dari penelitian yang dilakukan. Interpretasi data terdiri dari beberapa tahap. Tahap pertama yaitu interpretasi yang dilakukan pada model tiap parameter polarisasi terimbas pada masing-masing lintasan. Kemudian hasil interpretasi anomali dari masing-masing parameter tersebut dibandingkan. Tiap parameter memiliki ciri nilai yang berbeda dalam mengidentifikasi sebaran urat *pyrite*. Secara umum dicirikan dengan rendahnya nilai *resistivity* (ρ), tingginya nilai *metal factor* (MF), tingginya nilai *chargeability* (m), dan tingginya nilai *percent frequency effect* (PFE).

Hasil perbandingan anomali ke empat parameter polarisasi terimbas pada tiap lintasan akan menggambarkan beberapa blok tubuh utama mineral sulfida *pyrite*. Dari blok-blok tubuh utama mineral sulfida *pyrite* inilah kita dapat menggambarkan arah sebaran urat *pyrite* pada kedua lintasan.

Hasil Interpretasi anomali yang menggambarkan arah sebaran urat (*vein*) *pyrite* pada kedua lintasan, dibandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya, sehingga didapatkan pola penyebaran mineralisasi urat (*vein*) *pyrite* yang lebih spesifik yang ditinjau dari sudut metode penelitian yang berbeda.

3.4 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Data

Metode akuisisi geolistrik resistivitas konfigurasi dipol-dipol merupakan konsep dasar dari metode geolistrik polarisasi terimbas. Perbedaan yang mendasar dari keduanya adalah pada fungsi domain yang digunakan. Pada metode geolistrik polarisasi terimbas digunakan domain frekuensi atau waktu yang berbeda (pada penelitian ini ditinjau dari domain frekuensi).

Penelitian geolistrik metode polarisasi terimbas konfigurasi dipol-dipol ini merupakan penelitian lanjutan dari beberapa tahapan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, sehingga lokasi pengukuran, jumlah lintasan serta arah bentangannya merupakan hasil rekomendasi dari penelitian-penelitian sebelumnya.

Setelah menentukan lokasi, jumlah lintasan, dan arah bentangannya, tahapan selanjutnya yaitu pengambilan data (akuisisi data), yang merupakan tahapan awal dalam proses survei geofisika yang memegang peranan sangat penting, sebab jika terjadi kesalahan dalam akuisisi data, maka dapat mengakibatkan kesalahan dalam analisis dan selanjutnya akan berakibat pada kualitas data serta interpretasi data. Untuk meminimalisir kesalahan tersebut ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam proses akuisisi data yaitu desain survai lapangan, waktu pengambilan data, posisi operator serta prosedur pengukuran.

Penelitian ini dilakukan pada dua lintasan (*line*) yaitu : *line-1* dengan spasi 40m didapatkan sejumlah 45 data dan *line-2* dengan spasi 20 m didapatkan sejumlah 69 data. Arah bentangan kedua lintasan tersebut saling berpotongan (timur - barat dan selatan - utara), agar dapat diketahui pola sebaran mineral bawah permukaan dari dua arah yang saling berpotongan serta mencapai target kedalaman yang maksimal, karena kondisi daerah penelitian ini secara geologi merupakan daerah subduksi.

Dari hasil pengukuran dilapangan, didapatkan beberapa data dalam dua domain frekuensi (5 Hz dan 15 Hz), antara lain : beda potensial (V), besar arus inputan (I), spasi terpendek (a), faktor spasi (n) dan titik data (*datum point*). Data-data tersebut kemudian diolah untuk mendapatkan parameter-parameter polarisasi terimbas, antara lain : *resistivity* (ρ), *percent frequency effect* (PFE), *chargeability*

Secara umum zona alterasi terbagi tiga, antara lain : alterasi argilik, propilit, dan silisifikasi. Mineral sulfida *pyrite* pada umumnya terdapat pada alterasi propilit yang dicirikan dengan nilai resistivitas rendah sampai sedang, nilai PFE sedang sampai tinggi, nilai chargeabilitas sedang sampai tinggi serta nilai *metal factor* sedang sampai tinggi (Nawawi, 1998).

Batuan atau mineral yang memiliki konduktivitas yang cukup besar, dicirikan nilai resistivitas yang rendah dan nilai PFE yang tinggi, sedangkan nilai resistivitas yang rendah dan nilai PFE yang sedang menunjukkan anomali target merupakan batuan atau mineral yang memiliki konduktivitas yang sedang. Nilai MF yang besar anomali target merupakan batuan atau mineral yang memiliki konduktivitas yang besar (Sunaryo, 2007).

Berikut ini hasil Interpretasi secara kuantitatif serta hasil perbandingan model *pseudodepth section* dari ke empat parameter pada kedua lintasan yang mengindikasikan adanya sebaran anomali urat *pyrite* :

4.2.1 Lintasan-1

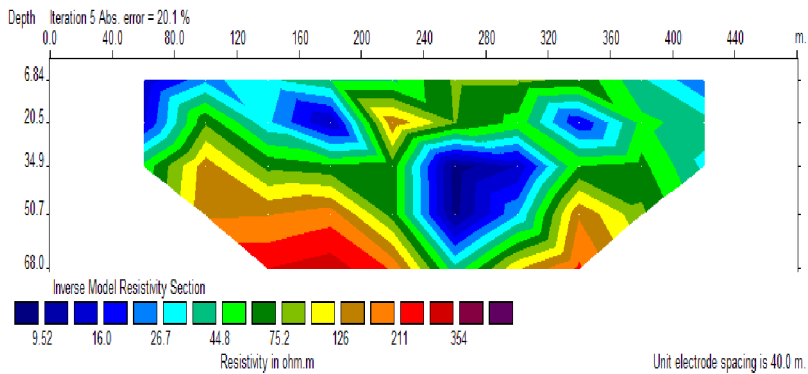
Lintasan ini terletak membujur dari timur ke barat (N 90° E), melewati base dan singkapan (*out rock*), dengan panjang bentangan 480 m. Pengambilan posisi dan arah lintasan ini, bertujuan untuk mengetahui kondisi bawah permukaan arah dari timur ke barat terhadap singkapan (*out rock*) dan *base*.

Pada lintasan ini didapatkan empat model *pseudodepth section* berdasarkan hasil pengolahan data dari keempat parameter polarisasi terimbas. Berikut ini model *pseudodepth section* dan hasil interpretasinya :

4.2.1.1 Resistivity (ρ)

Pada lintasan ini, didapatkan hasil pemodelan resistivitas dengan iterasi maksimum 5 iterasi dan dengan *error* terkecil 20.1%.

Berdasarkan kontur pada gambar 4.2 (gambaran lengkap terlampir dilampiran L.6.1), tampak bahwa, respon resistivitas rendah (9.52 – 16 Ω m) berbentuk segitiga yang diapit oleh nilai resistivitas lebih tinggi, terdistribusi antara titik 240 – 320 pada kedalaman 20.5 – 55 m. Bentuk respon resistivitas segitiga tersebut mengindikasikan adanya intrusi batuan dengan muatan mineral yang bersifat konduktif dari lapisan bawah menuju permukaan bumi.



Gambar 4.2 Pseudodepth section resistivity (ρ) line-1

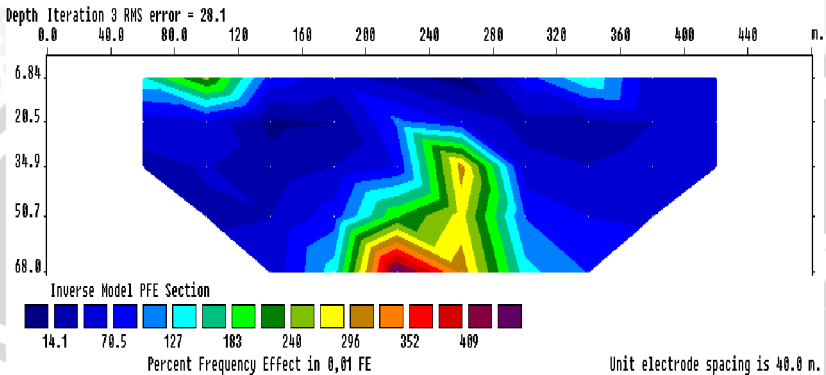
Proses intrusi pada batuan yang memiliki nilai resistivitas lebih besar jika dibandingkan dengan daerah sekitar inilah yang menyebabkan terjadinya metamorfisme kontak tingkat rendah (alterasi hidrothermal), dan membentuk beberapa jebakan mineral logam yang berupa tubuh utama *pyrite*, yang berupa urat kuarsa yang berasosiasi dengan batuan lempungan (*clay*) yang memiliki tekstur lebih renggang dan lunak, dibandingkan daerah sekitarnya.

Sedangkan anomali yang terjadi pada kedalaman yang relatif dangkal (± 20.5 m) yang terdistribusi spotted pada titik 60, 180 dan 340 adalah daerah sebaran alterasi *vein pyrite* yang merupakan produk hasil dari intrusi pada sisipan batuan sekitar (*hostrock*) yang telah mengalami pelapukan. Proses pelapukan tersebut dipengaruhi oleh kadar oksigen, air dan berbagai asam alam pada daerah tersebut.

Daerah yang berada diatas disebut lapisan penutup (*overbuden*) pada kedalaman sekitar 20 m. Berupa tanah (mempunyai tahanan jenis 16 - 26.7 Ω m) yang berasosiasi dengan batuan sedimen metamorf alluvium (mempunyai tahanan jenis 44.8 - 75.2 Ω m), sedangkan lapisan bawah pada kedalaman 68 m didominasi oleh satuan batuan yang lebih keras (masif) jika dibandingkan dengan batuan diatasnya, dikarenakan sifat kekerasan dan kekompakannya, sehingga arus sulit menerobos pori-pori batuan tersebut.

4.2.1.2 Percent frequency effect (PFE)

Pada lintasan ini, didapatkan hasil pemodelan *percent frequency effect* dengan iterasi maksimum 3 iterasi dan dengan *error* terkecil 28.1%.



Gambar 4.3 *Pseudodepth section PFE line-1*

Berdasarkan kontur pada gambar 4.3 (gambaran lengkap terlampir dilampiran L.6.2), didapatkan suatu nilai anomali *percent frequency effect* tinggi (2.96 – 4.09 FE) yang terdistribusi dibagian bawah tengah antara titik 200 - 240 dengan kedalaman sekitar antara 55 – 68 m, serta *spotted* pada kedalaman 12 m antara titik 80 - 120.

Tingginya nilai *percent frequency effect* yang terlihat tegas yang diapit nilai *percent frequency effect* yang lebih rendah menandakan daerah tersebut merupakan daerah urat atau *vein pyrite* karena daerah tersebut cenderung konduktif atau kurang resistif.

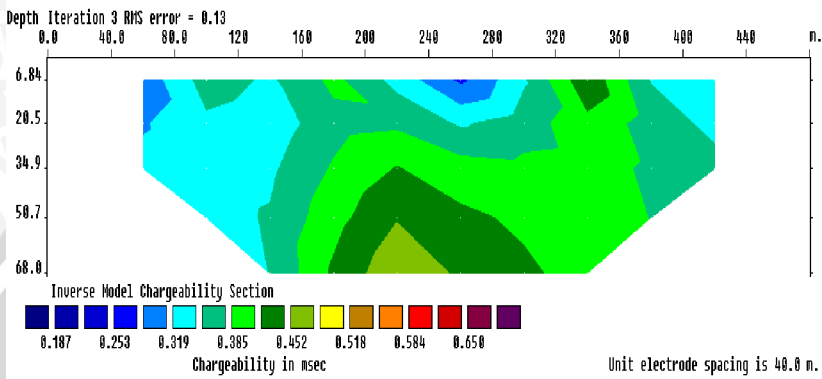
Sedangkan daerah dibagian di atasnya cenderung memiliki nilai *percent frequency effect* yang lebih rendah (0.141 - 0.705 FE), rendahnya nilai *percent frequency effect* yang mengapit daerah dengan nilai frekuensi lebih tinggi dibawahnya menandakan respon dari batuan yang cenderung resistif (kurang konduktif).

4.2.1.3 Chargeability (m)

Pada lintasan ini, didapatkan hasil pemodelan *chargeability* dengan iterasi maksimum 3 iterasi dan dengan *error* terkecil 0.13%.

Berdasarkan kontur pada gambar 4.4 (gambaran lengkap terlampir dilampiran L.6.3), didapatkan suatu respon nilai anomali

chargeability sedang (0.385 - 0.452 msec) yang terdistribusi dibagian tengah antara titik 180 - 300 dengan kedalaman sekitar antara 34.9 – 68 m, serta *spoted* pada kedalaman 7 m pada titik 340.



Gambar 4.4 *Pseudodepth section chargeability (m) line-1*

Tingginya nilai *chargeability* yang terlihat tegas berbentuk hiperbolik yang diapit nilai *chargeability* yang lebih rendah menandakan bahwa daerah tersebut merupakan daerah konduktif dan memiliki polarisasi yang cukup tinggi dibandingkan daerah sekitarnya yang lebih resistif. Daerah tersebut memiliki kemampuan untuk menyimpan arus lebih lama dari pada daerah sekitarnya, sehingga dapat diartikan pada daerah tersebut memiliki kandungan muatan atau unsur logam yang lebih banyak.

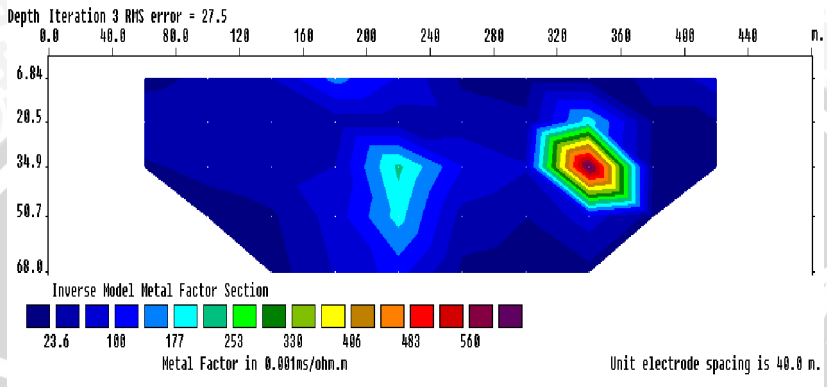
Sedangkan daerah dibagian di atasnya cenderung memiliki nilai *chargeability* yang lebih rendah (0.187 - 0.319 msec), rendahnya nilai *chargeability* yang mengapit daerah dibawahnya menandakan bahwa daerah tersebut merupakan resistif karena kemampuan muatannya untuk kembali ke posisi awalnya cukup rendah. Mineral *pyrite* dicirikan dengan respon nilai *chargeability* sedang sampai tinggi.

4.2.1.4 *Metal factor (MF)*

Pada lintasan ini, didapatkan hasil pemodelan *metal factor* dengan iterasi maksimum 3 iterasi dan dengan error terkecil 27.5%.

Berdasarkan kontur pada gambar 4.5 (gambaran lengkap terlampir dilampiran L.6.4), didapatkan suatu respon nilai anomali *metal factor* tinggi (406 - 560 mhos/m) yang terdistribusi diantara

titik 320 - 360 dengan kedalaman sekitar antara 20.5 – 50.7 m, serta *spoted* dengan nilai sedang (177 – 253 mhos/m) pada kedalaman 35 m pada titik 220.



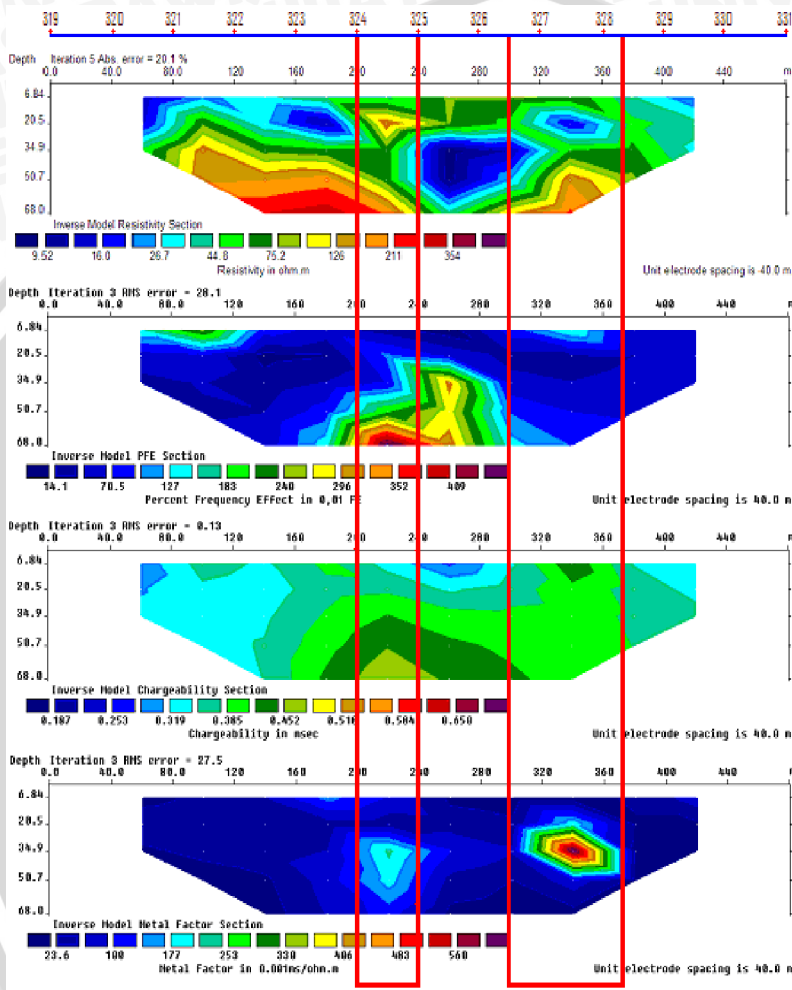
Gambar 4.5 Pseudodepth section metal factor (MF) line-1

Tingginya nilai *metal factor* yang terlihat tegas berbentuk segi enam diapit nilai *metal factor* yang lebih rendah menandakan bahwa daerah tersebut merupakan daerah konduktif dibandingkan daerah sekitarnya hal tersebut dikarenakan pada daerah ini memiliki kandungan logam yang lebih tinggi dibandingkan daerah sekitarnya.

Sedangkan daerah disekitarnya cenderung memiliki nilai *metal factor* yang lebih rendah (236 – 100 mhos/m). Rendahnya nilai *metal factor* yang mengapit daerah *metal factor* yang lebih tinggi menandakan bahwa daerah tersebut memiliki kandungan logam yang rendah bahkan tidak sama sekali.

Mineral *pyrite* dicirikan dengan respon nilai *metal factor* sedang sampai tinggi.

4.2.1.5 Perbandingan model *pseudodepth section line-1*



Gambar 4.6 Hasil perbandingan *pseudodepth section resistivity* (ρ), *percent frequency effect* (PFE), *chargeability* (m) dan *metal factor* (MF) line-1

Berdasarkan hasil perbandingan dari ke empat parameter polarisasi terimbas pada gambar 4.6, tampak bahwa daerah yang diduga merupakan zona mineralisasi *vein pyrite* terdistribusi pada dua blok, antara lain :

Blok pertama terletak antara titik 324 - 325 pada kedalaman antara 34.9 - 50.7 m (dengan ketebalan \pm 15.8 m) dengan luasan 632 m². Pada blok ini respon resistivitas batuan relatif sedang (antara 26.7 - 75.2 Ω m), hal ini mengindikasikan bahwa daerah tersebut merupakan daerah ubahan atau zona mineralisasi urat-urat *pyrite* terhadap batuan *hostrock* yang mengalami proses metamorfisme kontak tingkat rendah (alterasi hidrothermal), yang membentuk beberapa jebakan mineral logam atau non logam. batuan.

Hal ini diperkuat dengan nilai PFE yang relatif tinggi (1.27 - 2.96 FE), serta tingginya nilai chargeability (0.385 - 0.452 msec). Hal ini menunjukkan bahwa daerah tersebut cukup konduktif sebab memiliki kemampuan menyimpan arus lebih lama sehingga dapat diartikan pada daerah tersebut memiliki kandungan muatan logam konduktif yang lebih banyak yang identik dengan *vein pyrite*, jika dibandingkan dengan daerah disekitarnya

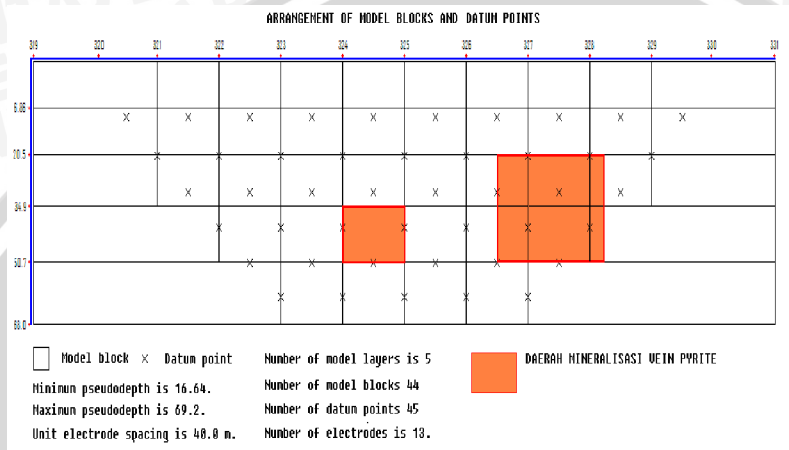
Blok kedua terletak antara titik 326 sampai 328 pada kedalaman antara 20.5m sampai 50.7m (ketebalan \pm 30.2 m) dengan luasan 2174.4 m². Pada blok ini respon resistivitas batuan relatif kecil (9.52 - 75.2 Ω m), hal ini mengindikasikan bahwa daerah tersebut merupakan daerah konduktif (kurang resistif), adanya kontras resistivitas dari rendah ke sedang menunjukkan adanya proses ubahan atau alterasi yang diidentifikasi sebagai daerah mineralisasi urat-urat *pyrite* terhadap batuan segar di sekitarnya yang merupakan batuan *sediment metamorphic alluvium* bersama diorite terlapukkan, yang memiliki nilai resistivitas 211 - 354 Ω m. Hal ini diperkuat dengan tingginya nilai metal factor (406 - 560 mhos/m), serta nilai chargeability yang relatif sedang (0.385 msec), hal ini menunjukkan bahwa daerah tersebut cukup konduktif karena memiliki kemampuan menyimpan arus lebih lama, sehingga dapat diartikan pada daerah tersebut memiliki kandungan muatan logam konduktif yang lebih banyak yang identik dengan *vein pyrite* yang merupakan target dari penelitian ini.

Tabel 4.1 Intepretasi parameter-parameter IP *line*-1

Blok	Resistivitas	PFE	MF	Chargeability
1	sedang	tinggi	sedang	tinggi
2	rendah	rendah	tinggi	sedang

Dari hasil Intepretasi pada dua blok yang diduga merupakan tubuh utama *pyrite*, maka kita dapat mengeplotkan blok tersebut

pada blok penampang. Hasil pengeplotan menunjukkan bahwa sebaran *vein pyrite* mengarah dari timur ke barat jika dirunut dengan *base*, hal ini dibuktikan dengan luasan penampang *pyrite* yang relatif semakin mengerucut ke arah barat.



Gambar 4.7 Model dua blok *vein pyrite* pada blok penampang

4.2.2 Lintasan-2

Lintasan ini terletak di timur singkapan (*out rock*), yang mana arah lintasannya membujur dari utara ke selatan ($N 180^\circ E$), dengan panjang bentangan sepanjang 320 m. Pengambilan posisi dan arah lintasan ini adalah untuk mengetahui kondisi bawah permukaan pada arah utara ke selatan dari singkapan (*out rock*).

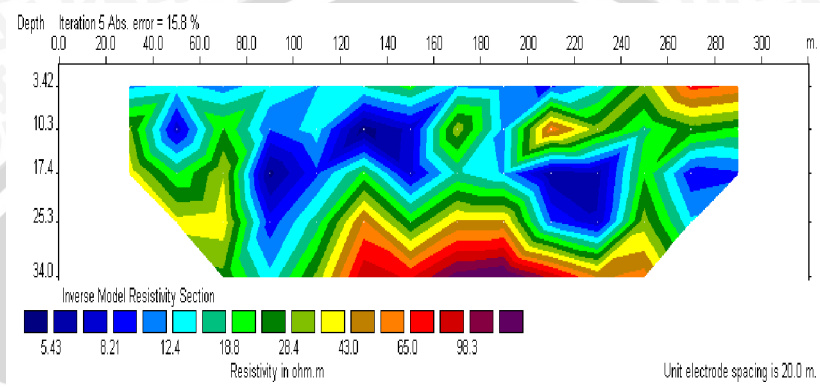
Pada lintasan ini didapatkan empat *pseudosection* berdasarkan hasil pengolahan data yang dilakukan pada keempat parameter, adapun gambar dan intepretasi dari masing-masing model parameter tersebut antara lain :

4.2.2.1 Resistivity (ρ)

Pada lintasan ini, didapatkan hasil pemodelan resistivitas dengan iterasi maksimum 5 iterasi dan dengan *error* terkecil 15.8%.

Berdasarkan kontur pada gambar 4.8 (gambaran lengkap terlampir dilampiran L.6.5), didapatkan suatu nilai anomali resistivitas rendah (5.4.3 – 8.2.1 Ωm) yang terdistribusi menyebar dibagian tengah antara titik 80 – 160 dengan kedalaman antara 10.3 –

25.3 m dan antara titik 200 – 240 dengan kedalaman antara 15 – 25m, serta *spotted* pada titik 50 dengan kedalaman 10,3 m dan pada titik 280 pada kedalaman 17,4 m.



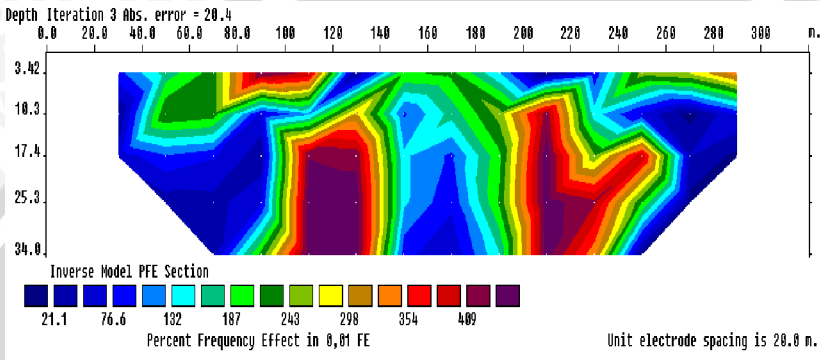
Gambar 4.8 *Pseudodepth section resistivity (ρ) line-2*

Rendahnya nilai resistivitas tersebut menunjukkan daerah tersebut merupakan daerah konduktif dimana susunan batuanya lebih renggang jika dibandingkan dengan daerah sekitarnya. Rendahnya nilai resistivitas tersebut akibat intrusi cairan magma dengan muatan mineral konduktif yang menyebabkan terjadinya perubahan penyusun batuan berubah menjadi mineral baru. Dimana semua mineral sulfida yang pada umumnya mineral silikat pembentuk batuan lapuk dengan cepat membentuk mineral baru yang pada umumnya lebih lunak, mudah tererosi serta mudah bergerak melalui celah-celah yang ada. Daerah ini diduga merupakan zona mineralisasi urat-urat *pyrite* terhadap batuan segar di sekitarnya yang merupakan batuan *sedimen metamorphic alluvium* bersama diorite terlapukkan.

Daerah yang berada diatas disebut lapisan penutup (*overbuden*) yang berupa tanah (mempunyai tahanan jenis 8.21 - 12.4 Ω m) yang berasosiasi dengan batuan sedimen alluvium dan metamorf (mempunyai tahanan jenis 18.8 - 28.4 Ω m). Sedangkan dibagian bawah cenderung memiliki resistivitas yang lebih tinggi, terutama pada kedalaman 34 m antara titik 160 - 200. Tingginya nilai resistivitas menandakan daerah tersebut kurang konduktif, yang memiliki susunan batuan yang lebih rapat, sehingga arus sulit menerobos pori-pori batuan.

4.2.2.2 Percent frequency effect (PFE)

Pada lintasan ini, didapatkan hasil pemodelan *percent frequency effect* dengan iterasi maksimum 3 iterasi dan dengan error terkecil 20.4%.



Gambar 4.9 *Pseudodepth section (PFE) line-2*

Berdasarkan kontur pada gambar 4.9 (gambaran lengkap terlampir dilampiran L.6.6), didapatkan suatu nilai anomali *percent frequency effect* tinggi (3.54 - 4.09 FE) yang terdistribusi antara titik 100 - 140 pada kedalaman sekitar 15 - 34 m, antara titik 80 - 120 pada kedalaman sekitar 0 - 3.4 m dan antara titik 200 - 220 pada kedalaman sekitar 10 - 34 m. Tingginya nilai PFE yang diapit nilai PFE yang lebih rendah menandakan daerah tersebut merupakan daerah yang cukup konduktif jika dibandingkan dengan daerah sekitarnya yang cenderung resistif (0.21 - 1.32 FE). Tingginya nilai PFE tersebut diduga merupakan respon dari urat atau *vein pyrite*.

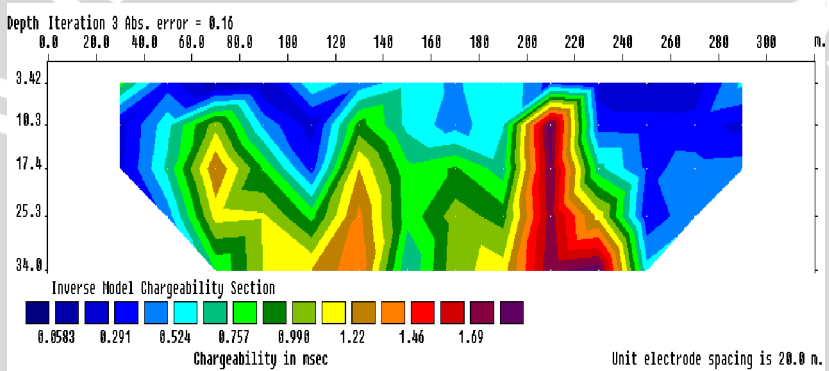
4.2.2.3 Chargeability (m)

Pada lintasan ini, didapatkan hasil pemodelan *chargeability* dengan iterasi maksimum 3 iterasi dan dengan error terkecil 0.16%.

Berdasarkan kontur gambar 4.10 (gambaran lengkap terlampir dilampiran L.6.7), didapatkan suatu respon nilai anomali *chargeability* yang tinggi (1.46 - 1.69 msec) terdistribusi antara titik 200 - 220 dengan kedalaman sekitar 5 - 34 m, sedangkan untuk respon nilai anomali *chargeability* yang sedang (1.22 - 1.46 msec) terdistribusi antara titik 110 - 140 dengan kedalaman sekitar 17.4 - 34 m serta *spotted* pada kedalaman 17.4 m pada titik 70. Tingginya

nilai *chargeability* yang terlihat tegas berbentuk segi empat memanjang yang diapit nilai *chargeability* yang lebih rendah menandakan bahwa daerah tersebut merupakan daerah konduktif dibandingkan daerah sekitarnya yang lebih resistif, sebab daerah tersebut memiliki kemampuan untuk menyimpan arus lebih lama dari pada daerah sekitarnya. Hal ini dapat diartikan pada daerah tersebut memiliki kandungan muatan yang lebih banyak.

Sedangkan daerah dibagian di atasnya cenderung memiliki nilai *chargeability* yang lebih rendah (0.0583 - 0.524 msec), Rendahnya nilai *chargeability* yang mengapit daerah dibawahnya menandakan bahwa daerah tersebut merupakan resistif karena kemampuan muatannya untuk kembali ke posisi awalnya cukup rendah.



Gambar 4.10 Pseudodepth section chargeability (m) line-2

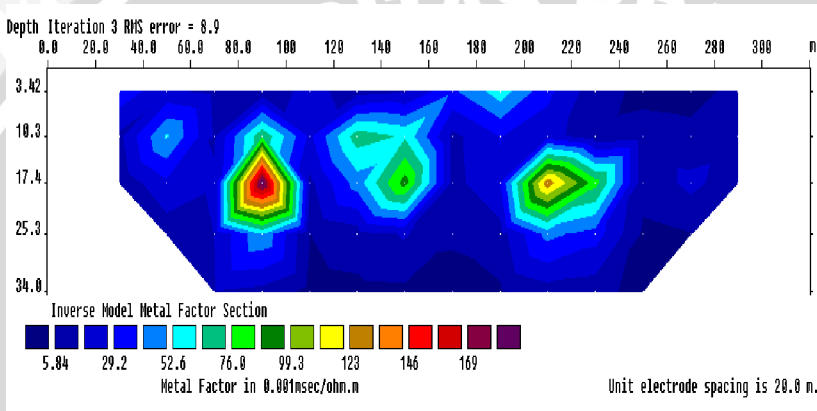
4.2.2.4 Metal factor (MF)

Pada lintasan ini, didapatkan hasil pemodelan *metal factor* dengan iterasi maksimum 3 iterasi dan dengan *error* terkecil 8.9%.

Berdasarkan kontur gambar 4.11 (gambaran lengkap terlampir dilampiran L.6.8) tersebut didapatkan suatu respon nilai anomali *metal factor* tinggi (99.3 – 169 mhos/m) yang terdistribusi diantara titik 80 – 100 dengan kedalaman sekitar 17.4 m, serta *spoted pada* kedalaman yang sama antara 200 - 220. Sedangkan untuk respon nilai anomali *metal factor* sedang (76 – 123 mhos/m) terdistribusi diantara titik 120 – 160 dengan kedalaman sekitar 10.3 - 17.4 m, serta *spoted pada* titik 50 dengan kedalaman sekitar 10.3 m.

Tingginya nilai *metal factor* yang terlihat tegas berbentuk segi enam yang diapit nilai *metal factor* yang lebih rendah menandakan

bahwa daerah tersebut merupakan daerah konduktif dibandingkan daerah sekitarnya. Hal tersebut dikarenakan pada daerah ini memiliki kandungan logam yang lebih tinggi jika dibandingkan daerah sekitarnya. Daerah disekitarnya cenderung memiliki nilai *metal factor* yang lebih rendah. Rendahnya nilai *metal factor* yang mengapit daerah *metal factor* yang lebih tinggi menandakan bahwa daerah tersebut memiliki kandungan logam yang rendah bahkan tidak sama sekali.



Gambar 4.11 *Pseudosection metal factor (MF) line-2*

4.2.2.5 Perbandingan model *pseudodepth section line-2*

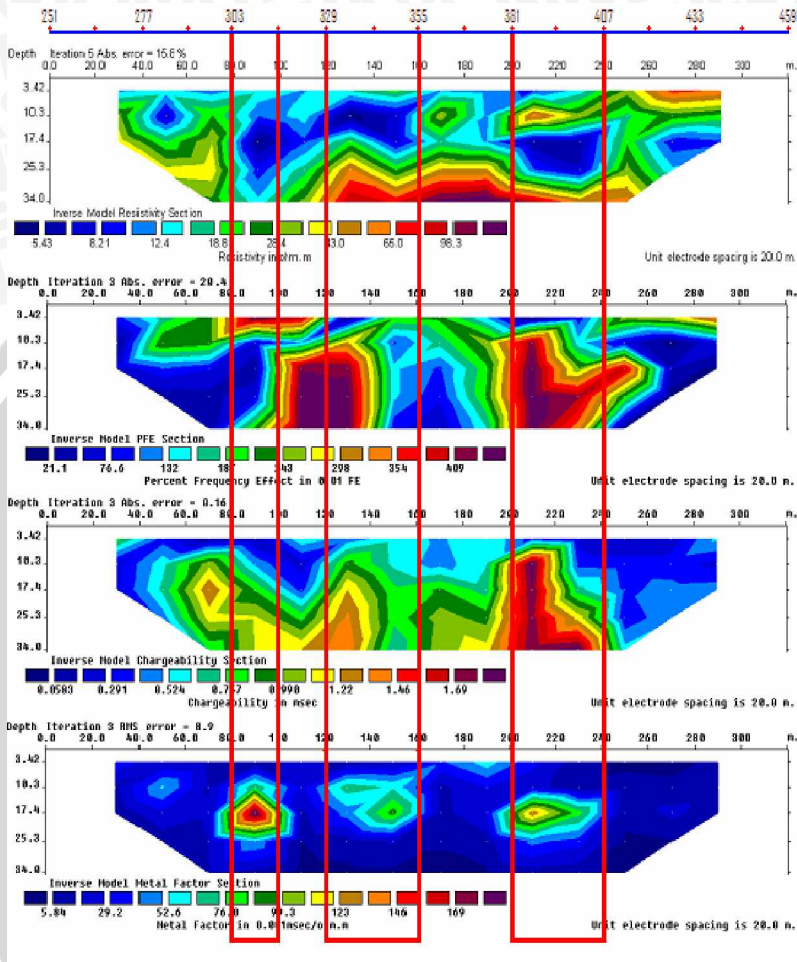
Berdasarkan hasil korelasi dari ke empat parameter polarisasi terimbas tersebut, tampak bahwa daerah yang diduga merupakan zona mineralisasi *vein pyrite* terdistribusi pada tiga blok, yaitu :

Blok pertama terletak pada titik 303 dengan kedalaman antara 10.3 m sampai 25.3 m (ketebalan \pm 15 m) dengan luasan 300 m², Pada blok ini respon resistivitas batuan relatif kecil (antara 5.43 - 75.2 Ω m), hal ini mengindikasikan bahwa daerah tersebut merupakan daerah konduktif (kurang resistif), adanya kontras resistivitas dari rendah ke sedang menunjukkan adanya proses ubahan atau alterasi yang diidentifikasi sebagai daerah mineralisasi urat-urat *pyrite* terhadap batuan segar di sekitarnya yang merupakan batuan *sediment metamorphic alluvium* bersama diorite terlapukkan. Batuan diorite merupakan batuan pengintrusi lapisan btuan tufaan (breksi lava andesit dan batugampingan) yang berada pada lapisan bedrock dibawahnya yang memiliki nilai resistivitas

sangat tinggi (65 - 96.3 Ω m). Hal ini diperkuat dengan tingginya nilai metal factor (146 - 169 mhos/m), serta nilai chargeability yang relatif sedang (0.998 - 1.22 msec), hal ini menunjukkan bahwa daerah tersebut cukup konduktif karena memiliki kemampuan menyimpan arus lebih lama sehingga dapat diartikan pada daerah tersebut memiliki kandungan muatan logam konduktif yang lebih banyak yang identik dengan *vein pyrite* yang merupakan target dari penelitian ini.

Blok kedua terletak antara titik 329 sampai 355 pada kedalaman antara 7.5 m sampai 20.5 m (ketebalan \pm 13 m) dengan luasan 520 m². Pada blok ini didominasi respon resistivitas batuan yang kecil (5.84 Ω m), hal ini mengindikasikan bahwa daerah tersebut merupakan daerah sangat konduktif karena merupakan daerah terintrusi dengan muatan mineral konduktif, daerah ini diduga merupakan daerah mineralisasi urat-urat *pyrite* terhadap batuan segar di sekitarnya yang merupakan batuan *sediment metamorphic alluvium* bersama diorite terlapukkan. Hal ini diperkuat dengan tingginya nilai PFE (2.98 - 4.09 FE), nilai metal factor yang relatif sedang (52.6 - 99.3 mhos) dan nilai chargeability yang relatif sedang pula (0.99 - 1.46 msec), hal ini menunjukkan bahwa daerah tersebut cukup konduktif yang memiliki kemampuan menyimpan arus lebih lama sehingga dapat diartikan pada daerah tersebut memiliki kandungan muatan logam konduktif yang lebih banyak yang identik dengan *vein pyrite* yang merupakan target dari penelitian ini.

Blok ketiga terletak antara titik 381 sampai 407 pada kedalaman antara 7.5 m sampai 20.5 m (dengan ketebalan \pm 13 m) dengan luasan 520 m². Pada blok ini didominasi respon resistivitas batuan yang kecil (5.84 Ω m), hal ini mengindikasikan bahwa daerah tersebut merupakan daerah sangat konduktif karena merupakan daerah terintrusi batuan diorite dengan muatan mineral konduktif, daerah ini diduga merupakan daerah mineralisasi urat-urat *pyrite* terhadap batuan segar di sekitarnya yang merupakan batuan *sediment metamorphic alluvium* bersama diorite terlapukkan. Hal ini diperkuat dengan nilai PFE tinggi yang cenderung mendominasi blok ini (3.54 - 4.09 FE), nilai metal factor yang relatif tinggi (99.3 - 169 mhos/m) dan nilai chargeability yang tinggi pula (1.46 -169 msec). Rendahnya nilai resistivitas yang diikuti tingginya nilai metal factor, tingginya nilai PFE dan tingginya nilai *chargeability*, menunjukkan bahwa blok ini merupakan tubuh utama dari mineral sulfida *pyrite*.

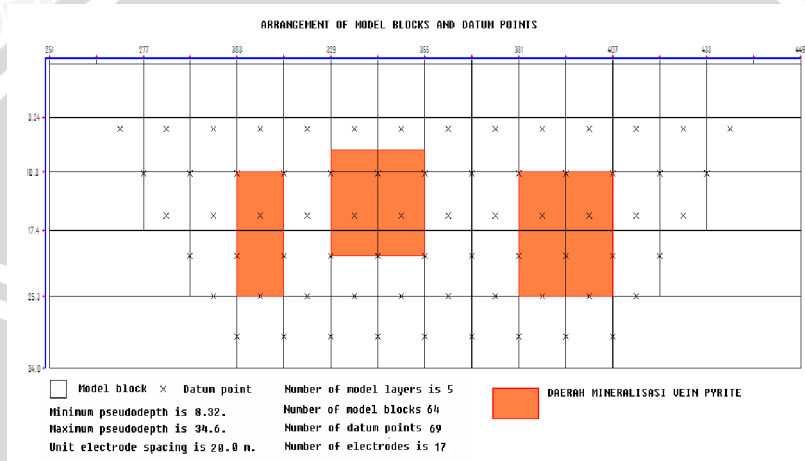


Gambar 4.12 Hasil perbandingan *pseudodepth section resistivity*(ρ), *percent frequency effect* (PFE), *chargeability* (m) dan *metal factor* (MF) *line-2*

Tabel 4.2 Interpretasi parameter-parameter IP *line-2*

Blok	Resistivitas	PFE	MF	Chargeability
1	rendah	sedang	tinggi	sedang
2	rendah	sedang	sedang	sedang
3	rendah	tinggi	sedang	tinggi

Dari hasil Interpretasi pada tiga blok yang diduga merupakan tubuh utama *pyrite*, maka kita dapat mengplotkan blok tersebut pada blok penampang. Hasil pengeplotan menunjukkan bahwa sebaran vein *pyrite* mengarah dari utara ke selatan jika dirunut dengan *base*, hal ini dibuktikan dengan luasan penampang *pyrite* yang relatif semakin mengecil ke arah selatan.



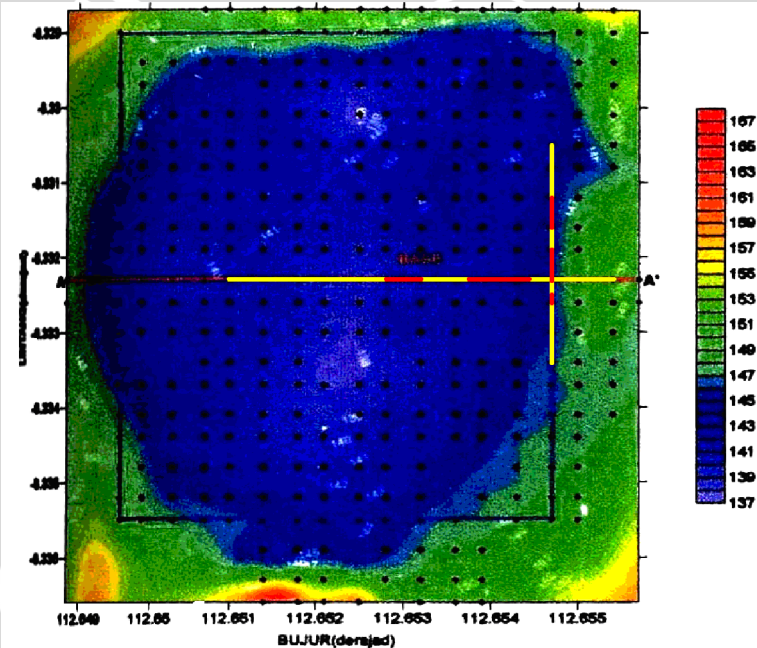
Gambar 4.13 Model tiga blok *vein pyrite* pada blok penampang

4.2.3 Perbandingan hasil penelitian metode polarisasi terimbas dengan hasil-hasil penelitian metode gayaberat, medan magnet, potensial diri, VLF-R dan mise a la mase

Berdasarkan hasil korelasi keempat model *pseudodepth section* parameter pada kedua lintasan, menunjukkan bahwa sebaran *vein pyrite* pada lintasan-1 dari timur ke barat jika dirunut dari *base*, hal ini dibuktikan dengan luasan penampang *pyrite* yang relatif semakin mengerucut ke arah barat. Sedangkan pada lintasan-2 menunjukkan bahwa sebaran *vein pyrite* mengarah dari utara ke selatan jika dirunut dari *base*, hal ini dibuktikan dengan luasan penampang *pyrite* yang relatif semakin mengecil ke arah selatan. Berikut model hasil perbandingan kesesuaian letak anomali kedua lintasan metode polarisasi terimbas dengan metode gayaberat, medan magnet, potensial diri, VLF-R dan mise a la mase

4.2.3.1 Metode gayaberat.

Dari gambar hasil pemodelan kontras densitas metode gaya berat (gambar 4.14), tampak bahwa titik anomali kedua lintasan berada pada daerah dengan nilai anomali kontras densitas rendah yang berwarna biru terdistribusi merata dibagian tengah, dengan kedalaman mulai 0 sampai 100 m, serta dengan luasan sekitar 560 m x 720 m. Rendahnya nilai kontras densitas jika dibandingkan dengan batuan disekitarnya, menandakan adanya intrusi batuan yang diduga merupakan penyebab terjadinya mineralisasi *pyrite* yang telah mengalami pelapukan terhadap batuan disekitarnya yang merupakan batuan sedimen metamorphic aluvium bersama diorite terlapukkan (Sunaryo, 2007)

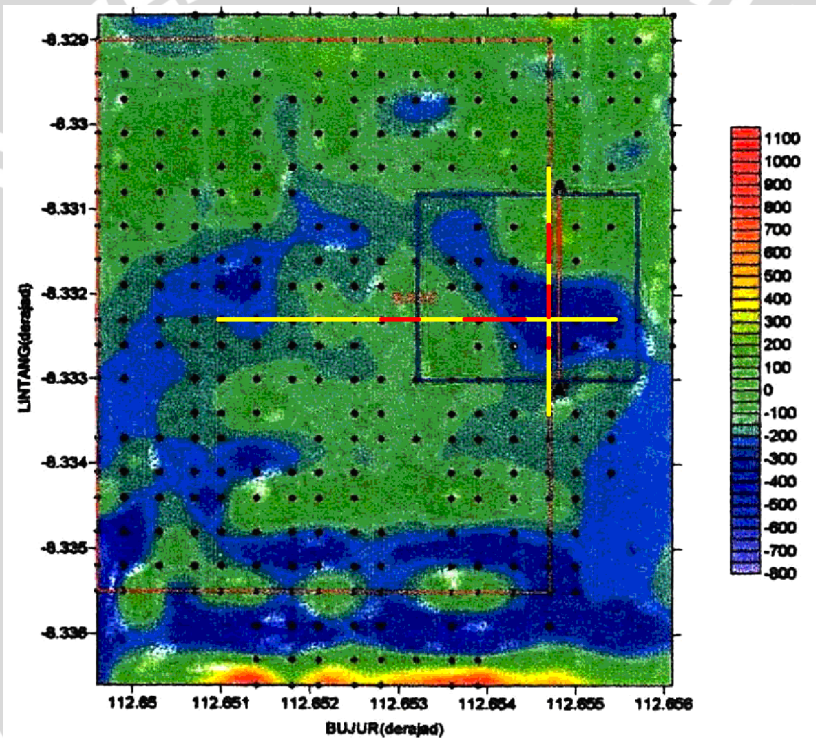


Gambar 4.14 Model hasil metode gayaberat (Sunaryo, 2007)

4.2.3.2 Metode medan magnet

Dari gambar hasil pemodelan kontras suseptibilitas metode medan magnet (gambar 4.15), tampak bahwa nilai anomali kontras suseptibilitas dengan dipole bergradien tinggi, terletak pada kotak berwarna hitam, terdistribusi berkembang kearah timur-timur laut dari *base* dengan luasan sekitar 280 m x 240 m.

Kedua lintasan polarisasi terimbas berada pada daerah kontras anomali tersebut, yang menunjukkan distribusi arah mineral logam pengendali yang secara dominan mengisi urat batuan bersama-sama dengan *pyrite-chalcopyrite* (Sunaryo, 2007).

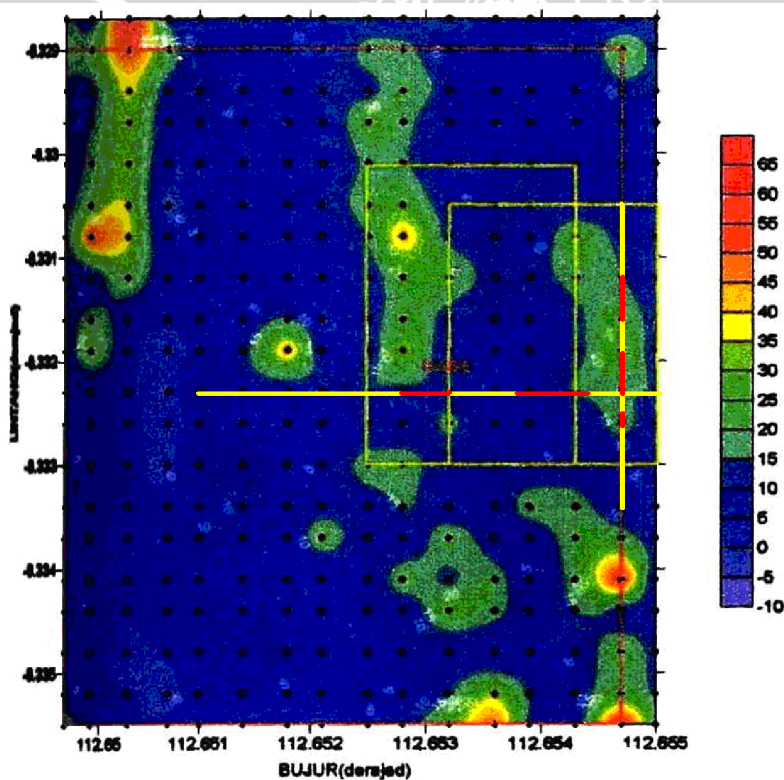


Gambar 4.15 Model hasil metode medan magnet (Sunaryo, 2007).

4.2.3.3 Metode *self potential*

Dari gambar hasil pemodelan kontras resistivitas metode *self potential* (SP) (gambar 4.16), tampak bahwa nilai anomali kontras potensial yang diduga merupakan zona mineralisasi terletak pada dua kotak kuning yang terdistribusi berkembang ke arah barat-barat laut terhadap *base* dengan luasan sekitar 200 m x 240 m dan yang terdistribusi berkembang ke arah timur-timur laut terhadap *base* dengan luasan sekitar 200 m x 320 m. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian polarisasi terimbas yang mengindikasikan adanya sebaran daerah mineralisasi atau urat *pyrite* pada dua kotak kuning

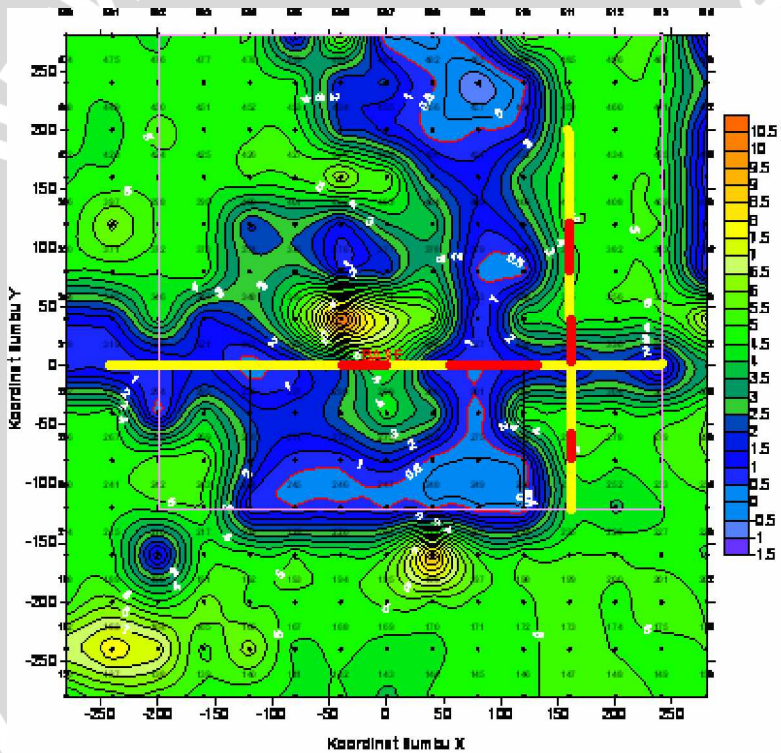
Kontras anomali beda potensial tersebut, menunjukkan sebaran daerah mineralisasi atau urat *pyrite* daerah setempat. Hal ini sesuai dengan singkapan yang ada jika dirunut dari *base* (Sunaryo, 2007).



Gambar 4.16 Model hasil *self potential* (SP) (Sunaryo, 2007).

4.2.3.4 Metode mise a la mase

Hasil penelitian dengan menggunakan metode mise a la mase oleh Jayeng Baskoro (dalam komunikasi pribadi), menunjukkan bahwa daerah mineralisasi atau urat *pyrite* daerah setempat didominasi oleh kontras anomali resistivitas semu bernilai rendah, yang terdistribusi berkembang ke arah barat-timur dan utara-selatan terhadap selatan *base*. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian induksi polarisasi yang mengidentifikasi arah serta kedalaman sebaran *pyrite* yang mempunyai kecenderungan ke arah barat-timur dan utara-selatan terhadap *base*.

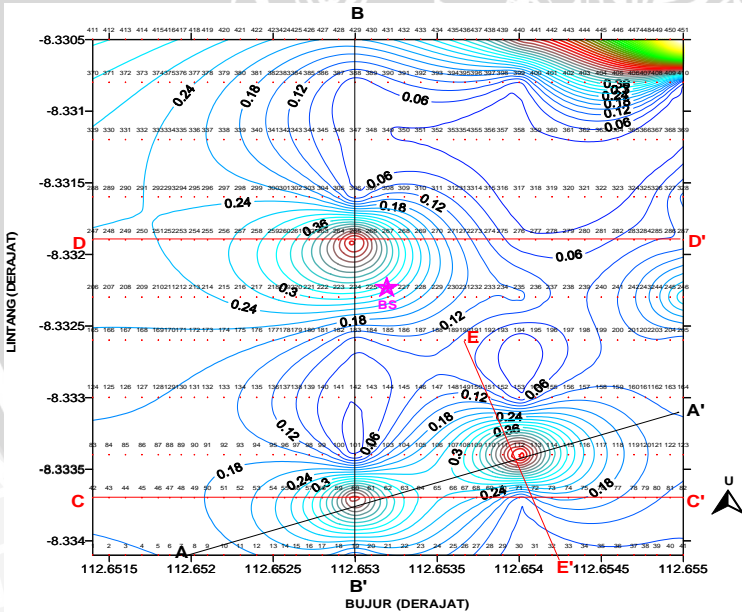


Gambar 4.17 Model hasil metode mise a la mase

4.2.3.5 Metode VLF-R

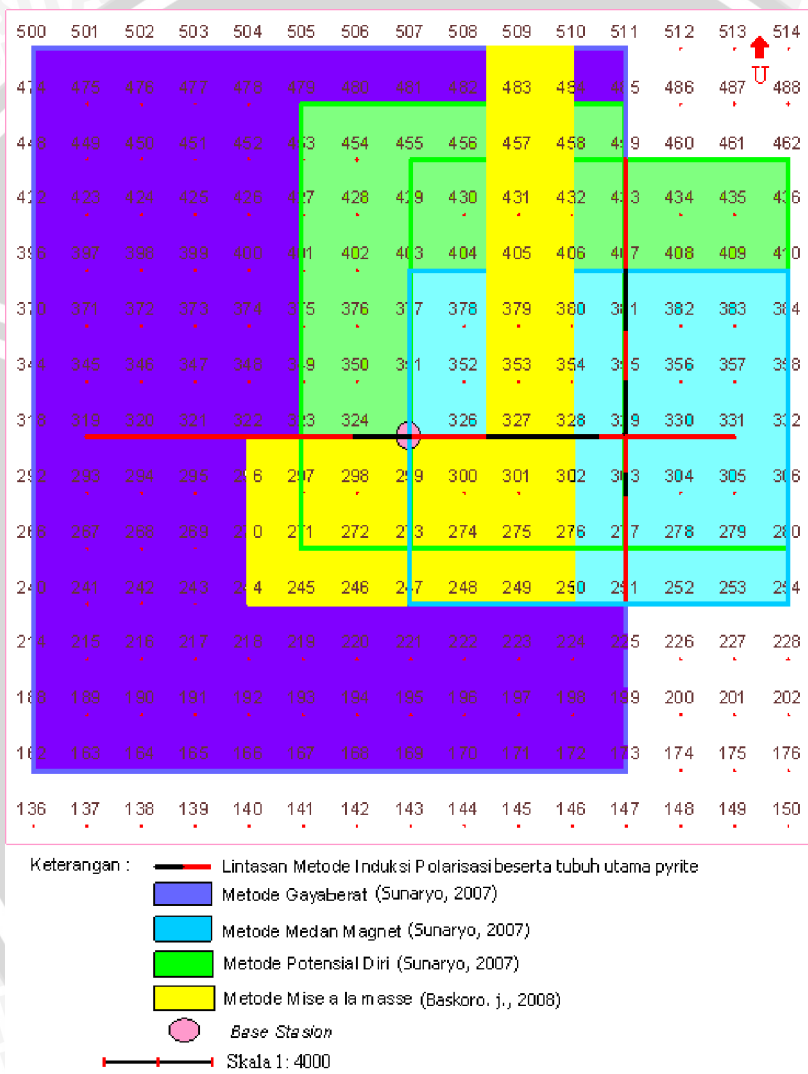
Hasil penelitian dengan menggunakan metode VLF-R oleh Widianti (2006), menunjukkan bahwa anomali target berada di sekitar *base* dan di bagian selatannya, berikut model dari masing-masing *cross section* :

- Pada korelasi model *cross section* AA' dan EE' pyrite berada pada kedalaman 7 sampai 11 meter dengan volume *body* yang mengandung *vein* pyrite 352 m³ dan kedalaman 12 sampai 16 meter dengan volume 1600 m³.
- Pada korelasi model *cross section* BB', CC' dan DD' terdapat dua model pyrite. Model pyrite 1 pada kedalaman 7 sampai 11 meter memiliki volume *body* dari *vein-vein* pyrite 1600 m³ dan kedalaman 12 sampai 16 meter memiliki volume 192 m³. Model pyrite 2 pada kedalaman 7 sampai 11 meter memiliki volume *body* yang mengandung *vein* pyrite 768 m³, kedalaman 12 sampai 16 meter volumenya 480 m³ dan pada kedalaman 17 sampai 21 meter memiliki volume 64 m³.



Gambar 4.18 Model hasil VLF-R (Widianti, 2006),

Berikut gambar 4.19, merupakan gambar perbandingan kesesuaian model daerah zona mineralisasi *pyrite* secara lateral dari beberapa penelitian yang telah dilakukan, yang meliputi : metode gayaberat, medan magnet, potensial diri, mise a la mase, dan polarisasi terimbas.



Gambar 4.19 Model hasil perbandingan beberapa penelitian

Dari model hasil perbandingan beberapa penelitian yang dilakukan tampak bahwa kedua blok pada line-1 bersesuaian dengan keempat metode lain, sehingga kedua blok tersebut diduga kuat sebagai tubuh utama mineral sulfida pyrite. Sedangkan pada line-2 ketiga bloknnya bersesuaian dengan tiga metode, sehingga ketiga blok tersebut diduga sebagai tubuh utama mineral sulfita pyrite, meskipun terdapat perbedaan posisi dengan metode mise a la mase, namun arah penyebaran urat (*vein*) *pyrite* relatif sama.

Dari beberapa tahapan penelitian yang telah dilakukan tersebut secara umum, menunjukkan hasil intepretasi kondisi bawah permukaan yang relatif sama meskipun terdapat sedikit perbedaan. Hal tersebut dikarenakan tiap metode penelitian memiliki karakteristik yang berbeda, yang meliputi : kedalaman target yang diukur, parameter yang diukur, sensitivitas alat ukur terhadap medium atau batuan dilokasi penelitian, metode analisis data yang digunakan, serta tingkat kerentanan terhadap kondisi iklim atau cuaca daerah penelitian saat akuisisi data.

Berikut ini tabel arah zona mineralisasi *pyrite* dari beberapa penelitian yang telah dilakukan:

Tabel 4.3.3 Tabel arah zona mineralisasi *pyrite* dari beberapa penelitian yang telah dilakukan

No	Metode	Letak zona mineralisasi <i>pyrite</i>
1	Gayaberat	Terdistribusi menyebar merta dari bagian tengah <i>base</i> ke arah barat, timur, utara dan selatan
2	Medan magnet	Terdistribusi kearah timur-timur laut dari <i>base</i>
3	Potensial diri	Terdistribusi menyebar ke arah barat-barat laut dan ke arah timur-timur laut <i>base</i>
4	VLF-R	Terdistribusi disekitar <i>base</i> dan disebelah selatannya
5	Mise a la mase	Terdistribusi menyebar ke arah barat - timur dan utara - selatan dari <i>base</i>
6	Polarisasi terimbas	Terdistribusi menyebar ke arah barat - timur dan utara - selatan dari <i>base</i>

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil interpretasi kuantitatif dari kedua lintasan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada lintasan *line-1* daerah alterasi terdistribusi pada dua blok yang merupakan tubuh utama sulfida *pyrite*. Blok pertama terletak antara titik 324 – 325 pada kedalaman 34.9 – 50.7 m dengan luasan 632 m², sedangkan pada blok kedua terletak antara titik 326 – 328 pada kedalaman 20.5 – 50.7 m dengan luasan 2174.4 m².
2. Pada lintasan *line-2* daerah alterasi terdistribusi pada tiga blok yang merupakan tubuh utama sulfida *pyrite*. Blok pertama terletak dititik 303 pada kedalaman 10.3 – 25.3 m dengan luasan 300 m², blok kedua terletak antara titik 329 – 355 pada kedalaman 7.5 – 20.5 m dengan luasan 2174.4 m² dan blok ketiga terletak antara titik 381 – 407 pada kedalaman 7.5 – 205 m dengan luasan 520 m².

Hasil perbandingan keempat parameter metode polarisasi terimbas pada kedua lintasan mengindikasikan bahwa arah penyebaran *vein pyrite* cenderung berarah dari timur ke barat jika dirunut dari *base (line-1)*, dan dari utara ke selatan jika dirunut dari *base (line-2)*. Hasil penelitian ini bersesuaian dengan hasil perbandingan dari beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

5.2 Saran

Agar hasil lebih akurat, maka perlu dilakukan analisa laboratorium tentang uji sample batuan hasil pengeboran pada kelima titik anomali dari kedua lintasan. Hasil analisa tersebut akan mengindikasikan karakteristik, unsur, sifat, dan jenis batuan yang sebenarnya pada kelima titik anomali dari kedua lintasan.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman sengaja dikosongkan



DAFTAR PUSTAKA

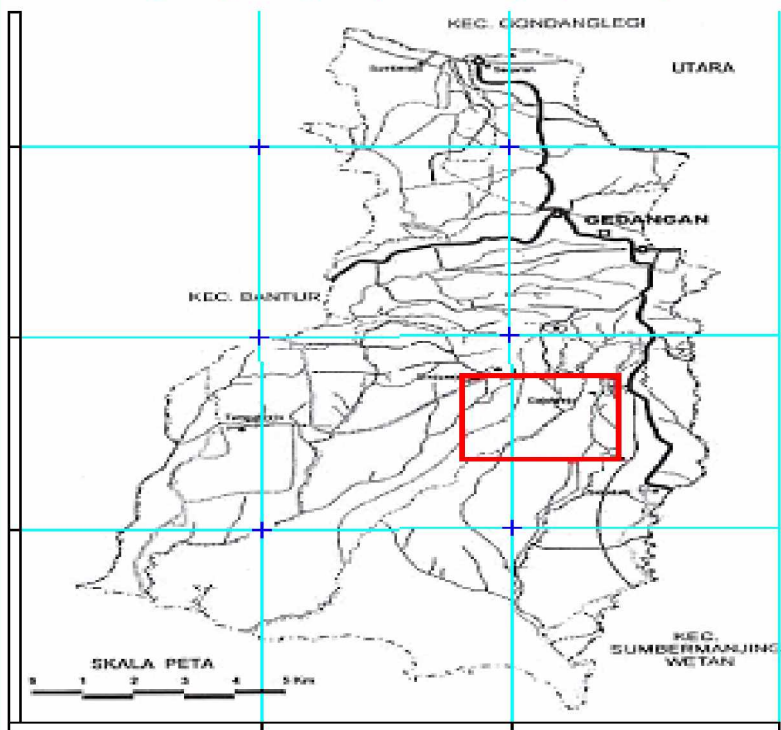
- Anonymous, 2001, *Modul Semester Break*, Laboratorium Fisika Bumi, ITB, Bandung.
- Angoran, Y., and Madden, T. R., 1977, *Induced Polarization: A Preliminary Study Of Its Chemical Basis*, *Geophysics*, 42:788 - 803.
- Arif, R., 2006, *Yogya Earth Quake and The Dynamics of Java Trench*, Jurusan Geologi, UPN, Yogyakarta.
- Bateman, A.M., 1950, *Economic Mineral Deposit*, *Economic Geology*, Jonh Wiley And Sons Inc, New York.
- Bemmelen, RW., 1970, *Geologi of Indonesia Vol.H*, The Hague, Netherlands.
- Chotibul Alwan, 2006, *Perancangan Dan Pembuatan Alat Ukur Hambatan Jenis Batuan Lapisan Permukaan Bumi Dengan Sumber Arus 0 – 80 ma 600 volt Pada Frekuensi Yang Bisa Diatur*, Jurusan Fisika, Universitas Brawijaya, Malang.
- Dobrin, Milton B., 1988, *Introduction to Geophysical Prospecting*, edisi ke-4, Mc graw Hill Book, Co. Singapura.
- Gary, M., McAfee, R. Jr., and Wolf, C.L., 1974, *Glossary of Geology*, American Geological Institute, Washington, DC.
- [Http://www.chem.ox.ac.uk/mom/pyrite/pyrite.html](http://www.chem.ox.ac.uk/mom/pyrite/pyrite.html), diakses tanggal 10 September 2007
- [Http://www.mineral.galleries.com/minerals/sulfides/pyrite.html](http://www.mineral.galleries.com/minerals/sulfides/pyrite.html), diakses tanggal 10 September 2007
- Kiberu, j., 2002, *Induced Polarization And Resistivity Measurements On A Suite Of Near Surface Soil Samples And Their Empirical Relationship To Selected Measured Engineering Parameters*, ITC, Netherlands.
- Marshall, D. J., and Madden, T. R., 1959, *Induced Polarisation A Study Of Its Causes*. *Geophysics*, 24:790–816.
- Nawawi, A., 1998, *Penggunaan Metode Polarisasi Terimbas Dalam Penentuan Benda Anomali Bawah Permukaan*, ITB, Bandung.
- Kartini, N. H., 2005, *Penerapan metode potensial diri untuk mendeteksi adanya mineral sulfida di kawasan Malang Selatan, Skripsi S-1*, Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Brawijaya, Malang.
- Parasnis, D. S., 1973. *Mining Geophysics*, Elsevier Publishing Company, Amsterdam, London, New York.

- Park, C. F., Jr. and Mac Darnid, R. A., 1976, *Ore Deposits*, University of Cambridge, W. H., Freeman and company, San Francisco.
- Reynolds, J. M., 1997, *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*, John Wiley and Sons.
- Santoso, Djoko., 2002, *Pengantar Teknik Geofisika*, ITB, Bandung.
- Siegel, H. O., 1959, *Mathematical Formulation Of Type Curves For Induced Polarization*, *Geophysics*, 24(3):546–565.
- Sudrajat, A., 1999, *Teknologi dan Manajemen Sumber Daya Mineral*, ITB, Bandung.
- Sudrajat, 2000, *Kursus Singkat Endapan Mineral Bijih, Lab Geofisika dan Vulkanologi*, Jurusan Teknik Geologi, ITB, Bandung.
- Sumner, J.S., 1976, *Principles Of Induced Polarization For Geophysical Exploration*, Elseiver Scientific Publishing Company, New York.
- Sunaryo, 2007, *Studi Zona Mineralisasi Di Kawasan Malang Selatan Jawa Timur Menggunakan Geofisika Terpadu*, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Suparwoto, 2001, *Teori Dan Aplikasi Metode Induksi Polarisasi*, Laboratorium Geofisika, UGM Yogyakarta.
- Suyanto, Hadisantoso, R., Kusnama, Chaniago, R., dan Baharudin, R., 1992, *Peta Geologi Lembar Turen, Jawa skala 1: 100.000*, Puslitbang Geologi, Bandung.
- Syarif, 2001, *Mineral Bauksit di Indonesia*, Laboratorium Geofisika dan Vulkanologi, Jurusan Teknik Geologi, ITB.
- Tachjudin, T.M., I, 1990, *Metode Eksplorasi Tahanan Jenis*, Lab Geofisika dan Vulkanologi, Jurusan Teknik Geologi, ITB, Bandung.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., Sheriff, R. E., Keys, D. A., 1990, *Applied Geophysics*, Cambridge University Press. Cambridge.
- Ward Stanley H, 1990, *Geotechnical And Environment Geophysics*, SEG, Vol 1, Oklahoma, USA.
- Waluyo, DR., 2001, *Panduan Workshop Eksplorasi Geofisika (teori & aplikasi metode resistivitas)*, Laboratorium Geofisika, UGM, Jogjakarta
- Widianti, 2006, *Identifikasi Potensi Kandungan Mineral Sulfida Pyrite Daerah Malang Selatan Dengan Metode VLF - R*, Jurusan Fisika, Universitas Brawijaya, Malang.

Lampiran 1

Peta Administratif Gedangan

Peta daerah Penelitian Metode Polarisasi Terimbas
Dusun Bangkong, Gadjahrejo, Gedangan, Malang Selatan



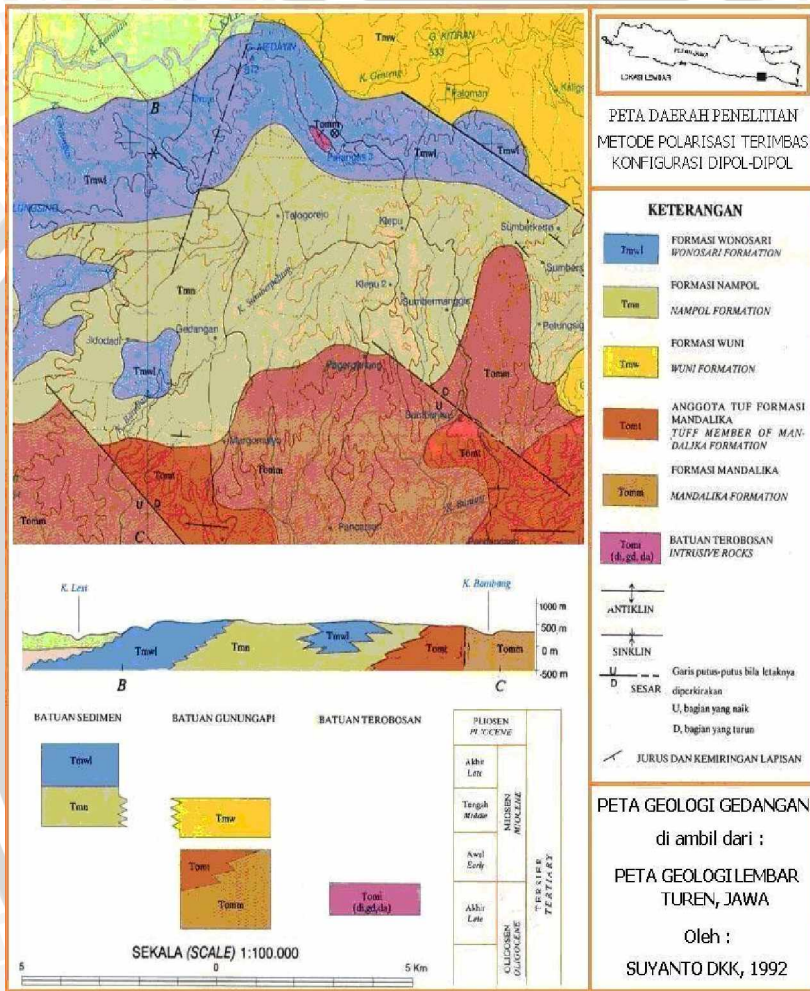
Keterangan :

-  batas kecamatan
-  batas desa / kelurahan
-  sungai
-  jalan

Di ambil dari:
Kartini, N. H., 2005

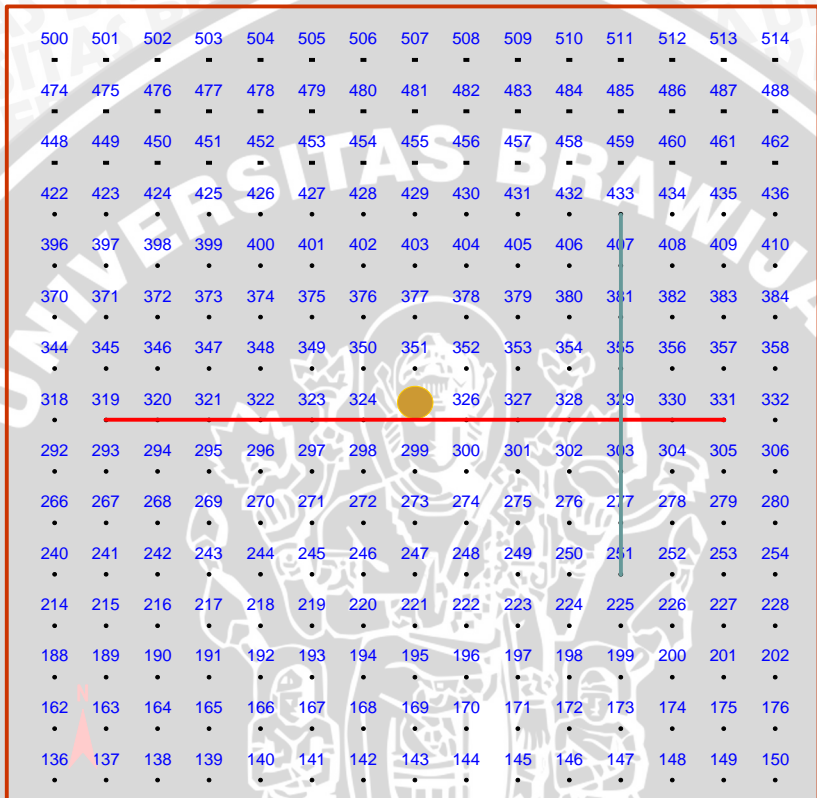
Lampiran 2

Peta Geologi Gedangan



Lampiran 3

Desain Lokasi Titik Ukur dan Arah Lintasan



Keterangan daerah penelitian *vein pyrite* :

- Bangkong, Gedangan, Gadjahrejo, Malang Selatan
- Posisi titik *base* : E 8.332337 °
S 112.6532 °
- *Line-1* didapatkan data sebanyak 45 data, sepanjang 360 m dengan spasi 40 m (searah dengan *base*)
- *Line-2* didapatkan data sebanyak 69 data, sepanjang 260 m dengan spasi 20 m (tegak lurus dengan *base*)

Lampiran 4

Spesifikasi Alat Geosetrom DT83B Digital Multimeter

DC Voltage

Range	Resolution	Accuracy
200mV	100 μ V	$\pm 0.5\%$ reading ± 2 D
2000mV	1mV	$\pm 0.5\%$ reading ± 2 D
20V	10mV	$\pm 0.5\%$ reading ± 2 D
200V	100mV	$\pm 0.5\%$ reading ± 2 D
600V	1V	$\pm 0.5\%$ reading ± 2 D

Overload protection : 220Vrms AC for 200mV range and
600VDC of 600 Vrms AC for other range

AC Voltage

Range	Resolution	Accuracy
200V	100mV	$\pm 1.2\%$ reading ± 10 D
600V	1V	$\pm 0.5\%$ reading ± 10 D

Overload protection : 600VDC or 600V rms for all range

DC Current

Range	Resolution	Accuracy
200A	100nA	$\pm 1\%$ reading ± 2 D
2000A	1 μ A	$\pm 1\%$ reading ± 2 D
20mA	10 μ A	$\pm 1\%$ reading ± 2 D
200mA	100 μ A	$\pm 1.2\%$ reading ± 2 D
10A	10mA	$\pm 2\%$ reading ± 2 D

Overload protection : 200mA 250V fuse (10A range unfused)



Gambar Alat Geosetrom DT83B Digital Multimeter

(Chotibul Alwan, 2005)

Lampiran 5

Data Terolah Induksi Polarisasi

Line-1

Waktu : Sabtu, 24 September 2007

Azimuth : N 90° E

Operator : Machrus, Rohman, Jayeng, Kukuh, Khotib, Affan dan Aziz

a (m) : 40 m

Datum Point	N	I (A)	V		K	pdc (Ω m)	pac (Ω m)	FE	PFE 0.01FE	MF Mhos/m	M msec
			5Hz	15Hz							
60	1	20	1.51	0.65	753.6	56.95	24.49	1.33	133	146.17	0.57
100	1	20	0.90	0.71	753.6	33.86	26.75	0.27	27	49.30	0.21
140	1	20	1.19	0.97	753.6	44.67	36.63	0.22	22	30.86	0.18
180	1	20	0.99	0.75	753.6	37.18	28.26	0.32	32	53.33	0.24
220	1	20	2.50	1.50	753.6	94.20	56.52	0.67	67	44.44	0.40
260	1	20	2.86	1.20	753.6	107.67	45.22	1.38	138	80.55	0.58
300	1	20	1.50	1.11	753.6	56.51	41.82	0.35	35	39.04	0.26
340	1	20	1.05	0.85	753.6	39.54	32.03	0.23	23	37.25	0.19
380	1	20	1.51	0.95	753.6	56.81	35.79	0.59	59	64.92	0.37
420	1	20	4.51	2.98	753.6	169.85	112.10	0.52	52	19.05	0.34
80	2	20	0.33	0.26	3014	49.59	39.18	0.27	27	33.66	0.21
120	2	20	0.30	0.22	3014	45.42	33.16	0.37	37	51.14	0.27

Lanjutan

Datum Point	N	I (A)	V		K	ρ_{dc} (Ωm)	ρ_{ac} (Ωm)	FE	PFE 0.01FE	MF Mhos/m	M msec
			5Hz	15Hz							
160	2	20	0.31	0.25	3014	46.52	37.68	0.23	23	31.67	0.19
200	2	20	0.55	0.39	3014	82.79	58.78	0.41	41	30.98	0.29
240	2	20	0.33	0.21	3014	49.45	31.65	0.56	56	71.43	0.36
280	2	20	0.40	0.19	3014	59.67	28.64	1.08	108	114.02	0.52
320	2	20	0.45	0.35	3014	67.63	52.75	0.28	28	26.19	0.22
360	2	20	0.35	0.25	3014	53.07	37.68	0.41	41	48.33	0.29
400	2	20	1.91	1.30	3014	288.13	195.93	0.47	47	10.26	0.32
100	3	20	0.10	0.06	7536	37.68	22.61	0.67	67	111.10	0.40
140	3	20	0.90	0.70	7536	338.21	263.80	0.28	28	5.24	0.22
180	3	20	0.45	0.24	7536	170.62	90.43	0.89	89	32.64	0.47
220	3	20	0.15	0.10	7536	56.34	36.06	0.56	56	62.70	0.36
260	3	20	0.12	0.08	7536	44.99	30.14	0.49	49	68.76	0.33
300	3	20	0.45	0.23	7536	169.92	86.66	0.96	96	35.51	0.49
340	3	20	0.10	0.08	7536	37.68	30.14	0.25	25	41.67	0.20
380	3	20	0.20	0.15	7536	75.36	56.52	0.33	33	27.78	0.25
120	4	20	0.12	0.10	15072	90.80	75.36	0.20	20	14.17	0.17
160	4	20	0.10	0.07	15072	75.36	52.75	0.43	43	35.72	0.30
200	4	20	0.15	0.07	15072	112.23	52.75	1.13	113	63.10	0.53
240	4	20	0.40	0.14	15072	301.43	105.50	1.86	186	38.69	0.65

Lanjutan

Datum Point	N	I (A)	V		K	ρ_{dc} (Ωm)	ρ_{ac} (Ωm)	FE	PFE 0.01FE	MF Mhos/m	M msec
			5Hz	15Hz							
280	4	20	0.20	0.06	15072	150.73	45.22	2.33	233	97.21	0.70
320	4	20	0.20	0.10	15072	150.72	75.36	1.00	100	41.67	0.50
360	4	20	0.09	0.06	15072	67.49	45.22	0.49	49	45.83	0.33
140	5	20	1.00	0.35	26376	1318.80	461.58	1.86	186	8.84	0.65
180	5	20	1.00	0.37	26376	1318.81	487.96	1.70	170	8.11	0.63
220	5	20	0.20	0.07	26376	263.77	92.32	1.86	186	44.22	0.65
260	5	20	0.10	0.05	26376	131.88	65.94	1.00	100	47.62	0.50
300	5	20	0.07	0.03	26376	92.00	39.56	1.33	133	90.49	0.57
340	5	20	0.07	0.04	26376	87.92	52.75	0.67	67	47.62	0.40
160	6	20	0.40	0.25	42202	837.33	527.52	0.59	59	4.40	0.37
200	6	20	0.04	0.02	42202	84.40	42.20	1.00	100	74.41	0.50
240	6	20	0.51	0.32	42202	1071.78	675.22	0.59	59	3.44	0.37
280	6	20	0.07	0.03	42202	147.21	63.30	1.33	133	56.55	0.57
320	6	20	0.09	0.04	42202	179.57	84.40	1.13	113	39.44	0.53

Line-2

Waktu : Rabu, 28 September 2007
Azimuth : N 180° E
Operator : Machrus, Rohman, Jayeng dan Kukuh.
a (m) : 20 m

Datum Point	N	I (A)	V		K	pdc (Ωm)	pac (Ωm)	FE	PFE 0.01FE	MF Mhos/m	M msec
			5Hz	15Hz							
30	1	20	1.4	0.9	376.8	26.38	16.96	0.56	55.52	13.22	0.36
50	1	20	2	0.75	376.8	37.68	14.13	1.67	166.67	27.78	0.63
70	1	20	2.2	0.77	376.8	41.45	14.51	1.86	185.65	28.13	0.65
90	1	20	1.2	0.55	376.8	22.61	10.36	1.18	118.22	32.84	0.54
110	1	20	0.9	0.6	376.8	16.96	11.30	0.50	50.05	18.54	0.33
130	1	20	1.2	0.55	376.8	22.61	10.36	1.18	118.22	32.84	0.54
150	1	20	1.2	0.54	376.8	22.61	10.17	1.22	122.30	33.97	0.55
170	1	20	1.7	0.86	376.8	32.03	16.20	0.98	97.70	19.16	0.49
190	1	20	1.6	0.68	376.8	30.14	12.81	1.35	135.32	28.19	0.58
210	1	20	5.6	0.92	376.8	105.50	17.33	5.09	508.79	30.29	0.84
230	1	20	1.4	0.95	376.8	26.38	17.90	0.47	47.35	11.27	0.32
250	1	20	1.6	1.02	376.8	30.14	19.22	0.57	56.84	11.84	0.36
270	1	20	1.6	1.1	376.8	30.14	20.72	0.45	45.48	9.48	0.31
290	1	20	1.8	1.5	376.8	33.91	28.26	0.20	20.00	3.70	0.17
40	2	20	0.4	0.28	1507	30.14	21.10	0.43	42.86	8.93	0.30

Lanjutan

Datum Point	N	I (A)	V		K	pdc (Ω m)	pac (Ω m)	FE	PFE 0.01FE	MF Mhos/m	M msec
			5Hz	15Hz							
60	2	20	0.7	0.23	1507	52.75	17.33	2.04	204.40	24.33	0.67
80	2	20	1.1	0.15	1507	82.90	11.30	6.34	633.59	48.00	0.86
100	2	20	1.4	0.14	1507	105.50	10.55	9.00	900.04	53.57	0.90
120	2	20	0.4	0.17	1507	30.14	12.81	1.35	135.32	28.19	0.58
140	2	20	0.9	0.2	1507	67.82	15.07	3.50	350.06	32.41	0.78
160	2	20	1.1	0.21	1507	82.90	15.83	4.24	423.66	32.10	0.81
180	2	20	0.9	0.2	1507	67.82	15.07	3.50	350.06	32.41	0.78
200	2	20	2.1	0.24	1507	158.26	18.09	7.75	774.83	30.75	0.89
220	2	20	1.2	0.3	1507	90.43	22.61	3.00	299.96	20.83	0.75
240	2	20	1.6	0.29	1507	120.58	21.85	4.52	451.84	23.53	0.82
260	2	20	0.4	0.2	1507	30.14	15.07	1.00	100.03	20.84	0.50
280	2	20	0.4	0.23	1507	30.14	17.33	0.74	73.94	15.40	0.43
50	3	20	1.1	0.12	3768	207.24	22.61	8.17	816.59	24.75	0.89
70	3	20	0.6	0.07	3768	113.04	13.19	7.57	757.01	42.06	0.88
90	3	20	0.6	0.06	3768	113.04	11.30	9.00	900.35	50.02	0.90
110	3	20	2	0.09	3768	376.80	16.96	21.22	2121.70	35.36	0.95
130	3	20	0.1	0.09	3768	18.84	16.96	0.11	11.08	3.69	0.10
150	3	20	0.4	0.1	3768	75.36	18.84	3.00	300.00	25.00	0.75
170	3	20	0.9	0.11	3768	169.56	21.14	7.02	702.08	26.00	0.88

Lanjutan

Datum Point	N	I (A)	V		K	ρ_{dc} (Ωm)	ρ_{ac} (Ωm)	FE	PFE / 0.01FE	MF Mhos/m	M msec
			5Hz	15Hz							
190	3	20	3.6	0.1	3768	678.24	18.56	35.54	3554.31	32.91	0.97
210	3	20	0.2	0.15	3768	37.68	28.26	0.33	33.33	5.56	0.25
230	3	20	3.1	0.11	3768	584.04	20.72	27.19	2718.73	29.23	0.96
250	3	20	0.8	0.06	3768	150.72	11.30	12.34	1233.81	51.41	0.93
270	3	20	0.2	0.2	3768	37.68	37.68	0.00	0.00	0.00	0.00
60	4	20	0.1	0.08	7536	37.68	28.26	0.33	33.33	5.56	0.25
80	4	20	2.7	0.05	7536	1017.36	18.84	53.00	5300.00	32.72	0.98
100	4	20	0.9	0.05	7536	339.12	20.72	15.37	1536.68	28.46	0.94
120	4	20	0.2	0.06	7536	75.36	22.23	2.39	239.00	19.92	0.71
140	4	20	0.7	0.04	7536	263.76	15.07	16.50	1650.23	39.29	0.94
160	4	20	0.2	0.05	7536	75.36	18.84	3.00	300.00	25.00	0.75
180	4	20	1.3	0.05	7536	489.84	16.96	27.88	2788.21	35.75	0.97
200	4	20	5	0.1	7536	1884.00	37.68	49.00	4900.00	16.33	0.98
220	4	20	0.8	0.1	7536	301.44	37.68	7.00	700.00	14.58	0.88
240	4	20	1.9	0.05	7536	715.92	18.84	37.00	3700.00	32.46	0.97
260	4	20	1.4	0.04	7536	527.52	15.07	34.00	3400.46	40.48	0.97
70	5	20	0.9	0.25	13188	593.46	164.85	2.60	260.00	2.75	0.72
90	5	20	0.4	0.03	13188	263.76	19.78	12.33	1233.47	29.37	0.93
110	5	20	0.1	0.03	13188	65.94	20.44	2.23	222.60	21.20	0.69

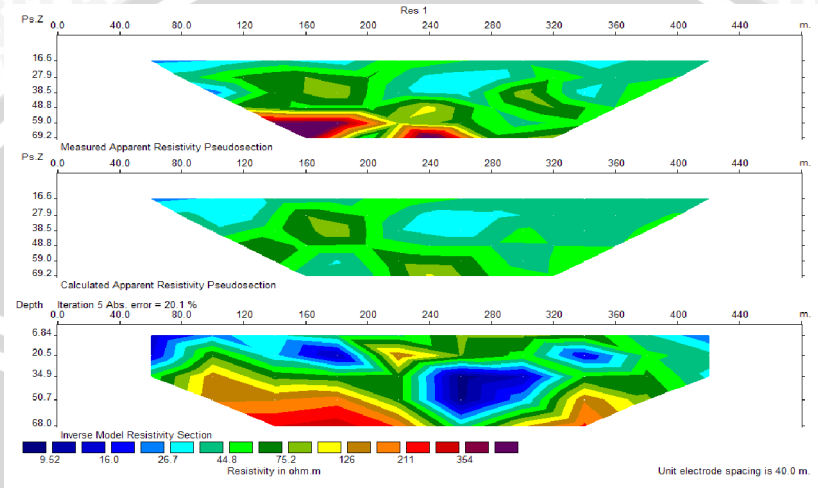
Lanjutan

Datum Point	N	I (A)	V		K	ρ_{dc} (Ωm)	ρ_{ac} (Ωm)	FE	PFE 0.01FE	MF Mhos/m	M msec
			5Hz	15Hz							
130	5	20	0.1	0.03	13188	65.94	19.78	2.33	233.37	22.23	0.70
150	5	20	0.1	0.03	13188	65.94	19.78	2.33	233.37	22.23	0.70
170	5	20	1.4	0.05	13188	923.16	32.97	27.00	2700.00	18.37	0.96
190	5	20	0.5	0.04	13188	329.70	26.38	11.50	1149.81	21.90	0.92
210	5	20	0.3	0.15	13188	197.82	98.91	1.00	100.00	3.17	0.50
230	5	20	0.5	0.05	13188	329.70	33.63	8.80	880.37	16.77	0.90
250	5	20	1.3	0.06	13188	857.22	39.56	20.67	2066.89	15.14	0.95
80	6	20	0.7	0.02	21101	738.53	15.83	45.65	4565.37	38.82	0.98
100	6	20	0.7	0.03	21101	738.53	29.54	24.00	2400.09	20.41	0.96
120	6	20	0.1	0.03	21101	105.50	33.23	2.17	217.50	12.95	0.69
140	6	20	1.1	0.05	21101	1160.54	52.75	21.00	2100.08	11.36	0.95
160	6	20	1.2	0.02	21101	1266.05	19.52	63.86	6385.90	31.68	0.98
180	6	20	0.8	0.11	21101	844.03	116.05	6.27	627.30	4.67	0.86
200	6	20	0.5	0.1	21101	527.52	105.50	4.00	400.02	4.76	0.80
220	6	20	0.6	0.08	21101	633.02	84.40	6.50	650.03	6.45	0.87
240	6	20	1.1	0.15	21101	1160.54	158.26	6.33	633.31	3.43	0.86

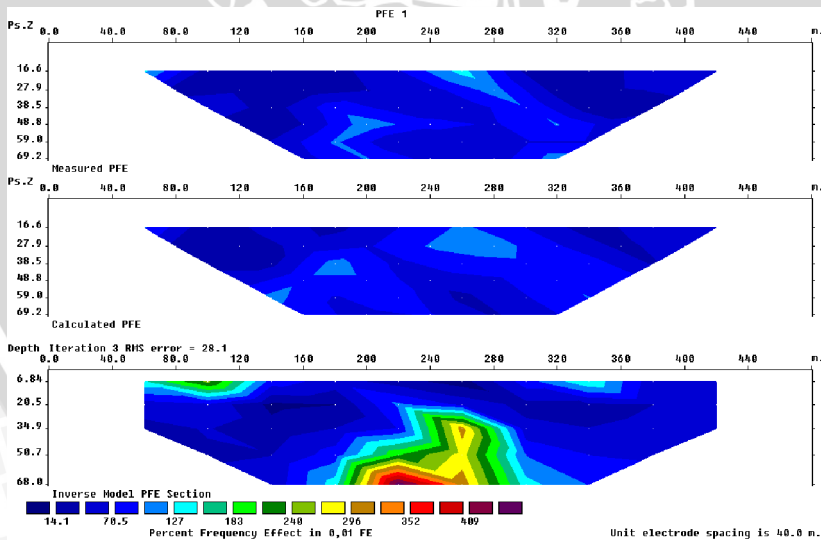
Lampiran 6

Model-Model *Pseudodepth Section* Parameter Induksi Polarisasi

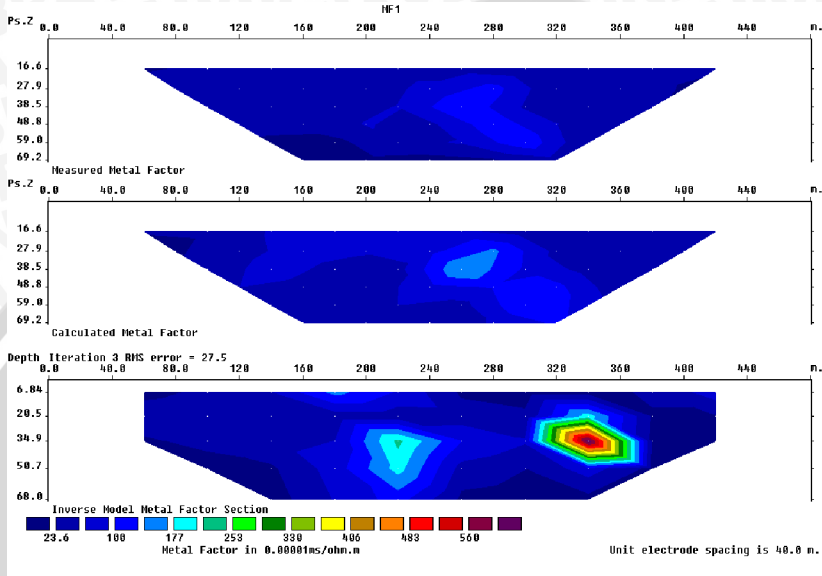
L.6.1. *Resistivity (ρ) line-1*



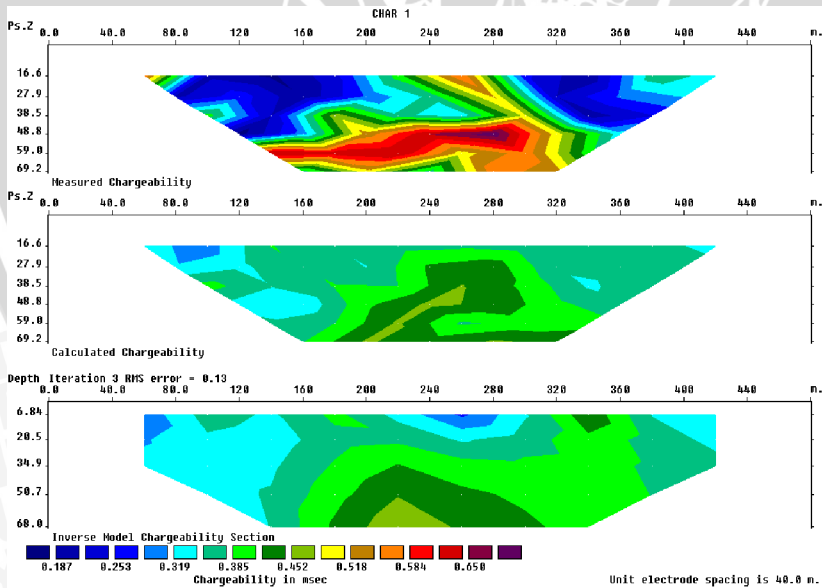
L.6.2. *Percent frequency effect (PFE) line-1*



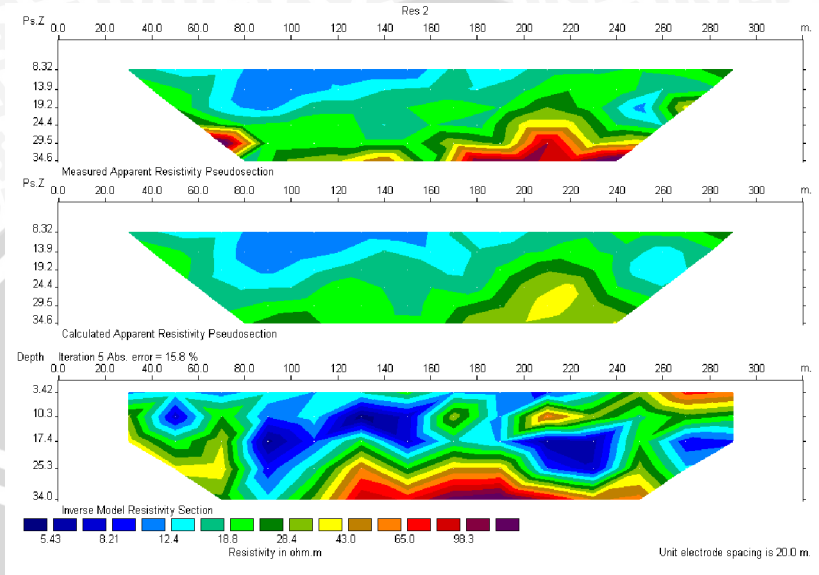
L.6.3. Metal factor (MF) line-1



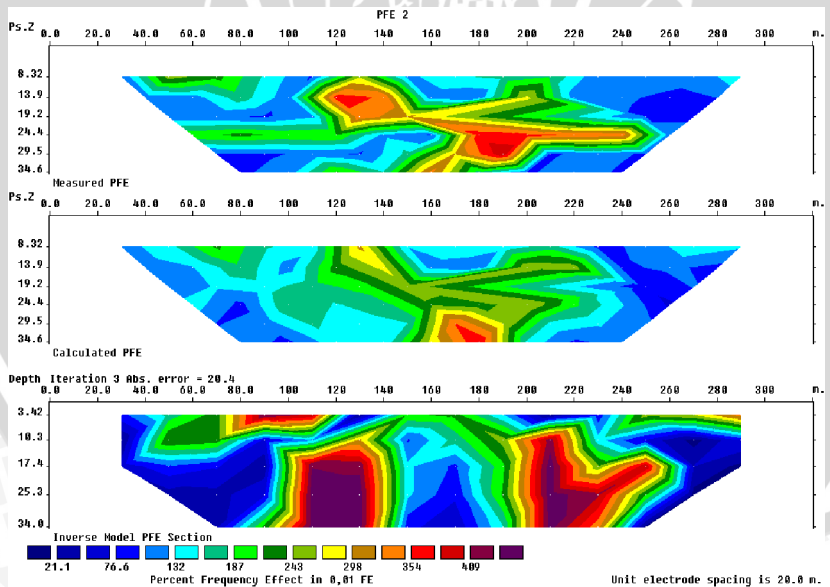
L.6.4. Chargeability (m) line-1



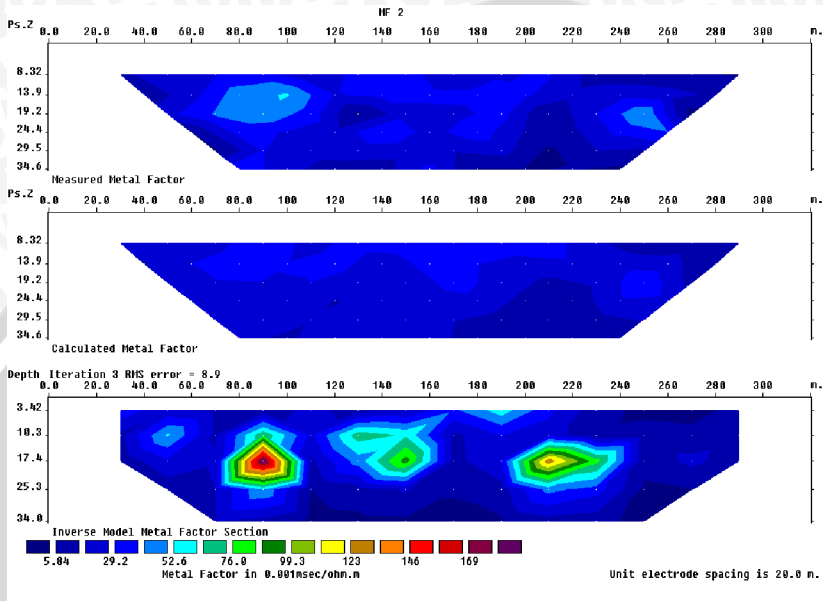
L.6.5. Resistivity (ρ) line- 2



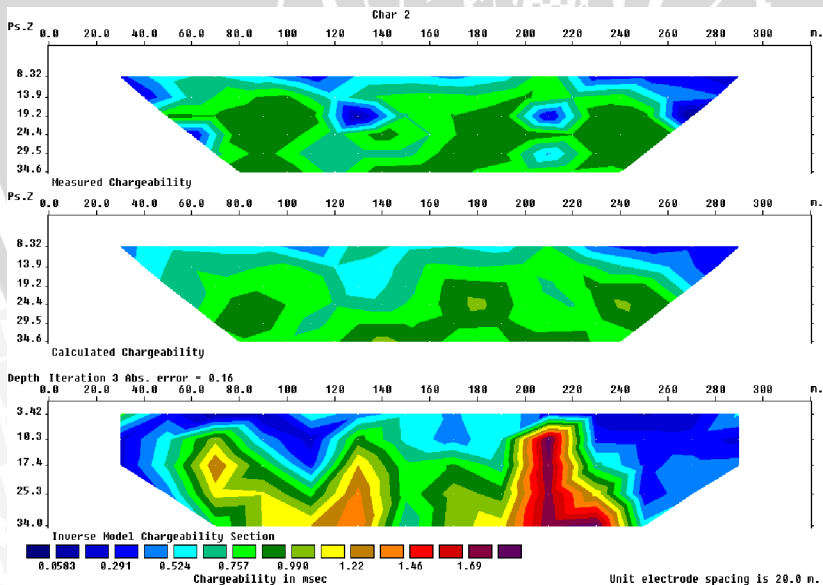
L.6.6. Percent frequency effect (PFE) line -2



L.6.7. Metal factor (MF) line -2



L.6.8. Chargeability (m) line- 2



Lampiran 7

Tabel Resistivitas, Metal Faktor, dan Chargeability (Telford et al., 1990).

Tabel.7.1 Resistivitas rata-rata batuan

<i>Metals</i>		<i>Other Minerals</i>	
<i>Copper</i>	1.7×10^{-8}	<i>Calcite</i>	$10^{12} - 10^{13}$
<i>Gold</i>	2.4×10^{-8}	<i>Anhydrite</i>	$10^9 - 10^{10}$
<i>Silver</i>	1.6×10^{-8}	<i>Halite</i>	$10 - 10^{13}$
<i>Graphite</i>	10^{-3}	<i>Coal</i>	$10 - 10^{11}$
<i>Iron</i>	10^{-7}		
<i>Lead</i>	2.2×10^{-7}	<i>Crystalline Rocks</i>	
<i>Nickel</i>	7.8×10^{-8}	<i>Granite</i>	$10^2 - 10^6$
<i>Tin</i>	1.1×10^{-7}	<i>Quartzite</i>	$10 - 10^8$
<i>Zinc</i>	5.8×10^{-8}	<i>Diorite</i>	$10^4 - 10^5$
		<i>Gabbro</i>	$10^3 - 10^6$
		<i>Andesite</i>	$10^2 - 10^4$
<i>Sulfide Ore Minerals</i>		<i>Basalt</i>	$10 - 10^4$
<i>Sphalerite</i>	10^2	<i>Peidotite</i>	$10^2 - 10^3$
<i>Chalcocite</i>	10^4	<i>Schist</i>	$10 - 10^4$
<i>Chalcopyrite</i>	4×10^{-3}	<i>Gneiss</i>	$10^4 - 10^6$
<i>Pyrite</i>	3×10^{-1}	<i>Slate</i>	$10^2 - 10^7$
<i>Pyrrhotite</i>	10^4	<i>Marble</i>	$10^2 - 10^8$
<i>Molybdenite</i>	10		
<i>Galena</i>	2×10^{-3}	<i>Sedimentary Rocks</i>	
		<i>Dolomite</i>	$10^2 - 10^4$
<i>Oxide Ore Minerals</i>		<i>Shale</i>	$10 - 10^3$
<i>Bauxite</i>	$10^2 - 10^4$	<i>Sandstone</i>	$1 - 10^8$
<i>Chromite</i>	$1 - 10^6$	<i>Limestone</i>	$50 - 10^7$
<i>Cuprite</i>	$10^{-3} - 300$		
<i>Hematite</i>	$10^{-3} - 10^7$	<i>Unconsolidated Sed</i>	
<i>Magnetite</i>	$10^{-5} - 10^4$	<i>Sand</i>	$1 - 10^3$
<i>Ilminite</i>	$10^{-3} - 10^2$	<i>Clay</i>	$1 - 10^2$
<i>Rutile</i>	$10 - 10^3$	<i>Marl</i>	$1 - 10^2$
<i>Silicate Minerals</i>		<i>Groundwater</i>	
<i>Biotite</i>	$10^2 - 10^6$	<i>Portable well water</i>	$0.1 - 10^3$
<i>Quartz</i>	$10^{10} - 10^{15}$	<i>Brackish ater</i>	$0.3 - 1$
<i>Muscovite</i>	$10^2 - 10^{14}$		

Tabel.7.2 *Metal factor* batuan (mhos/cm)

<i>Material</i>	<i>Metal Factor</i> (mhos/cm)
<i>Massive sulfides</i>	10.000
<i>Fracture-filling sulfide</i>	1000 - 10000
<i>Massive magnetite</i>	3 - 3000
<i>Porphyry copper</i>	30 - 1500
<i>Dissem. Sulfides</i>	100 - 1000
<i>Shale-sulfides</i>	3 - 300
<i>Clays</i>	1 - 300
<i>Sandstone 1-2% sulfides</i>	2 - 200
<i>Finely dissem. sulfides</i>	10 - 100
<i>Tuffs</i>	1 - 100
<i>Graphitic sandstone</i>	40 - 6
<i>Gravel's</i>	0 - 200
<i>Alluvium</i>	0 - 200
<i>Precambrian gneiss's</i>	10 - 100
<i>Granites, monzonites, diorites</i>	0 - 60
<i>Diorites</i>	0 - 60
<i>Various volcanic</i>	0 - 80
<i>Schists</i>	10 - 60
<i>Basic rorks (barren)</i>	1 - 10
<i>Granites (barren)</i>	1
<i>Groundwater</i>	0

Tabel.7.3 *Chargeability* sedimen (msec)

<i>Material</i>	<i>Chargeability</i> (msec)
<i>20% Sulphides</i>	2000-3000
<i>8-20% Sulphides</i>	1000-2000
<i>2-8% Sulphides</i>	500-1000
<i>Volcanic tuffs</i>	300-800
<i>Sandstone, siltstone</i>	100-500
<i>Dense volcanic rock</i>	100-500
<i>Shale</i>	50-100
<i>Granite, gradiorite</i>	10-50
<i>Limestone, dolomite</i>	10-20

Tabel.7.4 *Chargeability* rata-rata batuan (msec)

Material	<i>Chargeability</i> (msec)
<i>Pyrite</i>	13.4
<i>Chalcocite</i>	13.2
<i>Copper</i>	12.3
<i>Graphite</i>	11.2
<i>Chalcopyrite</i>	9.4
<i>Bornite</i>	6.3
<i>Galena</i>	3.7
<i>Magnetite</i>	2.2
<i>Malchite</i>	0.2
<i>Hematite</i>	0.0

Tabel.7.5 *Chargeability* mineral

Material	<i>Chargeability</i> (msec)
<i>Ground water</i>	0
<i>Alluvium</i>	1 - 4
<i>Gravels</i>	3 - 9
<i>Precambrian volcanics</i>	8 - 20
<i>Precambrian gneisses</i>	6 - 30
<i>Schists</i>	5 - 20
<i>Sandstone</i>	3 - 12
<i>Argilites</i>	3 - 10
<i>Quartzites</i>	5 - 12

Kupersembahkan karya ini :

Untuk Umy Hj. Uswatun Chasanah serta Abuya H. Abdul Chamid tercinta, atas ketulusan cinta kasih sayangnya selama ini. Semoga Allah SWT selalu melimpahkan rahmat nan maghfirah-Nya atas beliau, semoga do'a restu serta keridhoan beliau akan selalu menjadi pelita dalam kehidupanku ini.

Ya Robby..... " berikanlah hambamu ini kekuatan untuk dapat membahagiakan beliau hingga nafas terakhirku, Amin Ya Mujibassallin....."

Untuk Adinda-adindaku tercinta Lulu El-Rahma, Achmed El-Saeyf, Ismy Wardanie dan Marya Nicky Zacya, atas dukungan kasih sayangnya, serta untuk Kakek H. M.Chusein dan H. Adlan , Nenek Hj. Choiriyah dan Hj. Julaicha, serta para Masyayech atas nasehat dan lantunan Do'a yang selalu dipanjatkan setiap waktu.

Untuk para Ibu dan Bapak Dosen tercinta, atas Ilmu-ilmu serta nasehat yang telah dicurahkan selama ini, Semoga Allah SWT selalu melimpahkan rahmat dan maghfirah-Nya atas beliau. Mohon maaf atas segala kekhilafan, serta mohon keridhoan do'a restunya agar selalu diberi kemudahan dan petunjuk jalan yang lurus dalam meniti kehidupan ini.

Untuk Sahabat-sahabatku semua angkatan (terutama angkatan 2001) tercinta, atas bantuan, perhatian, serta motivasi yang telah diberikan. Semoga teman-teman mendapatkan yang terbaik dalam kehidupan ini. Sekali berjabat selamanya tetap akan bersahabat, meskipun kan jarang bertemu, tetapi hati akan tetap satu, persahabatan tidak akan terbatas oleh ruang dan waktu.

Jayalah selalu FISIKAKU, aku takkan pernah melupakanmu.

I love you all my friends.....

Machrus