

Skripsi Geofisika

**APLIKASI METODE POLARISASI TERINDUKSI (IP) DAN
RESISTIVITAS UNTUK ZONA MINERALISASI TIMAH DI AREA
BANGKA BARAT**

WAHYUDIN

H221 13 312



**PROGRAM STUDI GEOFISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2017

**APLIKASI METODE POLARISASI TERINDUKSI (IP) DAN
RESISTIVITAS UNTUK ZONA MINERALISASI TIMAH DI AREA
BANGKA BARAT**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai Tugas Akhir untuk Memenuhi Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Sains (S.Si) Pada Program Studi Geofisika Fakultas Matematika dan
Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin*

UNIVERSITAS HASANUDDIN

OLEH :

WAHYUDIN

H221 13 312

PROGRAM STUDI GEOFISIKA

DEPARTEMEN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2017

LEMBAR PENGESAHAN

**“APLIKASI METODE POLARISASI TERINDUKSI (IP) DAN
RESISTIVITAS UNTUK ZONA MINERALISASI TIMAH DI AREA
BANGKA BARAT”**



Pembimbing Utama

Dr. Lantu, M.Eng.Sc, DESS
NIP : 19540717 197901 1 001

Pembimbing Pertama

Syamsuddin, S.Si, MT
NIP : 19740115 200212 1 001

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini merupakan karya orisinal saya dan saya tidak memuat bahan yang sudah dipublikasi atau ditulis oleh orang lain dalam rangka tugas akhir saya untuk memperoleh gelar akademik di Universitas Hasanuddin atau lembaga pendidikan lainnya dimanapun, kecuali bagian yang telah dikutip sesuai dengan kaidah yang berlaku. Saya juga menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil karya saya sendiri dan dalam batas tertentu dibantu oleh pihak pembimbing

Penulis

WAHYUDIN

SARI BACAAN

Penggunaan timah diberbagai sektor industri di dunia semakin meningkat, sehingga mengakibatkan nilai ekonomisnya semakin tinggi. Potensi timah di Indonesia salah satunya berada di pulau bangka sebagai pengendapan akhir jalur timah asia tenggara oleh karenanya, pulau bangka membawa pengaruh besar terhadap perkembangan timah serta peningkatan perekonomian di Indonesia. Metode geolistrik ialah salah satu metode geofisika yang melalui metode polarisasi terinduksi (*IP*) sangat baik dalam mengidentifikasi zona persebaran mineral sulfida salah satunya timah. Adanya data resistivitas sangat membantu dalam menentukan keberadaan batuan pembawa mineral timah primer, sehingga pada penelitian kali ini digunakan data resistivitas untuk mengidentifikasi keberadaan batuan pembawa timah primer tersebut di area bukit senggiri bangka barat. Berdasarkan hasil dari penampang inversi chargebilitas dan resistivitas menghasilkan rentang respon nilai yaitu (-100 msec – 400 msec) dan ($1\Omega\text{m}$ - $10000\Omega\text{m}$). Zona prospek mineral timah primer pada area penelitian berada pada zona cahrgebilitas tinggi (>120 msec) yang ter-iriskan dengan zona resistivitas tinggi ($>1600 \Omega\text{m}$). Respon tersebut berada disetiap lintasan, yang mana zona struktur merupakan zona pengontrol mineralisasi, oleh karena keberadaan intrusi batuan beku dan kuarsa yang berasosiasi dengan mineral sulfide utamanya mineral timah itu sendiri.

Kata Kunci : *Timah, Chargebilitas, Resistivitas*

ABSTRACT

The use of tin in various industrial sectors in the world is so increasing, resulting in higher economic value. The potential of tin in Indonesia is one of them is located in the Bangka island as the final deposition of the Southeast Asian tin belt, so that the Bangka Island brings a great influence on the development of tin and the improvement of the economy in Indonesia. The geo-electric method is one of the geophysical methods through which the induced polarization method (IP) is very good to identifying the zone spreading sulphide mineral of one tin. The presence of resistivity data is very helpful in determining the presence of primary tin mineral carrier rocks, so in this study used resistivity data to identify the presence of primary tin rocks in the area of Hills Senggiri Western of Bangka. Based on the results from the cross-section of the inversion chargeability and resistivity produce response ranges of values (-100 msec - 400 msec) and ($1\Omega\text{m}$ - $10000\Omega\text{m}$). The primary tin mineral lead prospect zone in the study area is in the high chargeability zone (> 120 msec) irradiated with high resistivity zone ($> 1600 \Omega\text{m}$). Responses are in each of the line, in which of the structure zone is a zone of mineralization control, due to the presence of frozen and quartz rock intrusions associated with the primary tin sulfide minerals themselves.

Key Word : *Tin, Chargeability, Resistivity*

KATA PENGANTAR



Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayahnyalah sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Skripsi dengan judul “**APLIKASI METODE POLARISASI TERINDUKSI (IP) DAN RESISTIVITAS UNTUK ZONA MINERALISASI TIMAH DI AREA BANGKA BARAT**”, ini dengan baik. Tidak lupa pula shalawat dan salam atas junjungan Nabi Muhammad SAW karena berkat beliau penulis dapat merasakan nikmat Islam sebagai agama yang diridhoi oleh Allah SWT.

Terkhusus kepada kedua orang tua tercinta, **Ayahanda H. Mustari Nanrang** dan **Ibunda Tercinta Saida N.** yang tak henti-hentinya mendoakan serta mendukung baik dalam hal moril maupun materi. **Nur Ita** dan **Nur Wahyu Numrah.** Serta **Desi Nirmalasari** yang selalu membanggakan penulis. Terima kasih untuk dukungan dan semangatnya, semoga rahmat, ridho dan hidayah Allah SWT selalu tercurahkan untuk kita semua. Aamiin.

Sekiranya dalam penyelesaian skripsi ini, ada pihak-pihak yang telah membantu penulis sehingga dapat berjalan dengan baik. Maka dari itu, ucapan terima kasih patut penulis berikan kepada :

1. Bapak **Dr. Muh. Altin Massinai, MT.Surv** selaku Ketua Program Studi Geofisika.
2. **Bapak Dr. H. Arifin, MT** selaku Ketua Departemen Fisika, FMIPA Unhas.

3. **Bapak Dr. Lantu, M.Eng.Sc, DESS** selaku pembimbing utama dan **Bapak Syamsuddin, S.Si, MT** selaku pembimbing pertama, terima kasih telah banyak memberikan kritikan dan saran serta ilmunya selama membimbing penulis saat menempuh pendidikan di Universitas Hasanuddin serta dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. **Bapak Chindra dan Bapak Dayat** selaku pembimbing di **PT. TIMAH (Persero) Tbk.** yang telah banyak membantu penulis mulai dari Kerja Praktek hingga membantu menyelesaikan penelitian dalam skripsi ini.
5. **Bapak Drs. Hasanuddin, M.Si., Bapak Dr. Muh. Hamzah, S.Si, M.Si., dan Bapak Sabrianto Aswad, S.Si, MT.,** selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun.
6. Segenap Keluarga Dosen Departemen Fisika dan program Studi Geofisika, Fakultas MIPA, Univeritas Hasanuddin yang telah mendidik dan membagikan ilmunya selama penulis menempuh pendidikan di Universitas Hasanuddin.
7. 88 orang saudara seperjuangan selama menempuh pendidikan di Universitas Hasanuddin, **“ANGKER013”**
8. Keluarga besar Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI) Universitas Hasanuddin.
9. Keluarga besar Kelompok Studi Geofisika (KSGF) Universitas Hasanuddin.
10. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan pendidikan di Universitas Hasanuddin.

Berhubung karena skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, maka kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan penulis. Akhir kata, semoga penelitian dalam skripsi ini dapat bermanfaat baik bagi penulis maupun pihak lain yang membutuhkan.

Makassar, November 2017

WAHYUDIN

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN.....	iii
SARI BACAAN.....	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Ruang Lingkup Penelitian	2
I.3 Tujuan Penelitian	2
BAB II TINAUAN PUSTAKA	3
II.1 Tinjauan Geologi	3
II.1.1 Struktur Geologi Daerah Penelitian	3
II.1.2 Statigrafi Daerah Penelitian	5
II.1.3 Geomorfologi Daerah Penelitian.....	8

II.1.4	Proses Hidrotermal.....	9
II.1.5	Alterasi	9
II.1.6	Timah	11
II.1.7	Proses Terbentuknya Timah Primer.....	12
II.2	Tinjauan Geofisika	13
II.2.1	Metode Geolistrik dan Sifat Kelistrikan Batuan .	13
II.2.2	Prinsip Dasar Metode Resistivitas	14
II.2.3	Potensial pada Bumi Homogen Isotropis.....	17
II.2.4	Potensial Elektroda Arus Tunggal pada Permukaan Medium Isotropis	18
II.2.5	Metode Polarisasi Terinduksi (IP)	19
II.5.1	Sumber Polarisasi	20
II.5.2	Pengukuran Respon IP	24
II.6	Konfigurasi Dipole-dipole.....	28
II.7	Hubungan antara Geologi dan Respon Resistivitas maupun Chargeabilitas.....	30
II.8	Teori Dasar Inversi	31
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN.....	37
III.1	Area dan Data Penelitian	37
III.2	Peralatan	38
III.3	Metode Penelitian	38
III.4	Interpretasi.....	40
III.5	Bagan	41

BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	42
IV.1	Hasil	42
IV.2	Hasil dan Pembahasan Analisis IP	43
IV.2.1	Lintasan A Bukit Sanggiri.....	44
IV.2.2	Lintasan B Bukit Sanggiri.....	46
IV.2.3	Lintasan C Bukit Sanggiri.....	48
IV.2.4	Lintasan D1 Bukit Sanggiri.....	50
IV.2.5	Lintasan D2 Bukit Sanggiri.....	52
IV.2.6	Lintasan E Bukit Sanggiri	54
IV.2.7	Lintasan F Bukit Sanggiri	56
IV.2.8	Lintasan G Bukit Sanggiri.....	58
BAB V	KESIMPULAN.....	64
V.1	Kesimpulan.....	64
V.2	Saran	64
	DAFTAR PUSTAKA	65
	DAFTAR LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Peta struktur geologi daerah penelitian	5
Gambar 2.2	Peta Geologi Regional Bangka Barat	7
Gambar 2.3	Peta alterasi daerah penelitian	10
Gambar 2.4	Mineral Cassiterit pada batuan	12
Gambar 2.5	Ganesa pembentukan mineral.....	13
Gambar 2.6	Arus yang dialirkan dalam material berbentuk selinder.....	15
Gambar 2.7	Sumber Arus unggal di permukaan medium homogen Isotropis	19
Gambar 2.8	Pergerakan ion pada pori batuan	21
Gambar 2.9	Gerakan ion-ion pada pori-pori batuan.....	22
Gambar 2.10	Proses terjadinya polarisasi membran pada pori-pori batuan	23
Gambar 2.11	Nilai $V(t)$ dan $V(c)$ yang ditunjukkan dalam grafik. (a) ilustrasi dari keadaan arus pada saat pengukuran. (b) ilustrasi dari potensial yang terukur ketika arus dialirkan dan dihentikan. (c dan d) kenampakan kurva peluruhan dari arus setelah dihentikan terhadap waktu	27
Gambar 2.12	Fenomena induksi polarisasi	28
Gambar 2.13	Konfigurasi elektroda dipole-dipole.....	29
Gambar 3.1	Peta lokasi penelitian	37
Gambar 3.2	Kelengkapan instrumen Supersting Multi Channel R8/IP ..	38
Gambar 3.3	Bagan Alir Penelitian.....	41
Gambar 4.1	Skema lintasan pengukuran	42

Gambar 4.2	Penampang Resistivitas dan Chargebilitas Lintasan A	44
Gambar 4.3	Overlay Penampang resistivitas dan Chargebilitas Lintasan A	45
Gambar 4.4	Penampang Resistivitas dan Chargebilitas Lintasan B.....	46
Gambar 4.5	Overlay Penampang resistivitas dan Chargebilitas Lintasan B	47
Gambar 4.6	Penampang Resistivitas dan Chargebilitas Lintasan C.....	48
Gambar 4.7	Overlay Penampang resistivitas dan Chargebilitas Lintasan C	49
Gambar 4.8	Penampang Resistivitas dan Chargebilitas Lintasan D1	50
Gambar 4.9	Overlay Penampang resistivitas dan Chargebilitas Lintasan D1	51
Gambar 4.10	Penampang Resistivitas dan Chargebilitas Lintasan D2	52
Gambar 4.11	Overlay Penampang resistivitas dan Chargebilitas Lintasan D2	53
Gambar 4.12	Penampang Resistivitas dan Chargebilitas Lintasan E.....	54
Gambar 4.13	Overlay Penampang resistivitas dan Chargebilitas Lintasan E	55
Gambar 4.14	Penampang Resistivitas dan Chargebilitas Lintasan F.....	56
Gambar 4.15	Overlay Penampang resistivitas dan Chargebilitas Lintasan F	57
Gambar 4.16	Penampang Resistivitas dan Chargebilitas Lintasan G	58
Gambar 4.17	Overlay Penampang resistivitas dan Chargebilitas Lintasan G	59
Gambar 4.18	Penampang 3D <i>Overlay</i> data resistivitas dan data chargebilitas area penelitian pada kedalaman 100 meter, 50 meter, 0 meter, -50 meter dan -100 meter dari permukaan.....	60
Gambar 4.19	Penampang 3D resistivitas dan chargebilitas area penelitian	61
Gambar 4.20	Penampang 3D <i>Overlay</i> data resistivitas dan data chargebilitas area penelitian.....	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Stratigrafi Bangka Barat.....	8
Tabel 2.2	Nilai Resistivitas dan Chargeabilitas Batuan dan Mineral	30

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 Penurunan rumus potensial listrik pada bumi

LAMPIRAN 2 Konfigurasi Diple - Dipole

LAMPIRAN 3 Hasil Inversi Res2Dinv

LAMPIRAN 4 Hasil Pemodelan 3D

LAMPIRAN 5 Data Geologi

LAMPIRAN 6 Peta Lokasi Penelitian

LAMPIRAN 7 Peta Geologi Lokasi Penelitian

لَا حَوْلَ وَلَا قُوَّةَ إِلَّا بِاللَّهِ

“Tiada daya dan tiada kekuatan melainkan dengan izin Allah yang Maha Tinggi lagi Maha Agung”.

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Timah di Indonesia masih menjadi komoditas tambang penghasil devisa yang cukup besar bagi negara. Hal tersebut dikarenakan penggunaan timah diberbagai sektor industri di dunia semakin meningkat yang mengakibatkan nilai ekonomisnya yang cukup tinggi dan membawa pengaruh terhadap perkembangan timah di Indonesia. Potensi besar tersebut ditemukan salah satunya di pulau Bangka yang saat ini mengembangkan eksplorasi timah primer.

Endapan timah primer merupakan endapan timah yang biasanya berkaitan dengan intrusi batuan beku granit dan terbentuk dalam sistem endapan greisen. Greisen merupakan istilah yang didefinisikan sebagai suatu agregat granoblastik kuarsa dan muscovit (atau lepidolit) dengan mineral pengikutnya ialah topaz, tourmalin dan fluorite yang dibentuk oleh post-magmatik alterasi metasomatik dari granit (Stemprok, 2011).

Eksplorasi mineral timah terdiri dari beberapa tahap diantaranya metode geofisika, metode geologi dan metode eksplorasi pengeboran. Tahap bor eksplorasi ini ialah tahap akhir dari eksplorasi timah namun untuk memastikan area pengeboran yang prospek dibutuhkan data geofisika dan data geologi eksplorasi yang detail.

Ada beberapa metode geofisika untuk memetakan bawah permukaan. Namun yang paling tepat ialah metode polarisasi terinduksi (*IP*) dikarenakan keakuratannya

dalam memetakan persebaran mineralisasi dibawah permukaan jika metode tahanan jenis (Resistivitas) tidak memberikan kontras yang memadai.

Dari nilai chargeabilitas dan ditambah data penunjang seperti data resistivitas maupun geologi, diharapkan mampu memberikan pola penyebaran endapan mineral timah di daerah penelitian, yang nantinya dapat memberikan informasi keberadaan zona mineralisasi yang baru sehingga kelangsungan produksi perusahaan dapat terus berlanjut.

I.2 Ruang Lingkup

Penelitian ini dibatasi pada akuisisi dan analisis data Polarisasi terinduksi (*IP*) untuk identifikasi zona mineralisasi timah primer yang ada di daerah Bukit Senggiri kepulauan Bangka Barat. Akuisisi *IP* menggunakan alat multichannel *Supersting R8/IP* dengan konfigurasi dipole-dipole.

I.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi keberadaan mineralisasi berdasarkan penampang 2D data polarisasi terinduksi (*IP*).
2. Memetakan zona prospek mineralisasi timah pada area penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Tinjauan Geologi

II.1.1 Struktur Geologi Daerah Penelitian

Menurut Hutchison (2007), rekonstruksi tektonik regional Pra-tersier Asia Tenggara dibagi menjadi tiga mintakat yaitu: mintakat sumatera barat (cathaysia), sinoburmalaya (gondwana) dan malaya timur (cataysia). Pulau bangka termasuk ke dalam mintakat malaya timur yang ditandai oleh keberadaan batu gamping fusulinid perm bawah serta batu gunung api perm akhir.

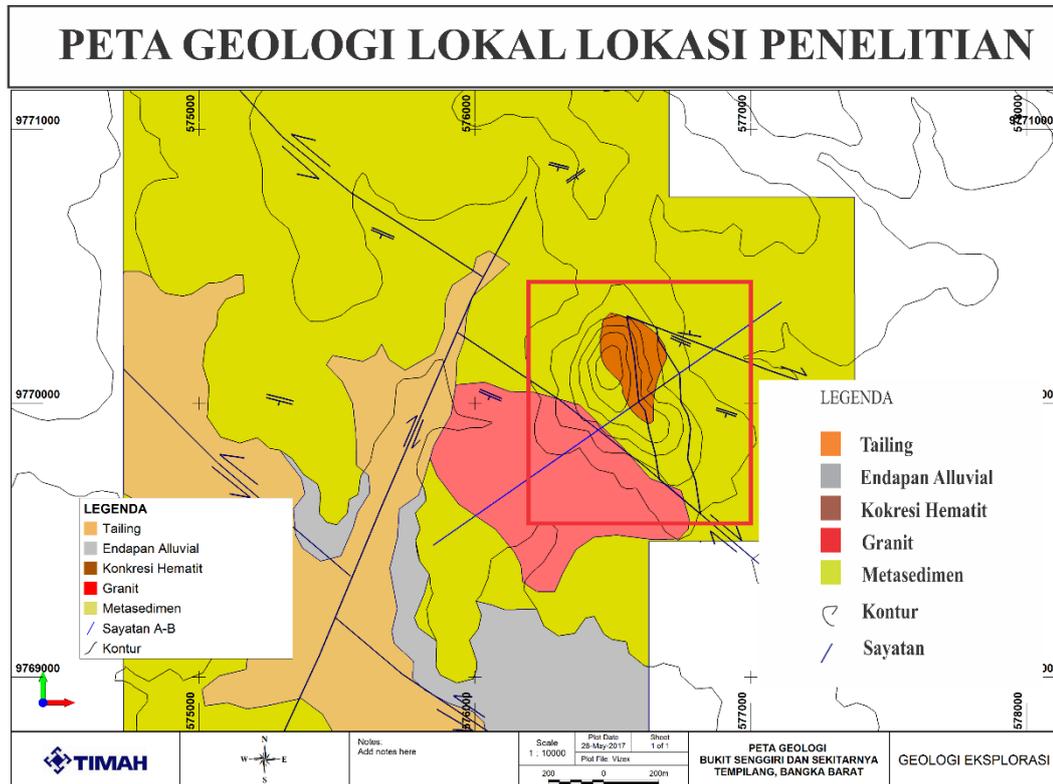
Pulau bangka terdiri dari batuan metasedimen berumur trias atas, dengan pelamparan dari utara sampai selatan dan diterobos oleh batuan granit berumur post trias (Djumhana, 1995). Menurut Gafoer (1992), tatanan geologi regional pulau bangka merupakan bagian luar cekungan busur belakang sumatera dan termasuk kedalam kerak benua.

Sebaran timah di Pulau Bangka merupakan kelanjutan dari *Tin Mayor South East Asian Tin Belt* yang membentang dari Birma, Thailand, Malaysia hingga di Indonesia. Sabuk timah tersebut diperkirakan berumur Trias dan didominasi oleh Granit (Tania, 2009). Sedangkan menurut Bemmelen (1949), Pulau Bangka merupakan bagian dari Paparan Sunda (Sunda Shelf), yaitu bagian dari Blok Indochina.

Rahman (2016), menjelaskan bahwa adanya pertemuan antara blok-blok mikrokontinen (Sibumasu-Indochina) menghasilkan batas-batas pertemuan lempeng yang letaknya berada di Pulau Bangka. Pulau Bangka berada di daerah pertemuan antara Blok Sibumasu dengan bagian selatan Blok Indochina (*East Malaya*). Pertemuan antara beberapa mikrokontinen pembentuk Pulau Bangka dibatasi oleh Blok *West Sumatra* pada bagian selatan dan barat, Blok *Southwest Borneo* pada bagian timur, dan *East Malaya* di bagian utara.

Pertemuan beberapa mikrokontinen membentuk struktur yang kompleks di Pulau Bangka. Katili (1980), menyatakan bahwa struktur seperti patahan dan rekahan yang berkembang di Pulau Bangka pada umumnya memiliki tiga arah utama yang dominan, yaitu arah utara-selatan, arah baratdaya-timurlaut, dan arah baratlaut-tenggara seperti pada Gambar 2.1. Sehingga struktur yang berkembang di Pulau Bangka berupa sesar-sesar naik dengan arah dominan barat-timur yang terpotong oleh sesar-sesar geser dengan arah orientasi utara-selatan.

Keberagaman orientasi struktur pada daerah penelitian dipengaruhi oleh fase-fase tektonik yang memerlukan analisis lebih lanjut mengenai struktur geologi pada lokasi terbentuknya alterasi dan mineralisasi, agar dapat diidentifikasi celah atau rekahannya sebagai tempat keluarnya fluida hidrotermal magmatik dari suatu tubuh intrusi.



Gambar 2.1 Peta struktur geologi daerah penelitian (Anton, 2017)

II.1.2 Stratigrafi Daerah Penelitian

Stratigrafi regional pulau Bangka menurut Mangga dan Jamal (1994), dari tua ke muda tersusun oleh Komplek Pemali (CPp), Diabas Penyabung (PTrd), Formasi Tanjung genting (Trt), Granit Klabat (TrJkg), Formasi Ranggung (TQR), dan Alluvium (Qa), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2 dan Tabel 2.1, dimana setiap susunan (formasi) dijelaskan sebagai berikut:

1. Komplek Pemali (CPp)

Komplek Pemali (CPp) tersusun oleh filit dan sekis dengan sisipan kuarsit dan lensa batugamping. batumannya Terkekarkan, terlipat, dan tersesarkan. Komplek ini berumur Perm dan diterobos oleh Granit Klabat.

2. Diabas Penyabung (PTrd)

Diabas Penyabung (PTrd) didominasi oleh satuan diabas, yang telah terkekarkan dan tersesarkan, diterobos oleh granit klabat (TrJkg) dan menerobos Komplek Malihan Pemali (CPp). Umur diperkirakan Permian.

3. Formasi Tanjung genting (Trt)

Formasi Tanjung Genting (Trt) Terdiri dari perselingan batupasir malihan, batupasir, batupasir lempungan dan batulempung dengan lensa batugamping, terdapat oksida besi. terkekarkan dan tersesarkan, tebalnya 250 sampai 1.250 m. di dalam batugamping terdapat fosil *Entrochus* sp, dan *Encrinurus* sp, fosil ini menunjukkan umur Trias, lingkungan pengendapan diperkirakan laut dangkal.

4. Granit Klabat (TrJkg)

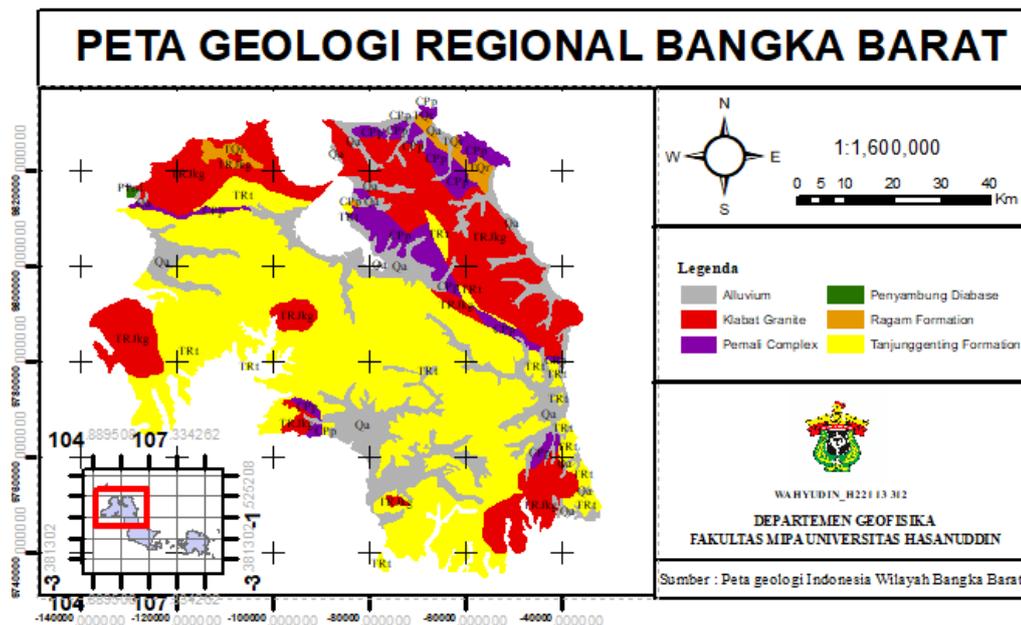
Granit Klabat (TrJkg) merupakan formasi yang tersusun oleh granit, granodiorit, adamelit, diorit dan diorit kuarsa, dapat dijumpai retas aplit dan pegmatid. Terkekarkan dan tersesarkan, serta menerobos kelompok Pemali (CPp) dan diabas penyabung (PTRd). Granit diperkirakan berumur Trias Akhir-Jura.

5. Formasi Ranggam (TQr)

Formasi Ranggam (TQr) merupakan perselingan batu pasir, batu lempung dan batulempung tufan dengan sisipan tipis, batulanau dan bahan organik, berlapis baik, struktur sedimen berupa perarian sejajar dan pelapisan silang siur. Tebal 150 m, fosil yang dijumpai antara lain molusca Amonia sp. Formasi ini berumur Miosen Akhir.

6. Aluvium

Aluvium (Qa) berupa bongkah, krakal, krikil, pasir, lempung dan gambut serta tersebar mengikuti aliran sungai di sepanjang lembah maupun pantai. Satuan ini berumur Quarter.



Gambar 2.2 Peta Geologi Regional Bangka Barat (Mangga dan Jamal, 1994)

Tabel 2.1 Stratigrafi Bangka Barat

Era	Jaman	Kala	Batuan Sedimen	Batuan Malihan	Batuan Beku	Keterangan	
K E N O Z O I K U M	K U A R T E R	Holosen	Qa			Aluvium Tersusun oleh material lepas berukuran bongkah, kerakal, kerikil, pasir, lempung serta gambut.	
		Plistosen					
	T E R S I E R	Psiosen	TQr				Formasi Ranggalang Satuan ini tersusun oleh perselingan batupasir, batulempung, batulempung tufan dengan sisipan tipis batulanau dan bahan organik.
		Miosen					
		Oligosen					
		Eosen					
		Paleosen					
M E S O Z O I K U M	KAPUR						
	YURA						
	TRIAS		Trt			Granit Klabat Tersusun oleh granit, granodiorit, adamelit, diorit dan diorit kuaarsa.	
	PEREM				TrJkg	Tanjung Genting Terdiri dari perselingan batupasir malihan, batupasir, batupasir lempungan dan batulempung dengan lensa batugamping, serta terdapat oksida besi.	
					PTrd	Diabas Penyabung Didominasi oleh satuan diabas..	
P A L E O Z O I K U M	KARBON			CPp		Komplek Pemali Tersusun oleh filit, sekis dengan sisipan kuarsit dan lensa batugamping.	

Sumber : (Ngadenin dkk, 2014)

II.1.3 Geomorfologi Daerah Penelitian

Schwartz (1995), Jalur di Indonesia mengarah dari utara ke selatan yaitu dari Pulau Karimun, Pulau Kundur, Pulau Singkep, Pulau Bangka, Bangkinang (Sumatera bagian tengah) serta terdapat tanda-tanda di Kepulauan Anambas, Natuna, dan Karimata.

Mengacu pada peta geologi regional di wilayah Bangka Barat terdapat batuan beku asam, batu pasir dan endapan aluvium. Batuan beku asam diwakili oleh kelompok granit Klabat yang merupakan granit tipe S (Mallick, 1992), sedangkan batu pasir

diwakili oleh Formasi Ranggam. Berdasarkan data geologi tersebut maka Bangka Barat dianggap wilayah potensial terdapat area mineralisasi.

II.1.4 Proses Hidrotermal

Pirajno (2009), Proses hidrotermal dapat diartikan sebagai sistem yang memiliki dua komponen utama yaitu sumber panas dan fase fluida. Sistem tersebut merupakan sirkulasi fluida panas (50°C hingga 500°C), secara lateral dan vertikal pada temperatur dan tekanan yang bervariasi di bawah permukaan bumi. Sirkulasi fluida hidrotermal menyebabkan himpunan mineral yang sesuai dengan kondisi yang baru dikenal sebagai alterasi (ubahan) hidrotermal, dan dapat menyebabkan terbentuknya endapan bijih. Endapan bijih hidrotermal terbentuk karena sirkulasi fluida hidrotermal yang melelehkan, memindah, dan mengendapkan mineral-mineral baru sebagai respon terhadap perubahan fisik maupun kimiawi. Interaksi antara fluida hidrotermal dengan batuan yang dilewatinya atau disebut batuan dinding akan menyebabkan terubahnya mineral-mineral primer menjadi mineral ubahan.

II.1.5 Alterasi

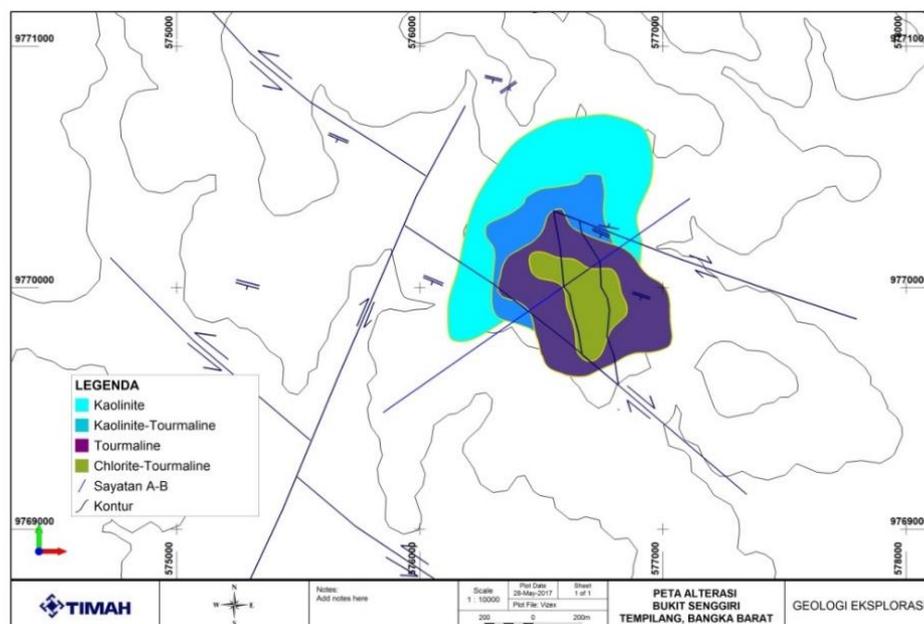
Burleigh (1991), Alterasi merupakan perubahan mineralogi, tekstur, maupun komposisi kimia batuan hasil interaksi fluida hidrotermal dengan batuan yang dilewatinya pada kondisi fisika dan kimia tertentu. Fluida hidrotermal merupakan larutan sisa hasil pendinginan magma dengan suhu berkisar $100\text{-}500^{\circ}\text{C}$ yang dapat mengubah atau membentuk mineral-mineral baru serta mengubah tekstur dan

komposisi batuan, terutama pada batuan yang memiliki porositas dan permeabilitas tinggi, atau pada zona lemah yang diakibatkan oleh struktur geologi.

Tipe alterasi pada batuan dapat berbeda-beda tergantung hasil interaksi yang menyebabkan reaksi kimia antara fluida hidrotermal dengan senyawa pada batuan yang dilewatinya, serta faktor suhu dan tekanan. Adanya kenampakan alterasi pada permukaan dapat dijadikan manifestasi adanya keterdapatan endapan bijih timah di bawah permukaan.

Endapan bijih timah, jenis alterasi yang terbentuk berasal dari fluida hidrotermal hasil intrusi batuan granitoid. Taylor (1979), membagi tipe-tipe alterasi yang digunakan dalam konsep endapan timah primer berdasarkan dominasi mineral yang berkembang, alterasi tersebut dibagi menjadi tipe serisitisasi, kloritisasi, turmalinisasi, silisifikasi, argilisasi, feldspatisasi, muskovitisasi, dan greisenisasi.

Peta Alterasi daerah penelitian seperti pada Gambar 2.3 di bawah.



Gambar 2.3 Peta alterasi daerah penelitian (Anton, 2017)

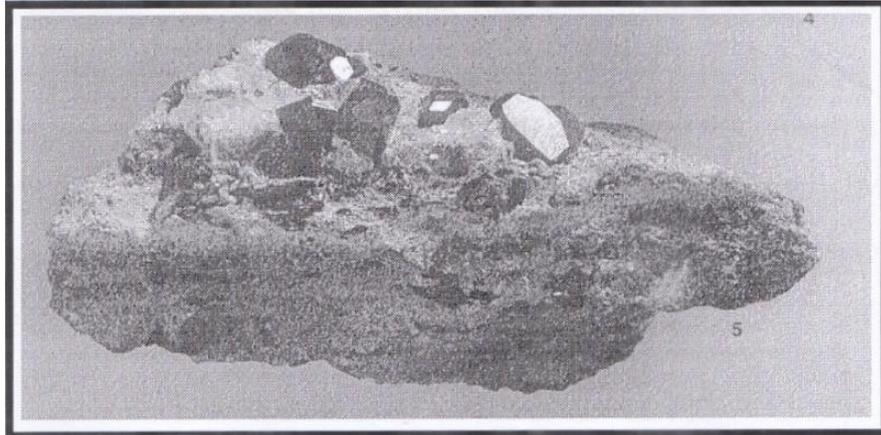
Ariesandra (2015), Zona-zona alterasi terhadap nilai resistivitas dan induksi polarisasi diantaranya:

1. Zona Alterasi argilik secara umum memiliki ciri – ciri resistivitas rendah – sedang yang disebabkan oleh adanya mineral lempung berasosiasi dengan IP sedang – tinggi
2. Zona Alterasi silisifikasi secara umum memiliki ciri – ciri resistivitas sedang – tinggi karena kekompakan batuan dan mineral silika berasosiasi dengan IP yang sedang – tinggi

II.1.6 Timah

Pratama (2016), Timah adalah logam berwarna putih keperakan dengan kekerasan dan kekuatan (*strength*) yang rendah, serta mempunyai sifat-sifat konduktivitas panas dan listrik yang tinggi. Dalam keadaan normal ($13^0 - 60^0\text{C}$) logam ini mempunyai sifat mengkilap dan sangat mudah dibentuk serta mempunyai berat jenis $7,3 \text{ g/cm}^3$. Jika dipanaskan di atas temperatur tersebut, sifatnya akan menjadi sangat rapuh dan mudah berubah menjadi serbuk halus.

Mineral-mineral yang terkandung di dalam bijih timah pada umumnya terdiri dari mineral utama, yaitu *kasiterit* (SnO_2) dan mineral-mineral ikutan lainnya seperti *pirit*, *kuarsa*, *zircon*, *ilmenit*, *plumbum*, *bismuth*, *arsenic*, *stibnite*, *calcopirite*, *xenotite* dan *monazite*. Seperti ditunjukkan pada Gambar 2.4.



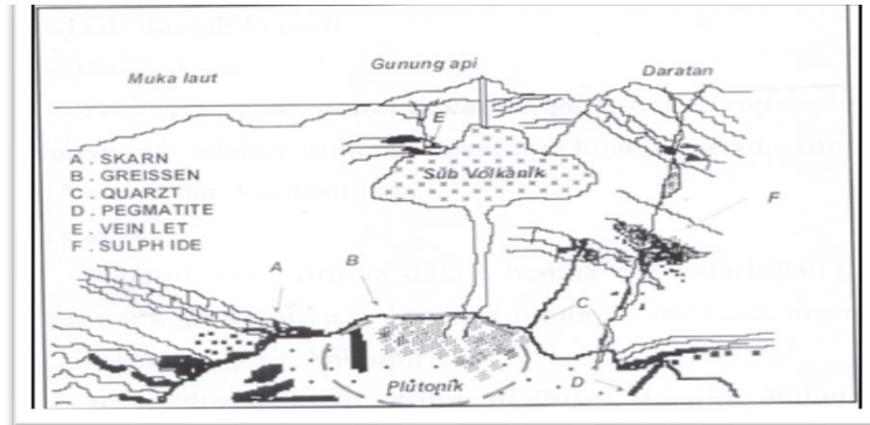
Gambar 2.4 Mineral Cassiterit pada batuan (Pratama.2016)

Haryadi (2008), Mineral kasiterit (SnO_2) di jalur timah Asia termasuk Indonesia, terbentuk pada batuan granit berumur Trias Akhir-Jura. Batuan granit merupakan batuan beku intrusiv asam, yang penyebarannya memanjang sepanjang jalur magmatik yang kini disebut zona jalur timah, dengan demikian zona jalur timah merupakan daerah yang sangat potensial terdapat batuan-batuan intrusiv granit, baik yang tersingkap di permukaan maupun yang tidak. Endapan Timah dapat kita temukan sebagai endapan Primer maupun endapan Sekunder. Endapan Primer, biasa kita jumpai dalam bentuk *greissen* dan *vein*, sedangkan endapan sekunder yang sering disebut endapan plaser, biasa kita jumpai sebagai endapan *eluvial*, *coluvial*, *alluvial*, *fluvial* dan endapan transisi.

II.1.7 Proses Terbentuknya Timah Primer

Proses terbentuknya timah primer adalah batuan granit yang berasosiasi dengan magma asam dan menembus lapisan sedimen (intrusi granit). Pada tahap akhir kegiatan intrusi, terjadi peningkatan konsentrasi elemen di bagian atas, baik dalam bentuk gas maupun cair, yang akan bergerak melalui pori-pori atau retakan.

Saat tekanan dan temperatur berubah, maka terjadilah proses kristalisasi yang akan membentuk deposit dan batuan samping. Mineralisasi terdapat pada daerah kontak dan puncak granit berupa, *skarn*, *greissen* dan *vein*. Seperti ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Ganesa pembentukan mineral (Pratama, 2016).

II.2 Tinjauan Geofisika

Metode geolistrik merupakan salah satu metode Geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi dan cara untuk mendeteksi aliran di permukaan bumi. Hal ini meliputi pengukuran potensial dan pengukuran arus yang terjadi baik secara alamiah maupun akibat injeksi arus kedalam bumi. Tujuan survei geolistrik adalah untuk menentukan distribusi resistivitas bawah permukaan dengan cara membuat pengukuran di permukaan tanah (Rozaq, dkk., 2005).

II.2.1 Metode Geolistrik dan Sifat Kelistrikan Batuan

Geolistrik adalah salah satu metode geofisika yang memanfaatkan kelistrikan bumi untuk menyelidiki susunan material yang ada di bawah permukaan bumi. Metode ini dilakukan melalui pengukuran beda potensial yang ditimbulkan akibat injeksi

arus listrik ke dalam bumi. Setiap batuan memiliki karakteristik tersendiri tak terkecuali dalam hal sifat kelistrikannya. Salah satu sifat batuan adalah konduktifitas (σ) yang menunjukkan kemampuan bahan tersebut dalam menghantarkan arus listrik. Semakin tinggi nilai konduktifitas suatu bahan maka semakin baik bahan tersebut menghantarkan arus listrik, begitu pula sebaliknya, kebalikan dari sifat konduktifitas batuan adalah resistivitas (tahanan jenis) (Prameswari dkk, 2012).

Berdasarkan harga resistivitas batuan dan mineral dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu:

1. Konduktor Baik : $10^{-1} < \rho < 1 \Omega\text{m}$
2. Konduktor Pertengahan : $1 < \rho < 10^7 \Omega\text{m}$
3. Isolator : $\rho > 10^7 \Omega\text{m}$

II.2.2 Prinsip Dasar Metode Resistivitas

Menurut Hukum Ohm, hubungan antara arus listrik yang mengalir dalam sebuah medium berbanding lurus dengan beda potensial. Secara matematis dituliskan sebagai berikut:

$$V = IR \quad (2.1)$$

Dimana:

V : Beda potensial (Volt)

I : Arus listrik (Ampere)

R : Resistansi (Ohm).

Aliran arus listrik di dalam batuan dan mineral dapat terjadi jika batuan atau mineral mempunyai elektron bebas, arus listrik dialirkan dalam batuan atau mineral oleh elektron-elektron bebas tersebut. Aliran listrik ini juga dipengaruhi oleh sifat atau karakteristik masing-masing batuan yang dilwatinya. Salah satu sifat atau karakteristik batuan tersebut adalah resistivitas. Resistivitas atau biasa disebut juga tahanan jenis (ρ) merupakan parameter yang menunjukkan daya hambat suatu medium dalam mengalirkan arus listrik.

Resistivitas memiliki pengertian yang berbeda dengan resistansi (hambatan), dimana resistansi bergantung pada luas penampang bahan, sedangkan resistivitas bergantung pada jenis bahan atau material. Jika ditinjau sebuah penampang konduktor yang berbentuk silinder (Gambar 2.6) dengan panjang (L), luas penampang (A) adalah (ρ) dan resistansi (R), maka hubungan antara resistansi dan resistivitas diberikan oleh persamaan (Pratama, 2016):

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad \text{atau} \quad \rho = R \frac{A}{L} \quad (2.2)$$

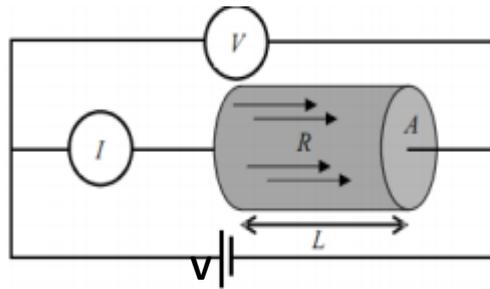
Keterangan:

R :Resistansi (Ohm)

ρ : Resistivitas (Ohm.m)

L :Panjang penampang (m)

A : Luas penampang (m²)



Gambar 2.6 Arus yang dialirkan dalam material berbentuk selinder (Rozaq, dkk., 2005).

Kebalikan dari resistivitas adalah konduktivitas σ , yang dinyatakan dalam mhos/m atau mhos/cm. Dimana :

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{L}{RA} = \left(\frac{I}{V}\right) \left(\frac{L}{A}\right) = J/E \quad (2.3)$$

Dimana :

J = Rapat arus (ampere/m²),

E = Medan Listrik (Volt/m).

Apabila pada medium homogen dialiri arus listrik (I) dengan medan listrik (E), yang melalui suatu elemen luas (dA) dengan rapat arus (J) akan berlaku hubungan :

$$I = J \cdot dA \quad (2.4)$$

Dengan demikian rapat arus (J) disetiap elemen luasan akibat medan listrik (E), akan memenuhi hubungan sebagai berikut :

$$J = \sigma E \quad (2.5)$$

Dengan (E) dalam volts meter dan σ adalah konduktivitas medium dalam siemens per meter (S/m).

Medan listrik adalah gradien dari potensial scalar,

$$E = -\nabla V \quad (2.6)$$

Sehingga kita mendapatkan :

$$J = -\sigma \nabla V \quad (2.7)$$

Apabila arus stasioner dengan koefisien konduktivitas konstan, maka akan diperoleh persamaan Laplace dengan potensial harmonis (Telford dkk, 1990).

II.2.3 Potensial Pada Bumi Homogen Isotropis

Lapisan bumi bersifat homogen isotropis dimana merupakan pendekatan yang sederhana dalam penentuan tahanan jenis lapisan-lapisan batuan bumi, sehingga tahanan jenis ρ dianggap tidak bergantung pada sumbu koordinat dan ρ merupakan fungsi scalar jarak titik pengamatan. Arus tunggal I menyebabkan timbulnya distribusi potensial. Dalam hal ini hukum-hukum fisika dasar yang dapat digunakan adalah terutama Hukum Kekekalan Muatan dan Hukum Ohm. Aliran arus yang mengalir dalam bumi homogen isotropis didasarkan pada Hukum Kekekalan Muatan secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut (Telford dkk, 1990) :

Bila arus stasioner maka persamaan menjadi :

$$\nabla \cdot J = 0 \quad (2.9)$$

Persamaan (2.7) disubstitusikan kedalam persamaan (2.9), sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$\nabla \cdot (-\sigma \nabla V) = 0 \quad (2.10)$$

Untuk medium homogen isotropis ρ konstan, maka σ juga konstan atau $\nabla \sigma = 0$, sehingga diperoleh persamaan Laplace sebagai berikut :

$$\nabla^2 V = 0 \quad (2.11)$$

Persamaan (2.11) ini termasuk persamaan dasar dalam teori penyelidikan geolistrik tahanan jenis. Dengan demikian distribusi potensial listrik untuk arus listrik searah

dalam medium homogen isotropis memenuhi persamaan Laplace (Syamsuddin, 2007).

II.2.4 Potensial Elektroda Arus Tunggal pada Permukaan Medium Isotropis

Pada model bumi yang berbentuk setengah bola homogen isotropis memiliki konduktivitas udara sama dengan nol. Dengan demikian arus I yang dialirkan melalui sebuah elektroda pada titik P di permukaan, akan tersebar ke semua arah dengan besar yang sama (Gambar 2.7). Potensial pada suatu jarak r dari titik P , hanya merupakan fungsi r saja. Persamaan Laplace yang berhubungan dengan kondisi ini dalam system koordinat bola adalah (Telford dkk, 1990) :

$$\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial V}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\sin \theta \frac{\partial V}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{\partial^2 V}{\partial \phi^2} = 0 \quad (2.12)$$

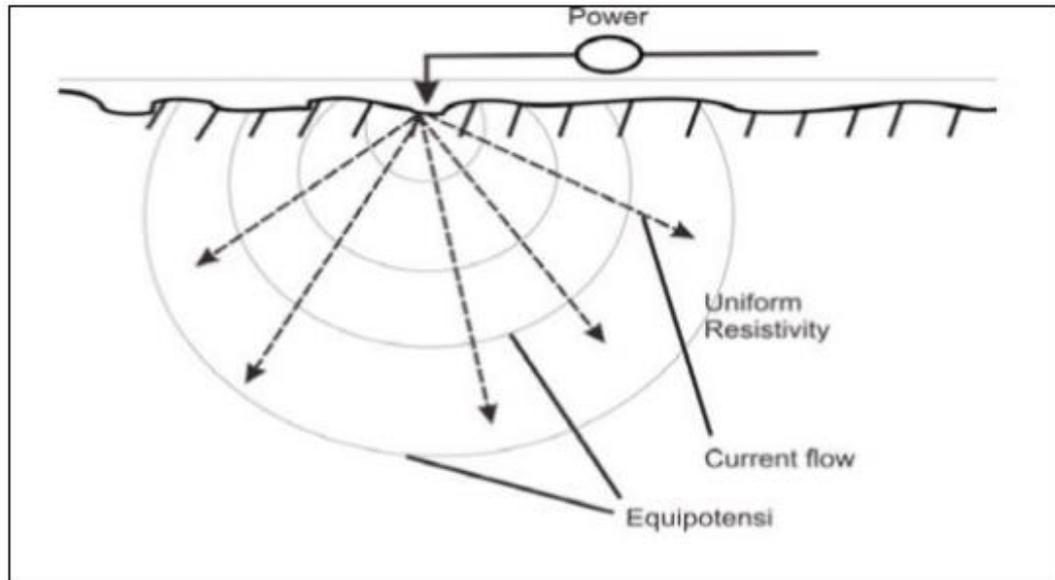
Mengingat arus yang mengalir simetri terhadap arah dan pada arus tunggal, maka persamaan di atas menjadi :

$$\frac{\partial^2 V}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial V}{\partial r} = 0 \quad (2.13)$$

Dengan demikian potensial di setiap titik yang berhubungan dengan sumber arus pada permukaan bumi yang homogen isotropis adalah :

$$V = \frac{1}{r} \frac{\rho}{2\pi} \text{ atau } \rho = 2\pi r \frac{V}{1} \quad (2.14)$$

Penurunan rumus potensial listrik pada bumi terlampir (Lampiran I).



Gambar 2.7 Sumber arus tunggal di permukaan medium homogen isotropis (Telford dkk, 1990)

II.2.3 Metode Polarisasi Terinduksi (*IP*)

Metode polarisasi terinduksi merupakan pengembangan metode geolistrik resistivitas yang memanfaatkan sifat kelistrikan batuan dalam hal ini sifat konduktivitas dan polarisasinya (Telford dkk., 1990). Metode IP selalu dilakukan bersama dengan metode resistivitas. Hal ini dikarenakan pada konfigurasi, pengiriman arus, dan pengukuran beda tegangan keduanya mempunyai kesamaan, sedangkan yang membedakan antara keduanya adalah sumber yang digunakan. Prinsip dasar metode ini yaitu menginjeksikan arus ke dalam bumi melalui elektroda arus kemudian diamati beda potensial dengan elektroda potensial.

Ketika arus listrik dihentikan seharusnya tegangan terukur akan bernilai nol, namun dalam kenyataannya tegangan tidak langsung bernilai nol. Hal ini terjadi karena ada

selang waktu beberapa saat untuk tegangan menuju nol. Kejadian ini yang dinamakan efek polarisasi terinduksi.

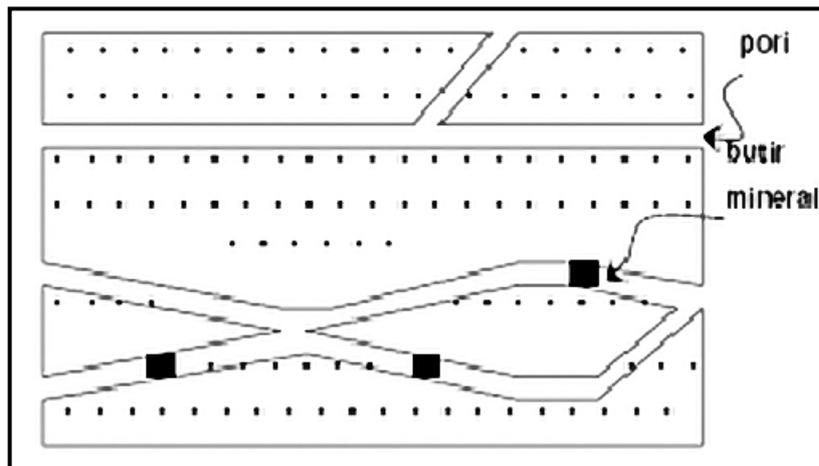
Proses ini terjadi karena medium-medium tertentu akan menyimpan arus listrik atau menganggap bumi sebagai kapasitor. Polarisasi dapat terjadi akibat adanya medium yang mengandung mineral logam. Kelebihan metode IP dibandingkan metode lain yaitu dapat mendeteksi adanya mineral yang letaknya tersebar dan tak teratur (disseminated). Hal ini disebabkan mineral yang tersebar lebih mudah terpolarisasi akibat arus yang melaluinya.

II.2.3.1 Sumber Polarisasi

Penyebab utama polarisasi dihasilkan dari pengaruh beberapa proses fisika dan kimia. Telford dkk. (1990) menyatakan bahwa sumber polarisasi terdiri atas dua macam yaitu polarisasi elektroda dan polarisasi membran.

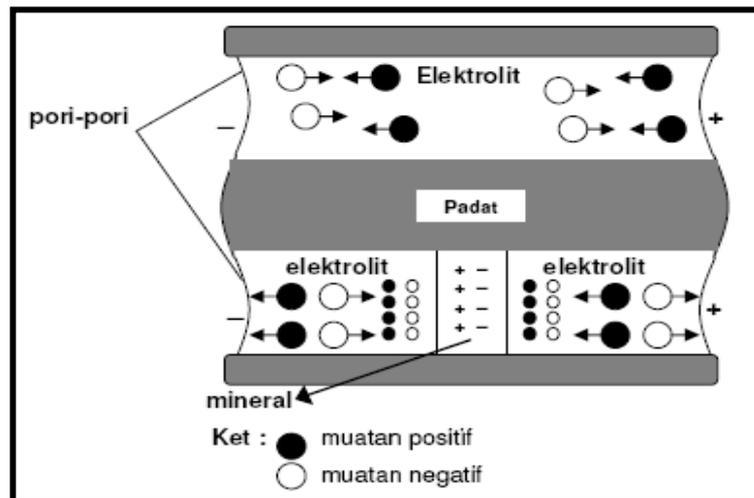
1. Polarisasi Elektroda

Larutan elektrolit yang mengisi pori-pori batuan merupakan media yang baik untuk menghantarkan arus listrik. Keberadaan partikel-partikel mineral yang bersifat logam pada jalur pori-pori batuan mengakibatkan tertahannya aliran arus listrik ketika melalui pori-pori batuan tersebut. (Worodjati, 1999)



Gambar 2.8 Pergerakan ion pada pori batuan (Telford, 1990)

Pada Gambar 2.8 memperlihatkan pergerakan ion-ion pada pori-pori batuan dimana terdapat satu bagian yang tidak terisi oleh butiran mineral logam atau sulfida lainnya, sedangkan pada bagian lainnya pori-pori tersebut terisi oleh butiran. Pada bagian pori-pori yang tidak terisi oleh butiran ion-ion positif dan negatif bergerak menyebar sesuai dengan medan potensial yang mempengaruhinya. Namun pada bagian pori-pori yang terisi butiran, ion-ion positif dan negatif ketika diberi arus listrik maka ion-ion tersebut akan bergerak ke sisi yang berlawanan sesuai dengan medan potensial yang mempengaruhinya, seperti pada Gambar 2.9.



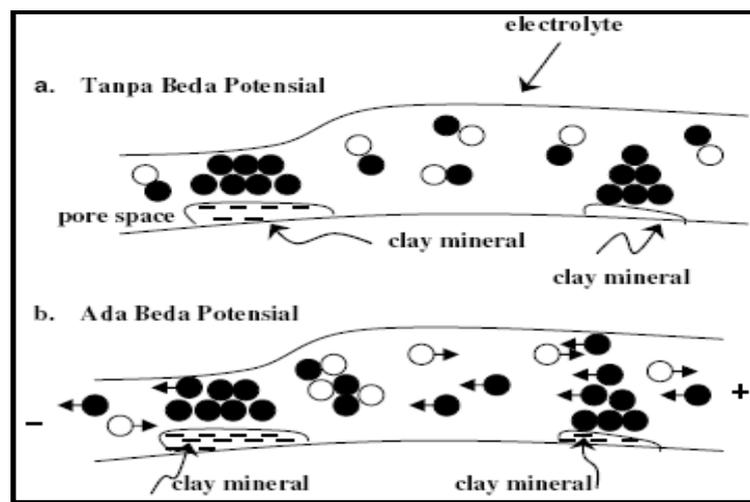
Gambar 2.9 Gerakan ion-ion pada pori-pori batuan (Telford, 1990)

Ketika arus listrik dimatikan maka ion-ion yang berada pada rongga batuan yang terisi oleh butiran akan kembali ke keadaan setimbangnya. Namun proses kembalinya ion-ion ini ke keadaan setimbangnya membutuhkan waktu, inilah yang menyebabkan mengapa ketika diukur beda potensial pada lapisan batuan di bawah permukaan tidak langsung nol namun perlahan-lahan turun hingga mencapai nilai nol.

2. Polarisasi Membran

Fenomena polarisasi membran terjadi sebagai akibat keberadaan partikel lempung di sisi pori-pori batuan. Partikel lempung yang memiliki sifat bermuatan negatif yang besar menyebabkan ion-ion positif yang berasal dari fluida elektrolit tertarik ke arah partikel lempung yang bermuatan negatif. Proses ini menyebabkan munculnya ion positif di sisi pori-pori batuan, sedangkan ion-ion negatif yang berasal dari fluida elektrolit akan menjauh dari posisi partikel lempung. Pembentukan ion positif ini tidak akan terlalu berpengaruh bila tidak diberikan beda

potensial pada batuan tersebut, namun ketika beda potensial diberikan maka muatan elektron yang berasal dari arus listrik yang diinjeksikan ke dalam struktur batuan akan terhambat oleh ion positif ini seperti terlihat pada Gambar 2.10 di bawah. Hal ini disebabkan terhambatnya pergerakan ion-ion yang terdapat di dalam pori-pori batuan. Proses penghambatan inilah yang menjadi konsep dasar dari polarisasi membran dalam pori-pori batuan.(Worodjati, 1999)



Gambar 2.10 Proses terjadinya polarisasi membran pada pori-pori batuan
(Telford,1990)

Akibat terbentuknya ion positif atau yang disebut dengan membran menyebabkan mobilitas dari ion-ion berkurang. Pengurangan mobilisasi ion-ion ini akan sangat besar bila perubahan medan listrik lambat dengan frekuensi yang lebih kecil dari 0.01 Hz, dengan kata lain batuan memiliki impedansi yang lebih besar pada frekuensi rendah. Tetapi berbeda halnya jika frekuensi dari medan listrik yang diberikan besar maka batuan akan memiliki impedansi yang kecil sehingga dianggap tidak terjadi penghambatan mobilitas ion yang berarti.(Worodjati, 1999)

II.2.3.2 Pengukuran Respon IP

1. Pengukuran domain Frekuensi

Untuk mempolarisasikan suatu bahan dengan arus listrik imbas kesuatu tingkat tertentu dibutuhkan waktu tertentu tergantung jenis bahannya. Karena frekuensi berbanding terbalik dengan waktu. Maka perbedaan respon tegangan dengan pemberian arus listrik dengan frekuensi yang berbeda juga mencerminkan sifat polarisasi suatu bahan tertentu. Ini merupakan dasar dalam pengukuran frekuensi. Pengukuran yang biasa digunakan adalah (Percent Frequency Effect (PFE) dan Metal Factor (MF). PFE adalah rasio antara perbedaan voltasi pada frekuensi rendah dan voltasi pada frekuensi tinggi yang diukur dengan voltasi elektroda.

Nilai FE atau PFE adalah reaksi dari adanya mineral yang terkandung dalam pori-pori batuan. Semakin tinggi konsentrasi mineral dalam batuan tersebut, maka semakin besar pula nilai PFE. Sedangkan MF (Metal Factor) adalah jumlah mineral sulfida yang terkandung dalam batuan, dimana jumlahnya bergantung pada nilai FE (Massinai, dkk, 2016). Penelitian ini menggunakan respon pengukuran berdasarkan waktu (Chargeabilitas) seperti yang dijelaskan di bawah.

2. Pengukuran domain waktu

Pengukuran IP dengan domain waktu (*Time Domain*) adalah dengan mengalirkan arus listrik ke dalam tanah. Pada saat arus listrik dihentikan potensial antara kedua elektroda pengukur segera turun ketingkat respon sekunder. Potensial sekunder ini kemudian meluruh dengan waktu. Parameter yang dihitung adalah chargeabilitas.

Pengukuran dalam kawasan waktu terbagi menjadi dua parameter yang dapat dihitung, yaitu:

a. *Induced polarization effect* atau *IP effect* (IP persen (%))

Efek polarisasi yang terjadi di dalam batuan dapat diketahui besarnya dengan cara membandingkan tegangan yang terjadi sesaat setelah arus dimatikan dengan tegangan pada saat arus dialirkan secara stabil. Nilai tegangan yang didapat setelah arus dihentikan sangat kecil sekali apabila dibandingkan dengan tegangan pada saat arus mengalir, maka perhitungan ini dinyatakan dalam millivolt per volt, atau dalam persen (Telford dkk., 1990). Pernyataan tersebut dapat dituliskan pada persamaan sebagai berikut:

$$IP = \frac{V(t)}{V(c)} \times 100\% \quad (2.15)$$

$V(t)$ adalah tegangan setelah arus dimatikan (pada waktu t) (volt), $V(c)$ adalah tegangan selama arus mengalir secara stabil (volt), dan IP adalah nilai IP effect (mV/V atau %).

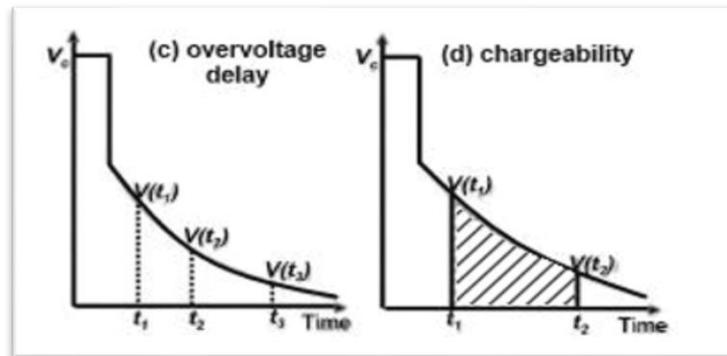
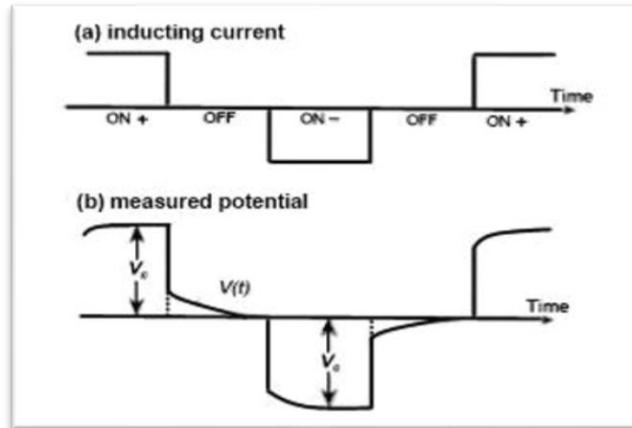
b. *Chargebilas*

Pengukuran nilai $V(t)$ secara langsung sangat sulit dilakukan karena kecilnya nilai yang akan diukur. Cara lain yang digunakan untuk mengukur waktu peluruhan nilai $V(t)$ yaitu dengan cara mengukur waktu peluruhan nilai $V(t)$ dari waktu dimatikan hingga mencapai nol. Waktu peluruhan diukur menggunakan perhitungan matematis yang dituliskan pada Persamaan 2.16 serta dapat dijelaskan pada Gambar 2.11 bahwa nilai dari $V(t)$ dapat dihitung

secara matematis dengan perhitungan besaran luas di bawah kurva peluruhan potensial dengan menggunakan konsep integral sehingga diperoleh nilai chargebilitas. Dari perhitungan ini akan diperoleh nilai chargebilitas semu dengan satuan waktu (ms).

$$M = \frac{1}{V(c)} \int_{t_1}^{t_2} V(t) dt = \frac{A}{V(c)} \quad (2.16)$$

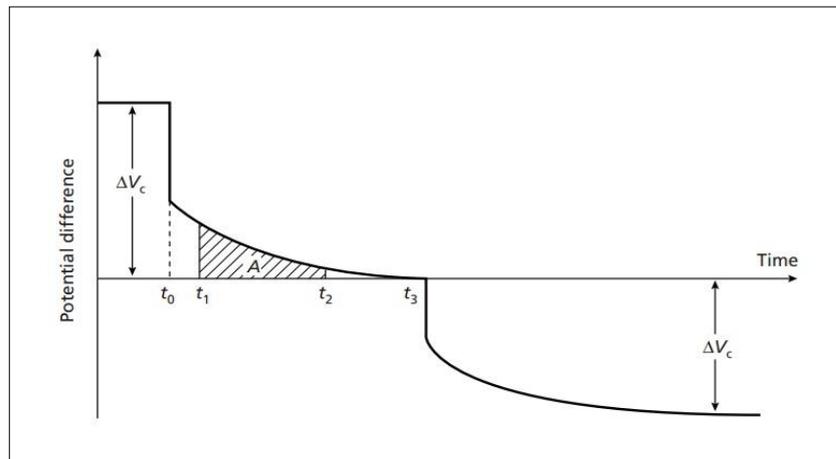
M adalah nilai chargebilitas semu dalam satuan waktu (ms), $V(c)$ adalah potensial awal ketika arus dialirkan, $V(t)$ adalah potensial yang terukur setelah arus dihentikan pada waktu t_1 hingga t_2 , A adalah luasan di bawah kurva. Besaran chargebilitas akan menunjukkan lama atau tidaknya efek polarisasi untuk menghilang setelah arus dihentikan. Apabila nilai chargebilitas besar, maka waktu peluruhan akan lebih lama, dan hal tersebut semakin mengindikasikan keberadaan mineral konduktif di dalam batuan.



Gambar 2.11 Nilai $V(t)$ dan $V(c)$ yang ditunjukkan dalam grafik. (a) ilustrasi dari keadaan arus pada saat pengukuran. (b) ilustrasi dari potensial yang terukur ketika arus dialirkan dan dihentikan. (c dan d) kenampakan kurva peluruhan dari arus setelah dihentikan terhadap waktu (Telford dkk., 1990).

Chargeabilitas yang terukur dapat digunakan untuk mengindikasikan adanya proses mineralisasi yang terjadi pada batuan di bawah permukaan. efek induksi polarisasi terjadi hampir pada semua mineral logam seperti pada mineral sulfida (Yuwanto, 2014). Ketika aliran arus pada elektroda arus dihentikan, maka nilai beda potensial antara kedua elektroda potensial tidak secara langsung bernilai nol melainkan mengalami penurunan secara perlahan-lahan hingga bernilai nol. Fenomena yang sama terjadi ketika arus listrik dinyalakan. Pada keadaan awal, nilai beda potensial meningkat secara perlahan-lahan selama interval waktu tertentu hingga bernilai konstan. Medium yang mengalami efek tersebut dinamakan medium yang dapat

terpolarisasi. Efek IP ditunjukkan selama interval waktu penurunan beda potensial sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.12 (Pratama, 2016).

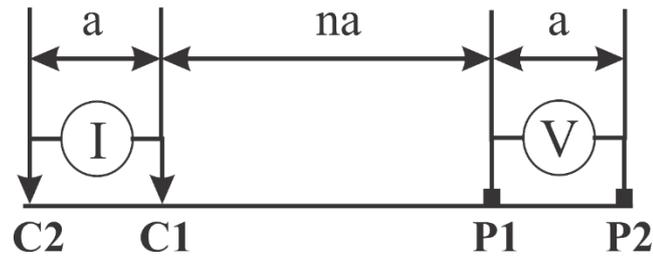


Gambar 2.12 Fenomena induksi polarisasi (Pratama, 2016).

Pada waktu t_0 arus dihentikan dan diukur beda potensialnya, kemudian terjadi penurunan nilai beda potensial dari keadaan konstan (ΔV_c) menuju nol secara perlahan-lahan. Tahapan yang sama terjadi pada saat arus dimatikan pada waktu t_3 . A menggambarkan daerah di bawah kurva peluruhan pada interval waktu t_1 - t_2 (Pratama, 2016)

II.2.4 Konfigurasi Dipole-Dipole

Metode IP menggunakan konfigurasi dipole-dipole, dimana konfigurasi ini merupakan gabungan dariteknik profiling dan depth sounding, sehingga jenis konfigurasi ini merupakan salah satu konfigurasi yang umumnya digunakan dalam eksplorasi geofisika. Susunan konfigurasi dipole-dipole ditunjukkan pada Gambar 2.13.



Gambar 2.12 Konfigurasi elektroda dipole-dipole (Rozaq, dkk, 2005)

Dimana :

C_1 dan C_2 : Elektroda Arus

P_1 dan P_2 : Elektroda Potensial

$C_1C_2 = P_1P_2 = a$ (dalam satuan meter)

$r_1 = C_1P_1 = na$

$r_2 = C_2P_1 = a + na$

$r_3 = C_1P_2 = a + na$

$r_4 = C_2P_2 = 2a + na$

Sehingga untuk konfigurasi dipol-dipol beda potensial antara titik P1 dan P2 adalah (Selengkapnya pada Lampiran II):

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

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

$$K = 2\pi \left[\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} \right]^{-1}$$

Persamaan di atas bisa disederhanakan menjadi :

$$K = \pi a n (1 + n) (2 + n) \quad (2.17)$$

Dimana K merupakan faktor geometri dari konfigurasi dipol-dipol, yang nilai yang bervariasi bergantung jarak (a). Kemudian dengan mensubstitusikan nilai K dengan persamaan di atas dapat dihitung nilai resistivitas tiap kedalaman adalah:

$$\rho_a = \pi a n(n + 1)(n + 2) \frac{\Delta V}{I} \quad (2.18)$$

II.2.5 Hubungan antara Geologi dan Resepon Resistivitas maupun Chagebilitas Batuan

Survei Resistivitas dan Chargebilitas memberikan gambaran distribusi resistivitas dan chargebilitas bawah permukaan, sehingga untuk mengkonversi gambaran resistivitas dan chargebilitas bawah permukaan menjadi sebuah gambaran geologi agar dapat dibedakan tipe dari material bawah permukaan dan kenampakan geologinya berdasarkan nilai resistivitas dan chargebilitasnya sangat dibutuhkan.

Tabel 2.2 memberikan nilai resistivitas dan chargebilitas dari beberapa jenis material dan batuan. Nilai dari resistivitas dan chargebilitas batuan tergantung dari derajat kekompakan dan besarnya presentase kandungan fluidayang mengisi batuan. Bagaimnapun nilai dari beberapa jenis batuan biasanya overlap karena faktor porositas batuan, derajat saturasi, dan konsentrasi garam yang terlarut.

Tabel 2.2 Nilai Resistivitas dan Chargebilitas Batuan dan Mineral
(Telford dkk, 1990)

Material dan Batuan	Resistivitas (Ωm)	Chargebilitas (msec)
Kuarsa	500 – 8 x 10 ⁵	5 – 12

Granit	$200 - 1 \times 10^5$	10 - 50
Batu Pasir	$200 - 8 \times 10^3$	3 - 12
Clay	1 - 100	1 - 300
Pasir	$1 - 1 \times 10^3$	
Alluvium	10 - 800	1 - 4
Shale, shale kaoline	20 - 200	50 - 100
Iron	9×10^{-8}	
Sandstone-silistone		100 - 500
Turmline	2×10^{-2}	
Klorite	0.7 / 0.8	

II.2.6 Teori Dasar Inversi

Proses inversi adalah suatu proses pengolahan data lapangan yang melibatkan teknik penyelesaian matematika dan statistik untuk mendapatkan informasi yang berguna mengenai distribusi sifat fisis objek di bawah permukaan (Supriyanto, 2007). Pada metode inversi geofisika, model yang dicari berupa representasi matematika bagian dari bumi yang memberi respons yang sesuai dengan hasil pengukuran yang kemudian model tersebut didiskritisasi. Diskritisasi model dapat dilakukan dengan tiga cara. Pertama, membagi model menjadi blok-blok kecil yang

lebarnya sama dengan jarak terkecil antara elektroda. Selanjutnya, membagi model menjadi blok-blok yang pada beberapa lapisan pertamanya dibagi dua secara vertikal maupun horisontal dari cara pertama. Tahap ketiga, blok-blok yang pada beberapa lapisan pertamanya hanya dibagi dua secara horisontal saja. Hal ini disebabkan resolusi metode resistivitas berkurang dengan bertambahnya kedalaman, maka lebih efektif jika blok yang dibagi dua hanya lapisan pertama dan kedua saja (Loke, 1999).

Setiap titik pada diskritasi model tersebut kemudian diberikan suatu parameter berupa nilai resistivitas yang nilainya sama dengan yang diinginkan oleh penginversi juga hasil pengukuran. Sedangkan respon model merupakan data sintetik yang dihitung dengan hubungan secara matematika berdasarkan pada model yang parameter yang dimilikinya.

Hubungan antara model dan respon model baik untuk model dua dimensi maupun model tiga dimensi dapat diselesaikan dengan menggunakan metode *finite difference* (Dey dan Morrison, 1979a, 1979b) atau *finite element* (Silvester dan Ferrari, 1990).

Pada metode optimasi, sebuah model awal dimodifikasi dengan metode iterasi hingga beda antara respon model dan hasil pengukuran dapat direduksi (Loke, 1999). Data yang terukur dapat ditulis dalam sebuah vektor kolom y :

$$Y = \text{column}(y_1, y_2, \dots, y_m) \quad (2.19)$$

Dimana m adalah banyaknya pengukuran. Respon model f dapat ditulis dengan cara yang sama dalam bentuk

$$f = \text{column}(f_1, f_2, \dots, f_m) \quad (2.20)$$

pada nilai resistivitas, lebih mudah digunakan logaritma dari nilai *true resistivity* untuk hasil pengukuran respon model dan parameter model. Parameter model dapat direpresentasikan oleh vektor q berikut ini :

$$q = \text{column}(q_1, q_2, \dots, q_n) \quad (2.21)$$

dimana n adalah banyaknya parameter model. Dan beda antara hasil pengukuran dan respon model diberikan oleh persamaan :

$$g = y - f \quad (2.22)$$

pada metode optimasi *least square*, model awal dimodifikasi hingga jumlah kuadrat kesalahan E dari selisih antara respon model dan hasil pengukuran dapat diperkecil:

$$E = g^t g \quad (2.23)$$

Untuk mengurangi kesalahan pada persamaan 2.23, maka persamaan Gauss-Newton (persamaan 2.24) digunakan untuk menentukan perubahan dalam parameter model yang seharusnya dapat mengurangi jumlah kuadrat kesalahan (Lines dan Treitel, 1984).

$$J^T J \Delta q_i = J^T g \quad (2.24)$$

Dimana Δq adalah vektor perubahan parameter model, dan J adalah turunan parsial pada matriks Jacobian. Elemen matriks Jacobian diberikan oleh persamaan:

$$J_{ij} = \frac{\delta f_i}{\delta f_j} \quad (2.25)$$

Persamaan 2.37 merepresentasikan perubahan model pada respon model ke-I (i^{ik} parameter model) yang disebabkan oleh perubahan parameter model ke-j (j^{ik} model parameter). Setelah melakukan perhitungan vektor perubahan parameter, maka didapatkan sebuah model baru yang diperoleh dari persamaan 2.26.

$$q_{k+1} = q_k + \Delta q_k \quad (2.26)$$

pada aplikasinya, persamaan kuadrat terkecil sederhana (persamaan 2.24) jarang digunakan secara independen pada proses inversi geofisika. Pada beberapa kondisi hasil produk matriks mungkin bernilai tunggal, sehingga persamaan kuadrat terkecil tidak memiliki penyelesaian untuk Δq . Terdapat masalah umum lainnya bahwa produk matriks $J^T J$ mendekati tunggal (*singular*). Hal ini dapat disebabkan apabila model awal yang buruk yang sangat berbeda dengan model optimum yang digunakan. Perubahan parameter vektor dihitung dengan menggunakan persamaan 2.24 dapat memiliki komponen yang terlalu besar, sehingga model baru yang dihitung menyebabkan memiliki nilai yang tidak realistis. Salah satu metode untuk menghindari masalah tersebut adalah dengan menggunakan modifikasi Maerquardt-Levenberg (Lines dan Treitel, 1984) untuk persamaan Gauss-Newton yang dalam bentuk persamaan 2.27.

$$(J^T J + \lambda I) \Delta q_k = J^T g \quad (2.27)$$

Dimana I adalah matriks identitas. Faktor pengali λ disebut sebagai faktor Maerquardt atau dengan istilah *damping factor* dan metode ini disebut sebagai *the ridge regression method* (Inman, 1975). *Damping factor* secara efektif membatasi *range* nilai sehingga komponen-komponen vektor parameter perubahan dan

mengikutsertakan Δq dalam perhitungan. Pada metode Gauss Newton, saat perhitungan berusaha meminimalkan jumlah kuadrat pada perbedaan vektor dan modifikasi metode Marquardt-Levenberg juga meminimalkan kombinasi dari besarnya perbedaan vektor dan parameter perubahan vektor. Metode ini telah berhasil digunakan dalam inversi data *resistivity sounding* dimana model terdiri dari beberapa lapisan-lapisan. Namun ketika jumlah parameter model sangat besar, seperti model inversi dua dan tiga dimensi yang terdiri dari banyaknya sel-sel yang berupa kotak-kotak, maka model yang dihasilkan oleh metode Marquardt-Levenberg dapat memiliki distribusi *resistivity* yang berada pada daerah yang bernilai *resistivity* rendah atau *resistivity* tinggi yang tidak mempresentasikan kondisi sebenarnya. Untuk mengatasi masalah ini, persamaan kuadrat terkecil Gauss-Newton dimodifikasi sehingga dapat meminimalkan variasi-variasi spasial pada parameter-parameter model tersebut. Metode kuadrat terkecil *smoothness-constraint* terdapat dalam bentuk persamaan 2.28

$$(J^T J + \lambda F) \Delta_{qk} = J^T g - \lambda F_{qk} \quad (2.28)$$

Dimana $F = \alpha_x C_x^T C_x + \alpha_y C_y^T C_y + \alpha_z C_z^T C_z \quad (2.29)$

Dan C_x , C_y , dan C_z merupakan matriks (*smoothing matrices*) pada arah x,y,z dan α_x , α_y , α_z suatu besaran nilai relatif yang diberikan pada arah x,y,z.

Persamaan 2.29 juga mencoba untuk meminimalkan kuadrat perubahan spasial atau *roughness* pada nilai *resistivity* model. Metode ini sebenarnya merupakan metode optimasi *smoothness-constrained* normalisasi I_z (*norm smoothness-constrained optimization method*). Metode ini cenderung menyebabkan hasil model dengan

variasi nilai *resistivity* yang *smooth*. Metode pendekatan ini dapat diterima jika *resistivity* di bawah permukaan yang sebenarnya bervariasi dengan sifat yang halus dan bergradasi pada kondisi bawah permukaan terdiri dari sejumlah daerah yang secara internal hampir homogen tetapi dengan batas-batas yang tajam antara wilayah berbeda. Untuk kasus seperti itu, persamaan inversi 2.28 dapat dimodifikasi untuk meminimalkan perubahan secara absolut pada nilai *resistivity* model., sehingga terkadang dapat memberikan hasil model bawah permukaan yang signifikan lebih baik. Metode ini secara umum dikenal sebagai metode optimasi normalisasi (*norm smoothness-constrained optimization method*) atau lebih dikenal juga sebagai metode inversi blok (*blocky inversion method*).

Salah satu metode yang sederhana untuk menerapkannya adalah dengan menggunakan formulasi kuadrat terkecil dikenal sebagai metode kuadrat iterasi *reweighted* atau *iteratively reweighted least-squares method*. Persamaan 2.28 dapat dimodifikasi menjadi persamaan 2.30

$$(J^T J + \lambda F_r) \Delta_{qk} = J^T R_d g - \lambda F_{r,qk} \quad (2.30)$$

$$\text{Dimana } F_r = \alpha_x C_x^T R_m C_x + \alpha_y C_y^T R_m C_y + \alpha_z C_z^T R_m C_z \quad (2.31)$$

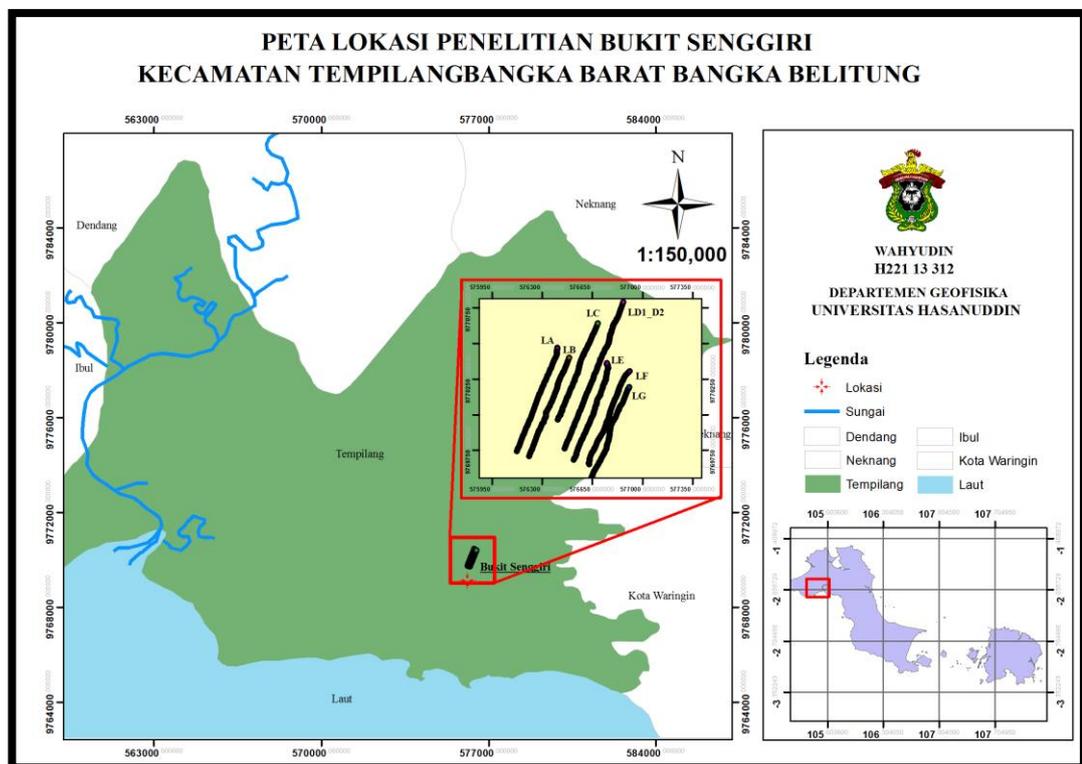
dengan R_d dan R_m adalah *weighting matrices* sehingga elemen-elemen yang berbeda dari data yang tidak sesuai (*data misfit*) dan vektor-vektor model yang *roughness* diberikan bobot yang sama dalam proses inversi.

BAB III

METODELOGI PENELITIAN

III.1 Area dan Data Penelitian

Area penelitian dilaksanakan di wilayah Bukit Senggiri, Kecamatan Tempilang, Kabupaten Bangka Barat. Adapun wilayah penelitian seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1. Data yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah data IP dalam chargeabilitas dan data Resistivitas.



Gambar 3.1 Peta lokasi penelitian (*Google Earth, WGS 1984 UTM Zone 48S*)

III.2 Peralatan

Pengukuran metode IP dilakukan dengan menggunakan alat *Supersting Multi Channel R8/IP*. Adapun Rincian Alat Geolistrik yang digunakan:

1. Alat geolistrik *Supersting Multi Channel R8/IP* yang terdiri dari *switch box R8/56*, *console supersting R8/IP*, 84 elektroda, *test box*, *power connector*, dan kabel multi channel tergabung yang ditunjukkan pada Gambar 3.2
2. Komputer (laptop)
3. GPS handled
4. Peralatan penunjang (Aki, handy talkie, cangkul, terpal, palu, parang, jas hujan)



Gambar 3.2 Kelengkapan instrumen Supersting Multi Channel R8/IP (Artha-Bumi Harapan, 2013)

III.3 Metode Penelitian

1. Pengukuran di lapangan

Pengambilan data polarisasi terinduksi dilakukan dengan akuisisi *multi channel*, yaitu menggunakan banyak elektroda dalam sekali penginjeksian arus sehingga akan didapatkan nilai resistivitas dan chargeabilitas secara lateral dan vertikal secara bersamaan dengan waktu yang relatif singkat dibandingkan dengan menggunakan *single channel*.

Sebelum melakukan pengukuran, dibuat command file terlebih dahulu menggunakan *software AGI Supersting Administrator versi 1.3.4.207* melalui komputer yang bertujuan untuk mengatur pengukuran yang diinginkan berupa parameter kontrol mencakup metode yang digunakan, spasi, konfigurasi, jumlah elektroda, dan parameter lainnya. Pada pengukuran ini digunakan konfigurasi dipol-dipol, spasi elektroda 10 m, dan jumlah elektroda 84 elektroda. Perintah tersebut dimasukkan ke perangkat Supersting R8/IP menggunakan kabel penghubung. Sistem elektroda pada pengukuran ini adalah sistem elektroda central switching (pasif) dengan menggunakan kabel multi channel pasif dan sistem switch box. Pada setiap elektroda terhubung dengan switch box melalui kabel pasif, switch box ini mengatur setiap elektroda yang akan menjadi elektroda arus dan yang akan menjadi elektroda potensial.

Selanjutnya Melakukan tes kontak resistant pada setiap main unit untuk mengetahui apakah elektroda sudah tertancap dan terhubung dengan kabel dengan bagus atau belum. Apabila terdapat error di suatu titik atau posisi elektroda yang bermasalah, maka dilakukan pengecekan dan perbaikan di titik tersebut. setelah semua siap maka akan dilakukan perekaman data di daerah penelitian.

Proses selanjutnya Mengekspor data yang sudah terekam di alat supersting ke laptop yang sudah disediakan untuk selanjutnya dilakukan pengolahan.

2. Pengolahan Data

Pengolahan data menggunakan perangkat lunak Res2Dinv

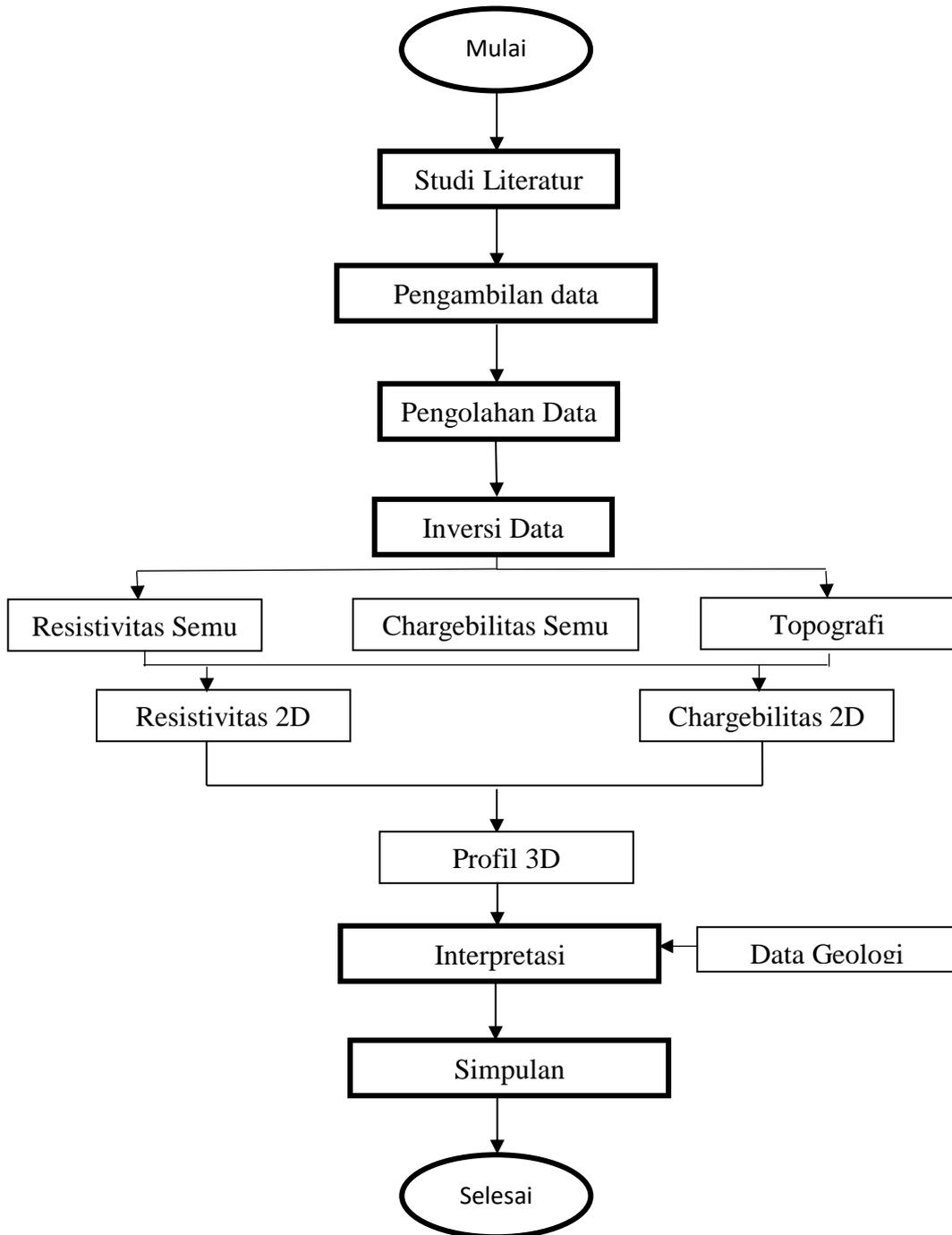
a. Mengimput data ke dalam software Res2Dinv

- b. Selanjutnya proses inversi data, Inversi nilai resistivitas dilakukan untuk mendapatkan nilai resistivitas material dan memunculkan penampang 2D.
- c. Data resistivitas hasil inversi memiliki nilai error, maka dilakukanlah koreksi data dengan melihat RMSE errornya.
- d. Setelah mendapatkan nilai resistivitas pada penampang 2D dengan nilai RMSE atau noise yang sudah dikoreksi, maka langkah selanjutnya mengeksport data XYZ dari Software Res2DInv ke software Oasis Montaj.
- e. Membuat penampang 2D dan 3D untuk semua lintasan dengan menggunakan software oasis montaj dengan cara mengimpor file XYZ hasil inversi dari software Res2DInv.

III.4 Interpretasi

Interpretasi dilakukan terhadap hasil inversi 2D dan 3D yang dihasilkan dan dikorelasikan dengan data geologi yang ada. Asumsi yang digunakan dalam interpretasi ini bahwa zona mineralisasi pada endapan timah primer berada pada nilai chargeabilitas tinggi dan resistivitas tinggi.

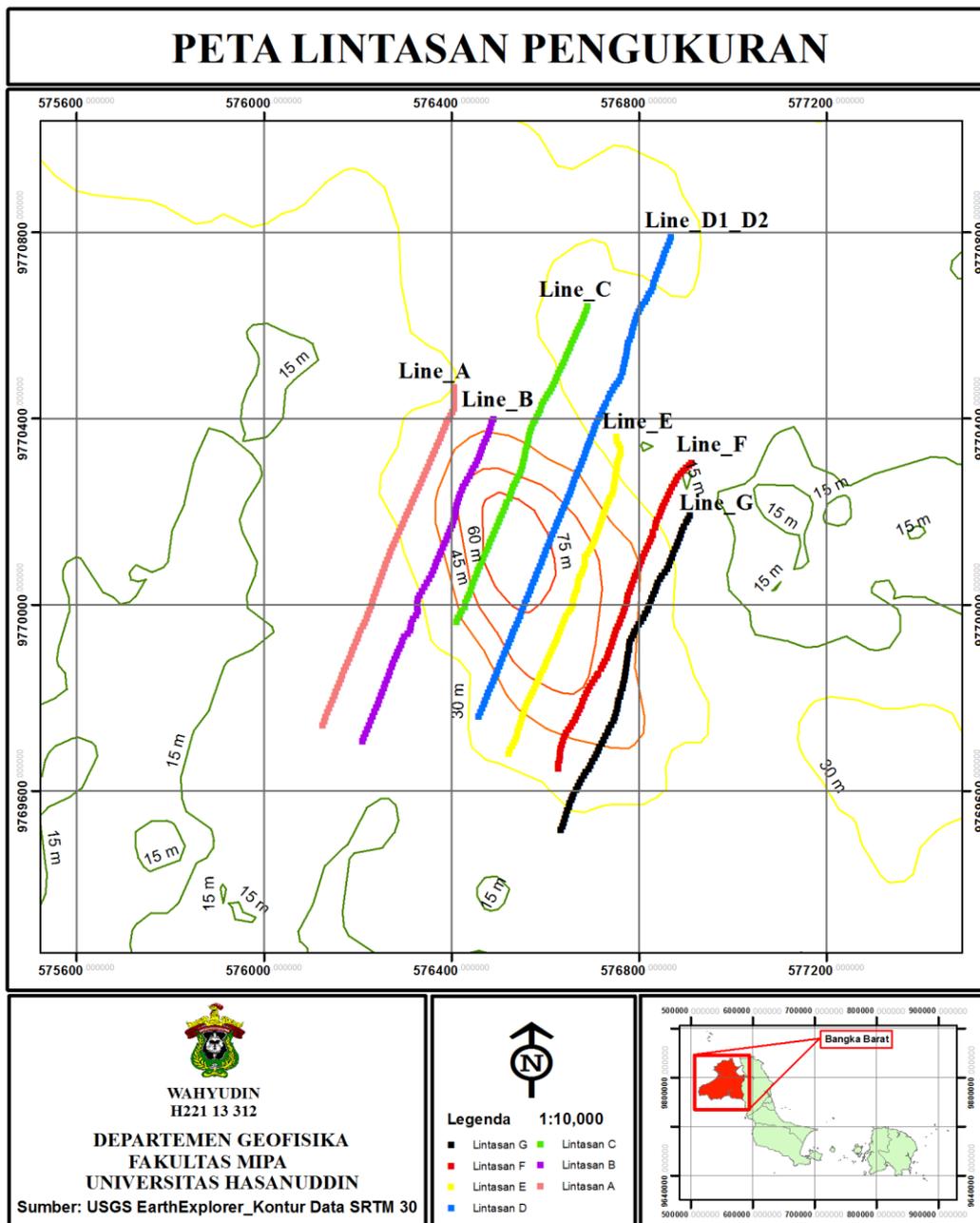
III.4 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.3 Bagan alir penelitian

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Hasil



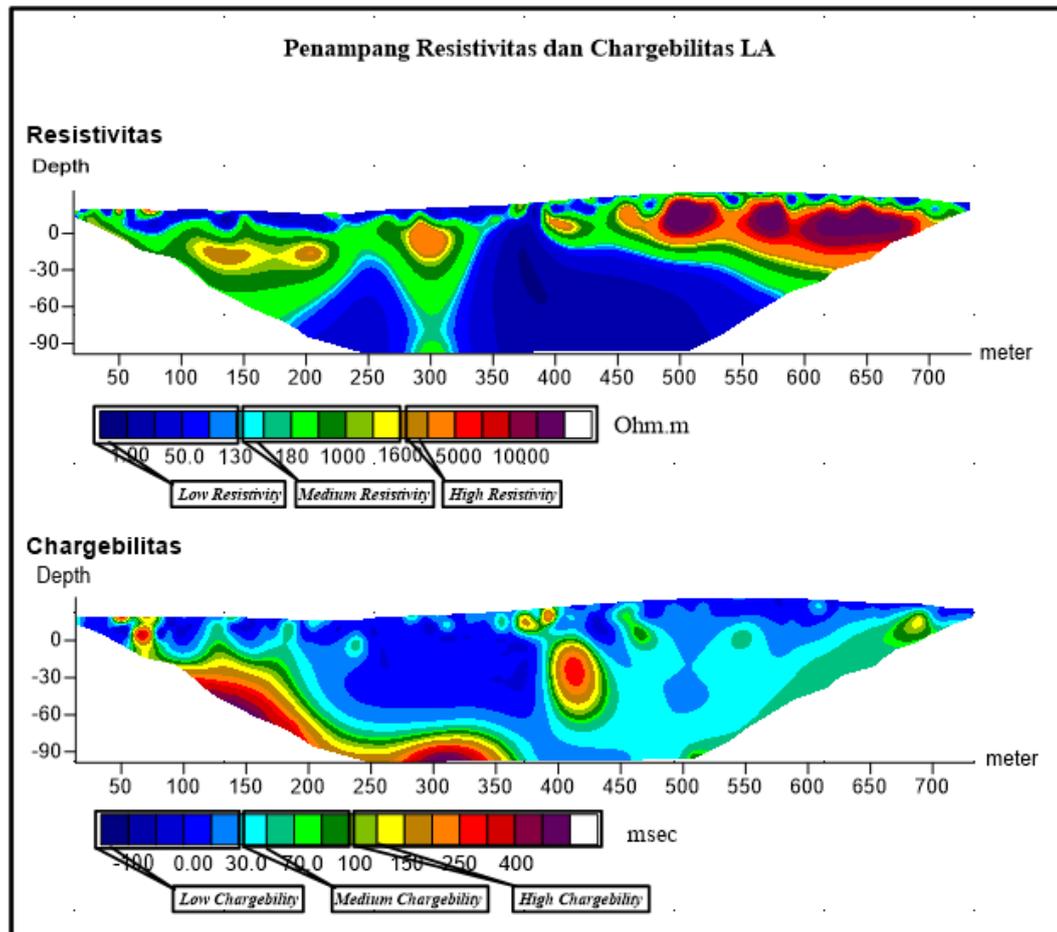
Gambar 4.1 Skema lintasan pengukuran

Penelitian ini menggunakan data primer resistivitas dan chargeabilitas hasil dari survei geofisika yang dilakukan oleh PT Timah (Persero) Tbk. Daerah penelitian berada pada Bukit Senggiri, Kecamatan Tempilang, Kabupaten Bangka Barat, Provinsi Bangka Belitung. Area penelitian dengan lintasan terukur ditunjukkan pada Gambar 4.1. Data yang digunakan sebanyak 8 lintasan, dengan panjang lintasan 756 meter, spasi elektroda 9 meter, dan jarak antar lintasan 100 meter.

IV.2 Hasil dan Pembahasan Analisis IP

Data IP yang diolah menghasilkan nilai resistivitas dan chargeabilitas yang diinversi menggunakan software *Res2dinv* untuk mendapatkan penampang 2D. Penampang chargeabilitas dengan penampang resistivitas di *overlay* sehingga menjadi 2D dan 3D *overlay*, untuk menentukan zona persebaran mineralisasi timah primer.

IV.2.1 Lintasan A Bukit Senggiri

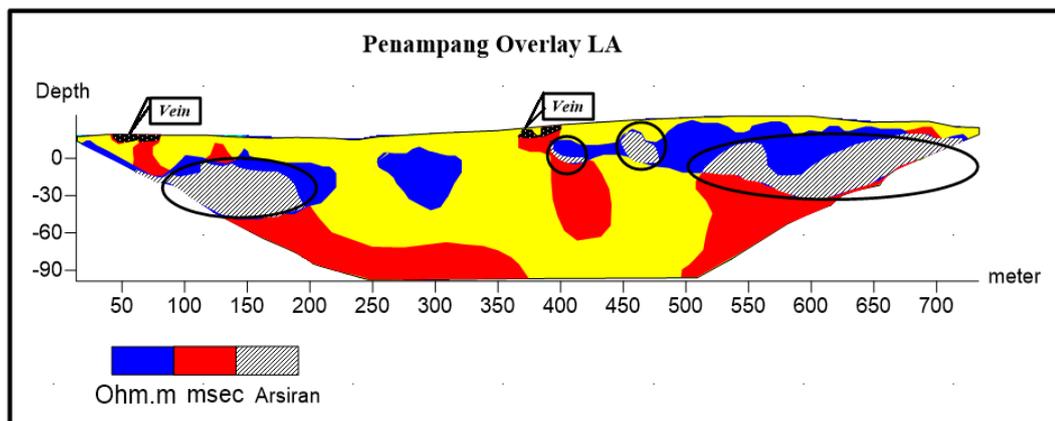


Gambar 4.2 Penampang Resistivitas dan Chargeabilitas Lintasan A

Gambar 4.2 memperlihatkan variasi rentang nilai resistivitas dari hasil inversi yaitu (1 Ωm - 10000 Ωm), sementara rentang nilai chargeabilitas diperoleh kisaran (-100 msec – 400 msec). Nilai resistivitas dibagi tiga bagian yaitu resistivitas rendah (<math>< 120 \Omega\text{m}</math>), resistivitas medium (120 Ωm - 1600 Ωm), dan resistivitas tinggi (>1600 Ωm) yang menandakan keberadaan respon batuan beku serta batuan pembawa timah primer. Sementara nilai chargeabilitas yang ada juga dibagi atas tiga bagian yaitu chargeabilitas rendah (<math>< 30 \text{ msec}</math>), chargeabilitas medium (30 msec – 100

msec), dan chargeabilitas tinggi (>100 msec) yang menandakan keberadaan mineral sulfida timah.

Pada lintasan ini terdapat beberapa zona mineralisasi primer dilihat dari rentang nilai chargeabilitas medium (30 msec – 100 msec), sampai dengan chargeabilitas tinggi (>100 msec). Zona tersebut ditandai oleh adanya overlay dengan respon nilai resistivitas tinggi (>1600 Ωm) pada rentang jarak antara (75 meter – 180 meter) dengan kedalaman 40 meter dari permukaan, (450 meter – 470 meter) dengan kedalaman 10 meter dari permukaan dan (500 meter – 700 meter) dengan kedalaman 40 meter dari permukaan.

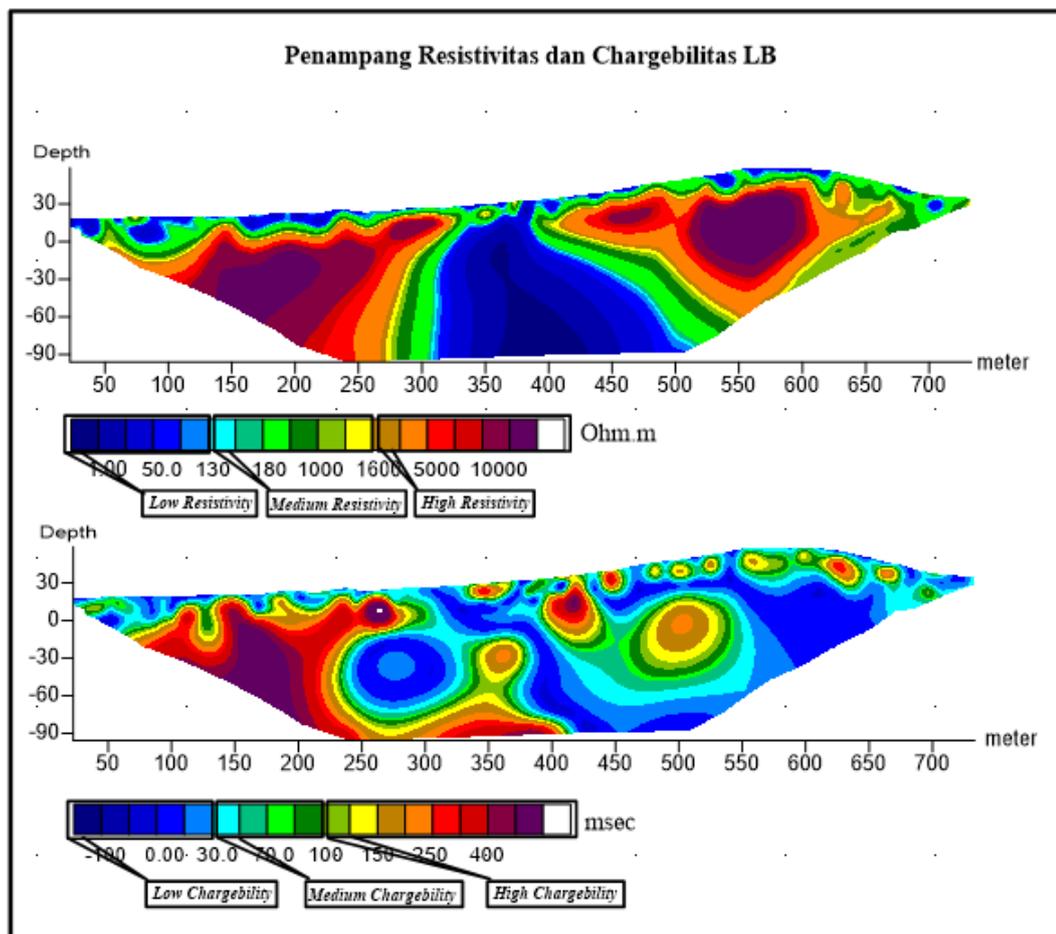


Gambar 4.3 Overlay Penampang resistivitas dan Chargeabilitas Lintasan A

Zona prospek mineralisasi timah primer ditandai dengan irisan (arsiran) pada Gambar 4.3. Zona tersebut diindikasikan merupakan zona mineralisasi akibat proses alterasi yang mempunyai nilai chargeabilitas medium (30 msec – 100 msec) dan chargeabilitas tinggi (>100 msec) karena mengandung mineral sulfida yang berasosiasi dengan batuan beku intrusi serta mempunyai nilai resistivitas tinggi (>1600 Ωm) karena batuan beku tersebut mengalami sedimentasi dan terkonvolusi

dalam batuan pasir dan pasir lempungan. Keberadaan timah primer pada lintasan ini diperkuat oleh adanya urat (vein) yang tersingkap pada permukaan yang berada dikisaran jarak (50 meter – 85 meter) dan (358 meter – 359 meter) pada lintasan A

IV.2.2 Lintasan B Bukit Sengiri

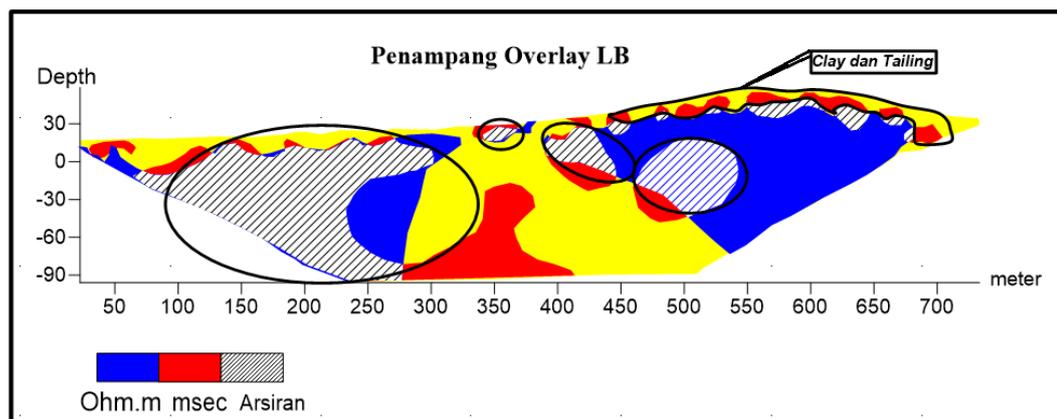


Gambar 4.4 Penampang Resistivitas dan Chargeabilitas Lintasan B

Lintasan B pada Gambar 4.4 memiliki rentang variasi nilai resistivitas ialah (1 Ω m – 10000 Ω m), sementara rentang nilai chargeabilitas ialah (-100 msec – 400 msec). Sehingga mengacu dari variasi respon nilai resistivitas dan chargeabilitas tersebut

dapat dibagi menjadi tiga bagian yaitu resistivitas rendah ($<130 \Omega\text{m}$), medium resistivitas ($130 \Omega\text{m} - 1600 \Omega\text{m}$), dan resistivitas tinggi ($>1600 \Omega\text{m}$) yang menandakan keberadaan respon batuan beku serta batuan pembawa timah primer. Nilai chargeabilitas yang ada juga dibagi atas tiga bagian yaitu chargeabilitas rendah ($<30 \text{ msec}$), chargeabilitas medium ($30 \text{ msec} - 100 \text{ msec}$), dan chargeabilitas tinggi ($>100 \text{ msec}$) yang menandakan keberadaan mineral sulfida timah. .

Zona respon nilai chargeabilitas tinggi ($>100 \text{ msec}$) yang di indikasikan sebagai zona mineralisasi primer jika di overlay dengan respon resistivitas tinggi ($>1600 \Omega\text{m}$) berada pada rentang jarak antara (60 meter – 300 meter) dengan kedalaman 90 meter dari permukaan, yang kedua berada pada (340 meter – 450 meter) dengan kedalaman 50 meter dari permukaan, dan ketiga (455 meter – 540 meter) dengan kedalaman 35 meter dari permukaan.

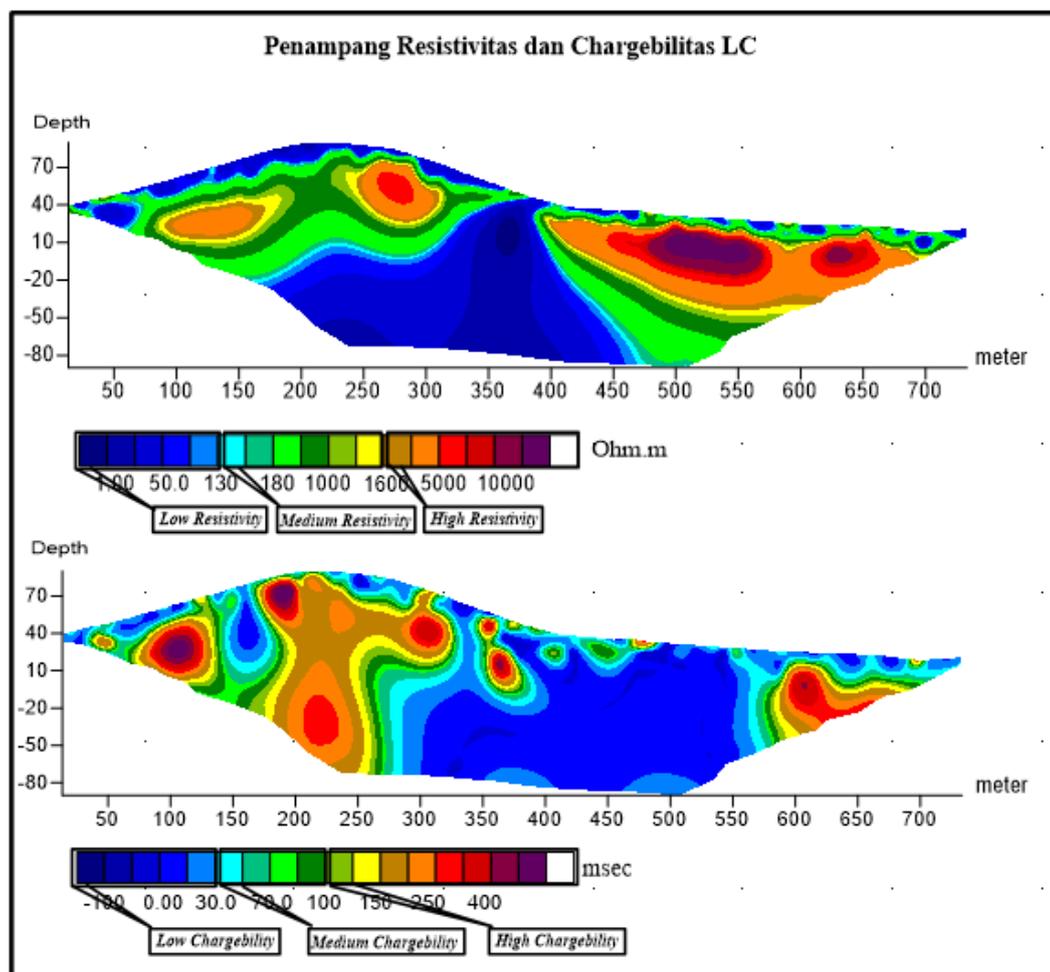


Gambar 4.5 Overlay Penampang resistivitas dan Chargeabilitas Lintasan B

Berdasarkan hasil analisis nilai chargeabilitas dan resistivitas pada lintasan B, diperkirakan bahwa zona mineralisasi timah primer berada pada respon nilai chargeabilitas tinggi ($>100 \text{ msec}$) dan resistivitas tinggi ($>1600 \Omega\text{m}$). Zona

mineralisasi tersebut diindikasikan merupakan batuan beku granit yang berasosiasi dengan mineral sulfida yang telah diiris (arsir) pada Gambar 4.5. Pada lintasan B juga terdapat zona chargebilitas tinggi (>100 msec) dan resistivitas rendah (<130 Ω m) yang diindikasikan sebagai lapisan clay dan tailing berasosiasi dengan mineral sulfida yang berada pada posisi (450 meter – 700 meter) searah lintasan.

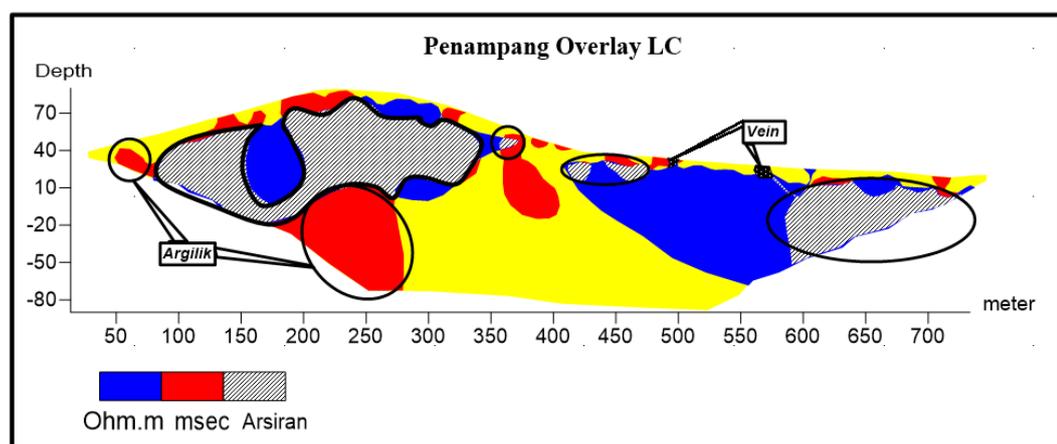
IV.2.3 Lintasan C Bukit Sengiri



Gambar 4.6 Penampang Resistivitas dan Chargebilitas Lintasan C

Rentang respon nilai resistivitas dan chargebilas lintasan C (Gambar 4.6) ialah ($1 \Omega\text{m} - 10000 \Omega\text{m}$) dan ($-100 \text{ msec} - 400 \text{ msec}$) sehingga dapat dibagi menjadi tiga bagian, yaitu resistivitas rendah ($<130 \Omega\text{m}$), medium resistivitas ($130 \Omega\text{m} - 1600 \Omega\text{m}$), dan resistivitas tinggi ($>1600 \Omega\text{m}$) yang menandakan keberadaan respon batuan beku serta batuan pembawa timah primer. Sementara itu nilai chargebilas juga dibagi atas chargebilas rendah ($<30 \text{ msec}$), chargebilas medium ($30 \text{ msec} - 100 \text{ msec}$), dan chargebilas tinggi ($>100 \text{ msec}$) yang menandakan keberadaan mineral sulfida timah. .

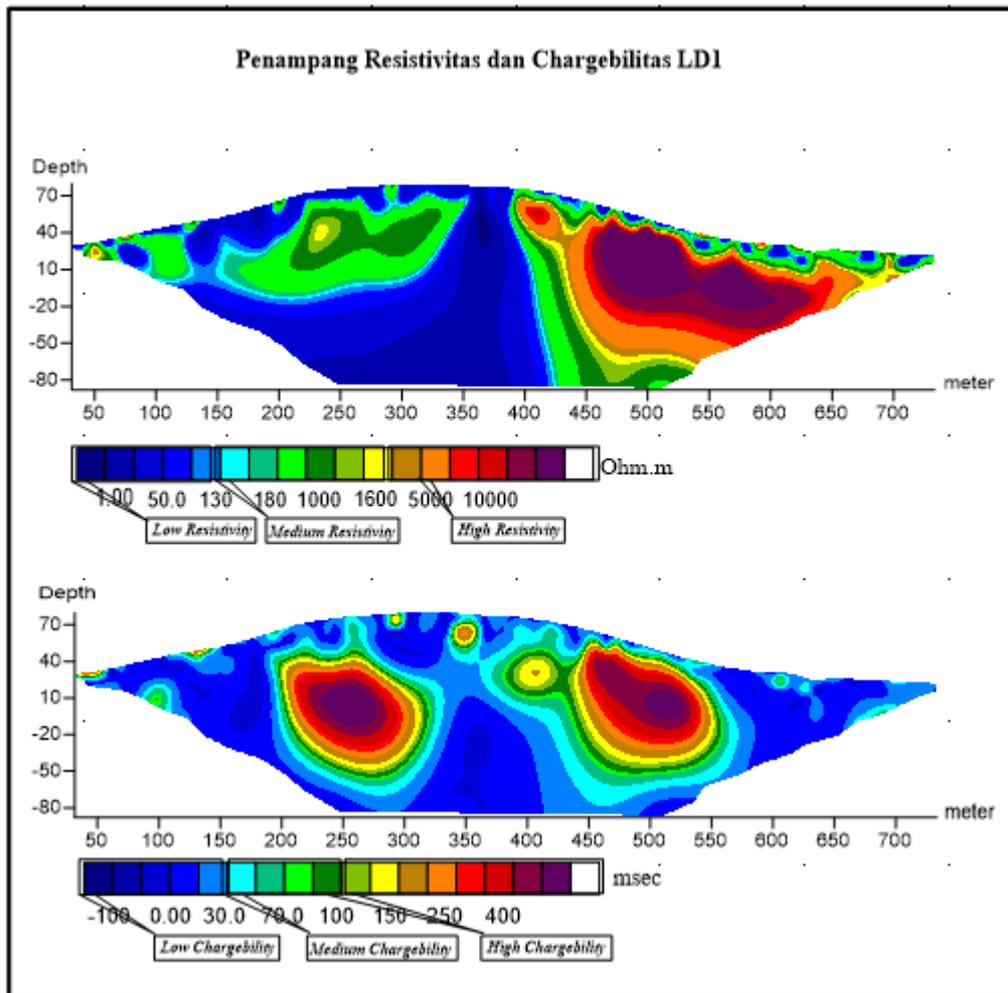
Pada lintasan ini, respon chargebilas tinggi ($>100 \text{ msec}$) dan resistivitas rendah ($<130 \Omega\text{m}$) merupakan zona mineralisasi primer akibat proses alterasi yang berada pada jarak (30 meter – 70 meter) di kedalaman 40 meter dari permukaan. Sedangkan zona mineralisasi primer yang memiliki respon chargebilas tinggi ($>100 \text{ msec}$) dan resistivitas tinggi ($>1600 \Omega\text{m}$) berada pada rentang jarak (100 meter – 350 meter) dan (600 meter – 700 meter) berkesinambungan pada kedalaman 50 meter dari permukaan.



Gambar 4.7 Overlay Penampang resistivitas dan Chargebilas Lintasan C

Pada Gambar 4.7 terlihat zona mineralisasi yang ditandai dengan arsiran hasil overlay antara nilai resistivitas dan chargeabilitas. Respon nilai chargeabilitas tinggi (>100 msec) dan resistivitas tinggi ($>1600 \Omega\text{m}$) merupakan zona granit yang banyak mengandung mineral sulfida timah primer. Keberadaan mineral sulfida pada lintasan ini juga diidentifikasi oleh adanya respon nilai chargeabilitas tinggi (>100 msec) dan resistivitas rendah ($<130 \Omega\text{m}$) yang merupakan zona alterasi argilik dalam hal ini banyak mengandung mineral klorite, tourmaline, dan shale-kaoline. Serta diperkuat oleh keberadaan urat (vein) yang tersingkap ke permukaan pada jarak antara (490 meter – 500 meter) dan (550 meter – 570 meter) pada lintasanC

IV.2.4 Lintasan D1 Bukit Senggiri

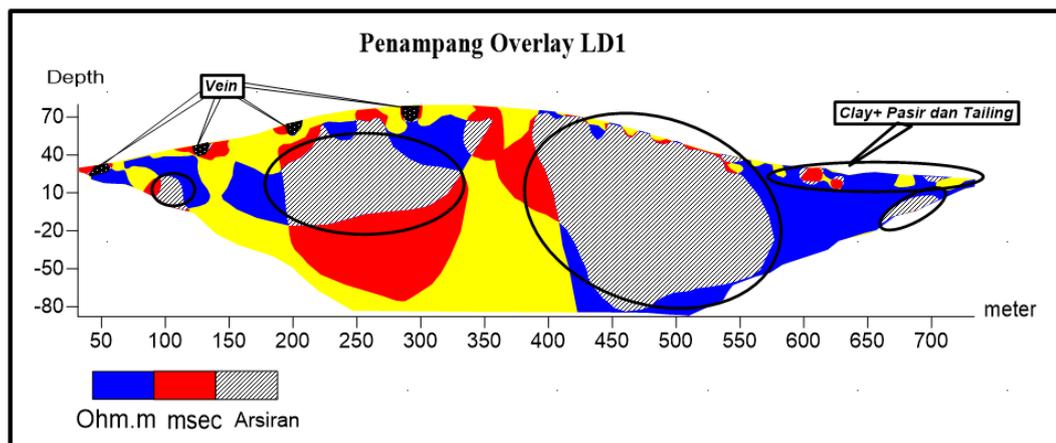


Gambar 4.8 Penampang Resistivitas dan Chargeabilitas Lintasan D1

Gambar 4.8 memperlihatkan rentang nilai dari hasil inversi yaitu ($1 \Omega\text{m} - 10000 \Omega\text{m}$), sementara rentang nilai chargeabilitas diperoleh kisaran ($-100 \text{ msec} - 400 \text{ msec}$). Nilai resistivitas dibagi tiga bagian yaitu resistivitas rendah ($<120 \Omega\text{m}$), medium resistivitas ($120 \Omega\text{m} - 1600 \Omega\text{m}$), dan resistivitas tinggi ($>1600 \Omega\text{m}$) yang

menandakan keberadaan respon batuan beku serta batuan pembawa timah primer. Sementara nilai chargebilitas yang ada juga dibagi atas tiga bagian yaitu chargebilitas rendah (<30 msec), chargebilitas medium (30 msec – 100 msec), dan chargebilitas tinggi (>100 msec) yang menandakan keberadaan mineral sulfida timah. .

Zona mineralisasi primer yang terdapat pada lintasan ini dilihat dari rentang nilai medium resistivitas(120 Ω m - 1600 Ω m), dan resistivitas tinggi (>1600 Ω m) yang di overlay dengan chargebilitas tinggi (>100 msec). Pertama pada rentang jarak antara (200 meter – 340 meter) di kedalaman 20 meter dari permukaan, yang kedua berada pada jarak antara (380 meter – 570 meter) di kedalaman 80 meter dari permukaan.

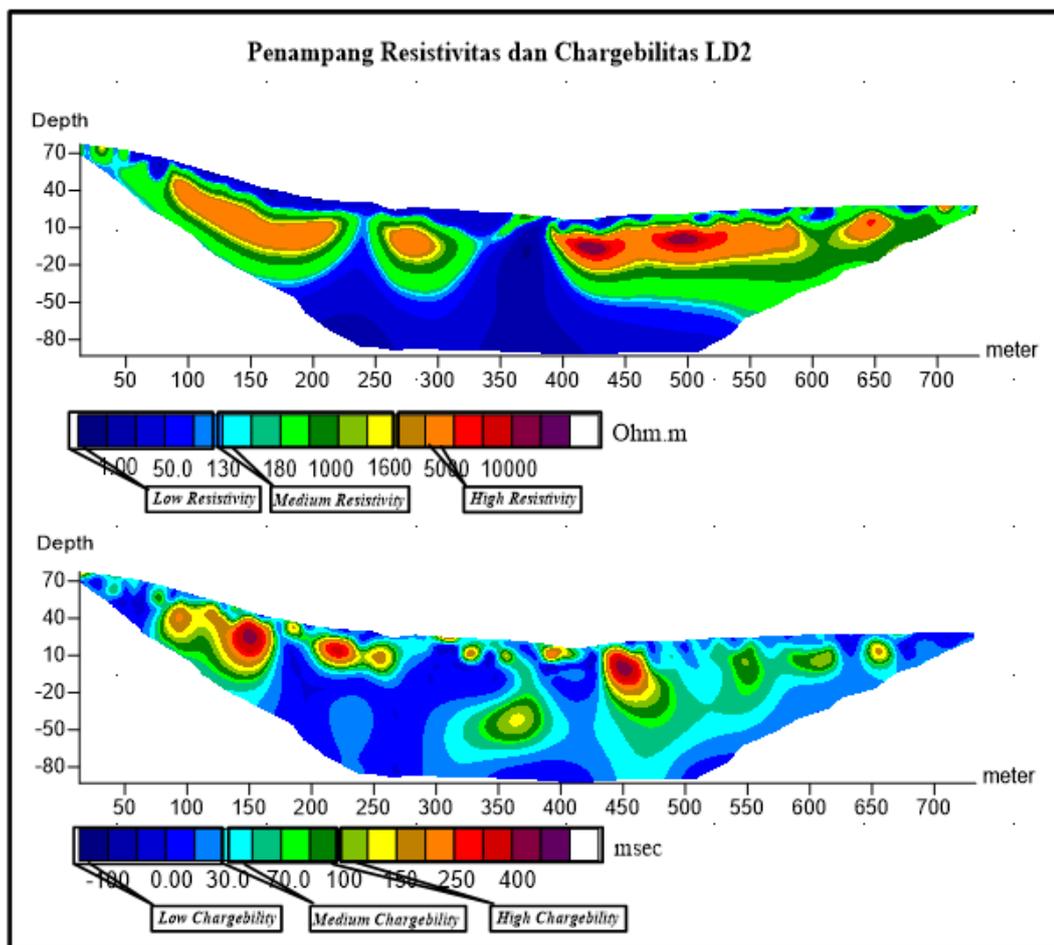


Gambar 4.9 Overlay Penampang resistivitas dan Chargebilitas Lintasan D1

Prospek zona mineralisasi timah primer yang terlihat pada Gambar 4.9 ditandai oleh hasil irisan (arsir) chargebilitas tinggi (>100 msec) diidentifikasi merupakan kandungan mineral sulfida yang berasosiasi dengan batuan granit dan batu pasir sehingga memiliki respon medium resistivitas(120 Ω m - 1600 Ω m), sampai dengan

resistivitas tinggi ($>1600 \Omega\text{m}$). keberadaan urat (vein) yang tersingkap ke permukaan, memperkuat keberadaan batuan beku intrusi dibawah permukaan. Pada lintasan ini juga terdapat persebaran mineral sulfida yang berasosiasi dengan lempung pasir dan persebaran tailing seperti pada gambar di atas.

IV.2.5 Lintasan D2 Bukit Senggiri

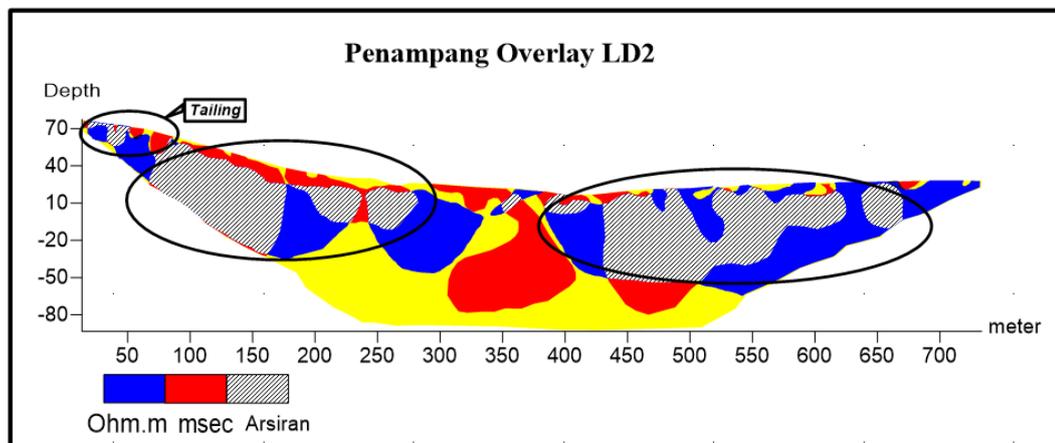


Gambar 4.10 Penampang Resistivitas dan Chargeabilitas Lintasan D2

Berdasarkan hasil inversi data resistivitas dan chargeabilitas pada Gambar 4.10 terlihat respon nilainya masing-masing ($1 \Omega\text{m} - 10000 \Omega\text{m}$) dan ($-100 \text{ msec} - 400$

msec). Sehingga nilai resistivitas dapat dibagi tiga bagian yaitu resistivitas rendah (<120 Ωm), medium resistivitas (120 Ωm - 1600 Ωm), resistivitas tinggi (>1600 Ωm) yang menandakan keberadaan respon batuan beku serta batuan pembawa timah primer. begitu juga dengan respon nilai chargeabilitas dibagi menjadi tiga bagian yaitu chargeabilitas rendah (<30 msec), chargeabilitas medium (30 msec – 100 msec), dan chargeabilitas tinggi (>100 msec) yang menandakan keberadaan mineral sulfida timah. .

Zona mineralisasi timah primer pada lintasan ini memiliki respon chargeabilitas medium (30 msec – 100 msec), sampai chargeabilitas tinggi (>100 msec) yang di overlay dengan respon resistivitas tinggi (>1600 Ωm). Zona mineralisasi timah primer tersebut berada pada jarak lintasan (60 meter – 170 meter), (200 meter – 280 meter), dan (440 meter – 680 meter) yang berkesinambungan dengan kedalaman 50 meter dari permukaan.

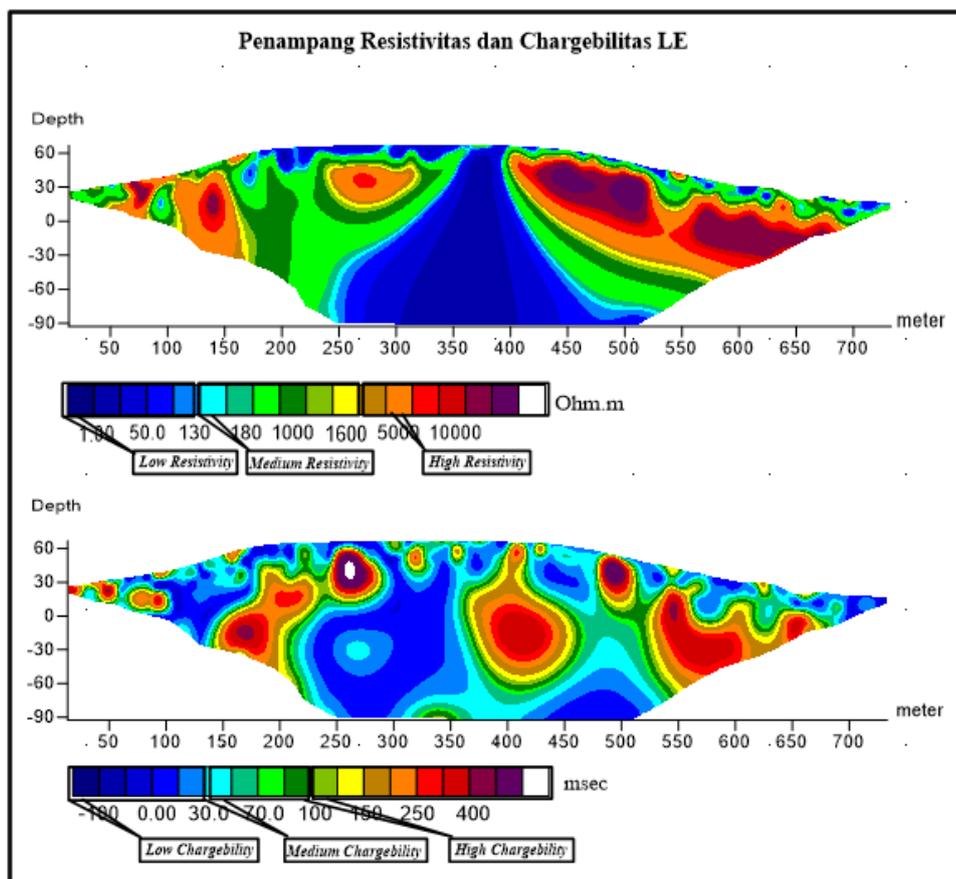


Gambar 4.11 Overlay Penampang resistivitas dan Chargeabilitas Lintasan D2

Berdasarkan hasil analisis nilai chargeabilitas dan nilai resistivitas pada lintasan D2 diidentifikasi bahwa zona mineralisasi yang terbentuk ialah akibat proses alterasi

silisifikasi yang mengandung mineral kuarsit, tourmaline, dan mineral sulfida lainnya karena memiliki respon chargebilas medium (30 msec – 100 msec), sampai chargebilas tinggi (>100 msec). Memiliki respon resistivitas tinggi (>1600 Ω m) karena mineral sulfida tersebut berasosiasi dengan batuan beku granit dan batu pasir terlihat yang telah di iriskan (arsir) pada Gambar 4.11. Pada lintasan ini juga terlihat zona tailing yang berkesinambungan di atas permukaan yang memiliki respon keberadaan mineral sulfida dalam hal ini timah.

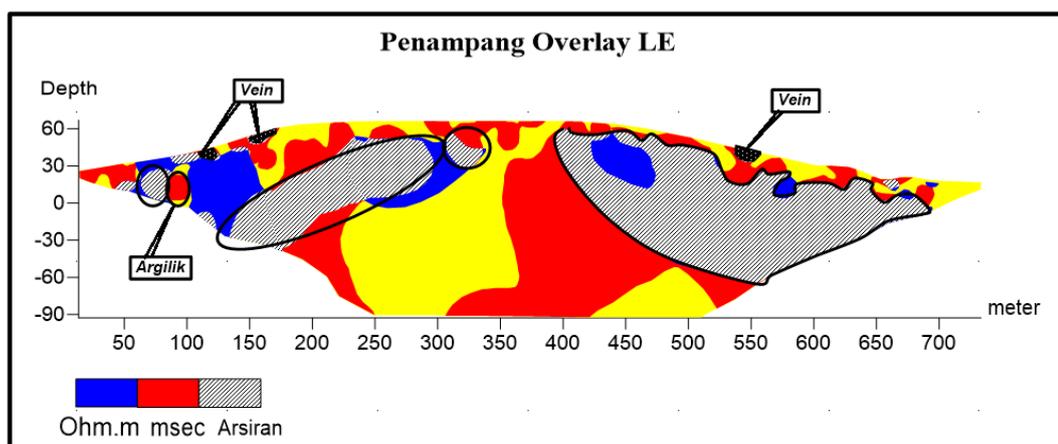
IV.2.6 Lintasan E Bukit Senggiri



Gambar 4.12 Penampang Resistivitas dan Chargebilas Lintasan E

Pada Gambar 4.12 terlihat rentang nilai resistivitas dari hasil inversi yaitu ($1 \Omega\text{m} - 10000 \Omega\text{m}$), sedangkan chargeabilitas diperoleh kisaran ($-100 \text{ msec} - 400 \text{ msec}$). Nilai resistivitas dibagi tiga bagian yaitu resistivitas rendah ($<120 \Omega\text{m}$), medium resistivitas ($120 \Omega\text{m} - 1600 \Omega\text{m}$), dan resistivitas tinggi ($>1600 \Omega\text{m}$) yang menandakan keberadaan respon batuan beku serta batuan pembawa timah primer. Chargeabilitas juga dibagi atas tiga bagian yaitu chargeabilitas rendah ($<30 \text{ msec}$), chargeabilitas medium ($30 \text{ msec} - 100 \text{ msec}$), dan chargeabilitas tinggi ($>100 \text{ msec}$) yang menandakan keberadaan mineral sulfida timah. .

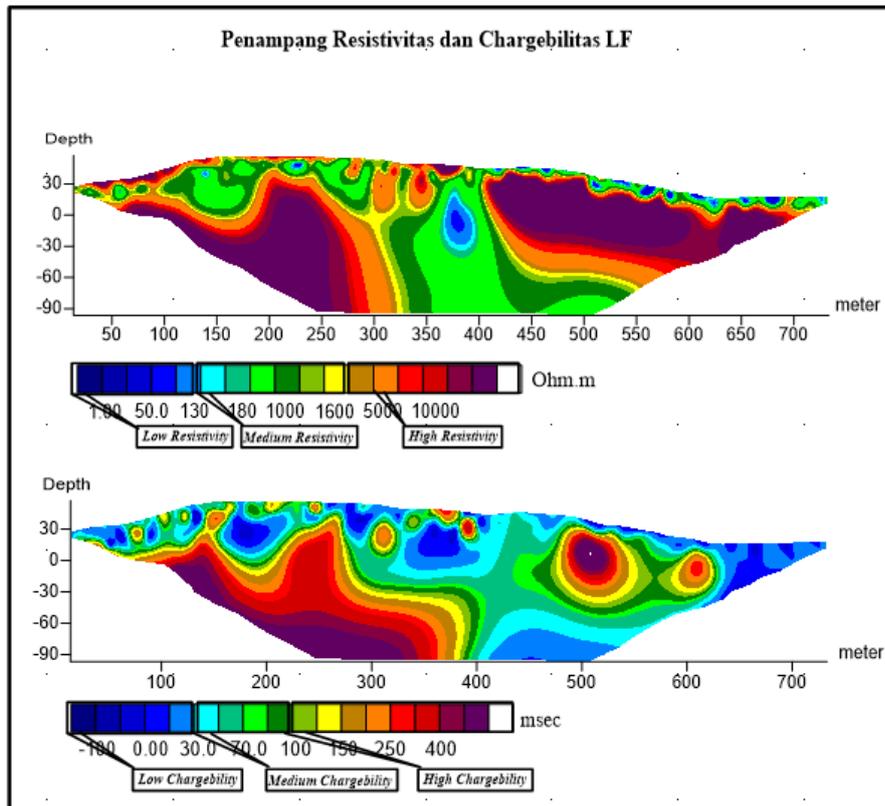
Zona mineralisasi timah primer yang terlihat pada lintasan ini berada pada respon chargeabilitas tinggi ($>100 \text{ msec}$) yang ter-overlay dengan respon resistivitas tinggi ($>1600 \Omega\text{m}$) berada pada jarak (130 meter – 350 meter), dan (400 meter – 700 meter) berkesinambungan pada lintasan dengan kedalaman 60 meter dari permukaan. Adapun pada lintasan ini terlihat respon zona lemah yang memiliki respon resistivitas rendah ($<120 \Omega\text{m}$) dan chargeabilitas tinggi ($>100 \text{ msec}$) berada pada jarak (70 meter - 85 meter) dengan kedalaman 0 meter dari permukaan atau mendekati permukaan.



Gambar 4.13 Overlay Penampang resistivitas dan Chargeabilitas Lintasan E

Zona mineralisasi timah primer (diarsir) pada Gambar 4.13 merupakan zona mineralisasi yang mengandung mineral sulfida pembawa timah karena memiliki respon chargeabilitas tinggi (>100 msec) yang berasosiasi dengan granit dan kuarsa yang memiliki respon resistivitas tinggi (>1600 Ωm). Adapun keberadaan zona lemah pada lintasan ini seperti yang terlihat pada gambar di atas merupakan urat yang teralterasi yang banyak mengandung mineral sulfida dimana memiliki respon chargeabilitas tinggi (>100 msec) dan resistivitas rendah (<120 Ωm). Keberadaan timah primer pada lintasan ini juga diperkuat oleh keberadaan urat (vein) yang tersingkap ke permukaan seperti yang terlihat pada Gambar 4.13 sepanjang lintasan.

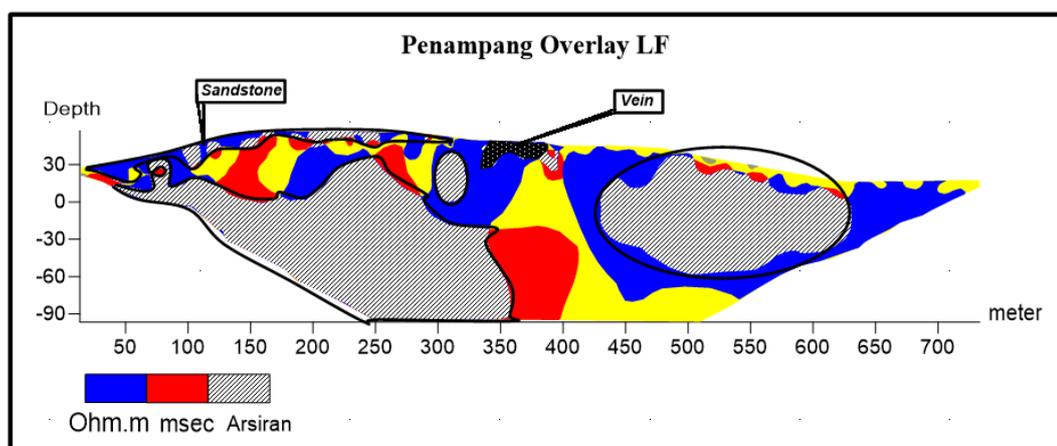
IV.2.7 Lintasan F Bukit Senggiri



Gambar 4.14 Penampang Resistivitas dan Chargeabilitas Lintasan F

Lintasan F pada Gambar 4.14 memiliki variasi nilai resistivitas antara 1 Ωm – 10000 Ωm , sementara rentang nilai chargeabilitas ialah -100 msec – 400 msec. Sehingga mengacu dari variasi respon nilai resistivitas dan chargeabilitas tersebut dapat dibagi menjadi tiga bagian yaitu resistivitas rendah (<130 Ωm), medium resistivitas(130 Ωm - 1600 Ωm), dan resistivitas tinggi (>1600 Ωm) yang menandakan keberadaan respon batuan beku serta batuan pembawa timah primer. Nilai chargeabilitas yang ada juga dibagi atas tiga bagian yaitu chargeabilitas rendah (<30 msec), chargeabilitas medium (30 msec – 100 msec), dan chargeabilitas tinggi (>100 msec) yang menandakan keberadaan mineral sulfida timah. .

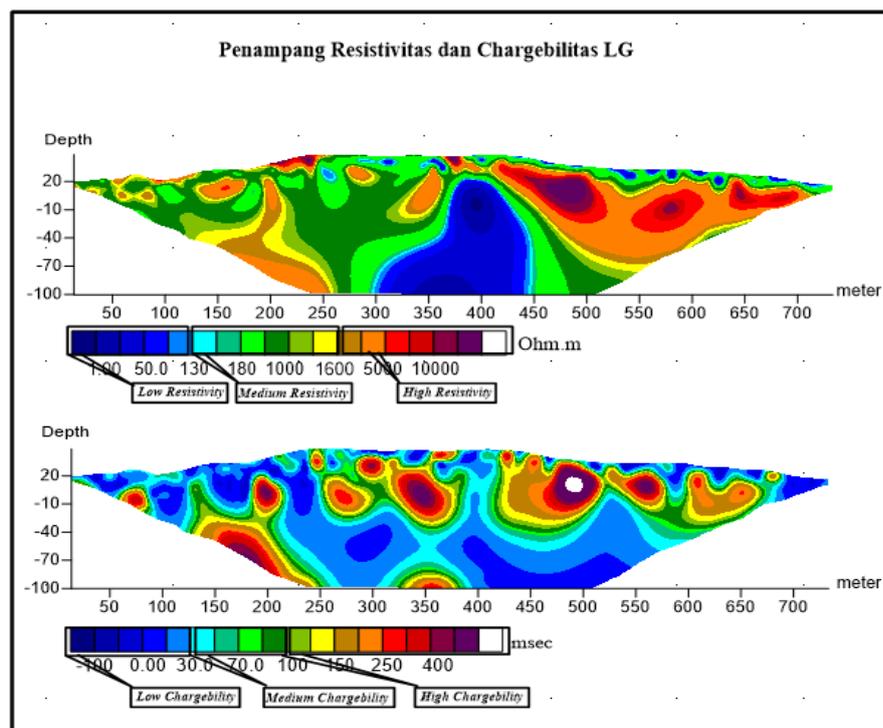
Pada lintasan ini terdapat beberapa zona mineralisasi timah primer pada respon nilai chargeabilitas tinggi (>100 msec). Zona tersebut ditandai oleh adanya overlay dengan respon nilai resistivitas tinggi (>1600 Ωm) pada rentang jarak antara (30 meter – 350 meter), (290 meter – 330 meter) dan (430 meter – 640 meter) dengan kedalaman berkesinambungan 90 meter dari permukaan pada lintasan.



Gambar 4.15 Overlay Penampang resistivitas dan Chargeabilitas Lintasan F

Berdasarkan hasil analisis nilai chargeabilitas dan resistivitas pada lintasan F, diidentifikasi bahwa zona mineralisasi timah primer berada pada respon nilai chargeabilitas tinggi (>100 msec) dan resistivitas tinggi (>1600 Ωm). Zona mineralisasi tersebut diindikasikan merupakan batuan beku granit yang berasosiasi dengan mineral sulfida yang telah diiris (arsir) pada Gambar 4.15. Pada lintasan F juga terdapat zona persebaran chargeabilitas tinggi (>100 msec) dan resistivitas tinggi (>1600 Ωm) yang mendekati bahkan sampai ke permukaan yang diindikasikan sebagai lapisan batu pasir dan silistone. Pada lintasan ini juga memperlihatkan singkapan urat (vein) yang memperkuat keberadaan batuan granit di bawah permukaan yang terintrusi sebagai batuan pembawa timah primer berada pada jarak (330 meter - 385 meter) pada lintasan.

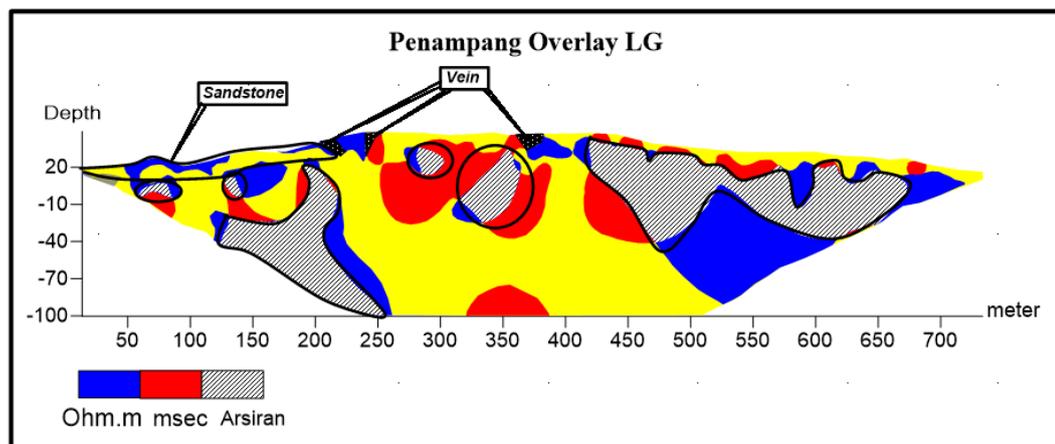
IV.2.8 Lintasan G Bukit Senggiri



Gambar 4.16 Penampang Resistivitas dan Chargeabilitas Lintasan G

Rentang respon nilai resistivitas dan chargebilas lintasan G (Gambar 4.16) yaitu ($1 \Omega\text{m} - 10000 \Omega\text{m}$) dan (-100 msec – 400 msec) sehingga dapat dibagi menjadi tiga bagian, yaitu resistivitas rendah($<130 \Omega\text{m}$), medium resistivitas($130 \Omega\text{m} - 1600 \Omega\text{m}$), dan resistivitas tinggi ($>1600 \Omega\text{m}$) yang menandakan keberadaan respon batuan beku serta batuan pembawa timah primer. Sedangkan nilai chargebilas dibagi atas chargebilas rendah ($<30 \text{ msec}$), chargebilas medium (30 msec – 100 msec), dan chargebilas tinggi ($>100 \text{ msec}$) yang menandakan keberadaan mineral sulfida timah. .

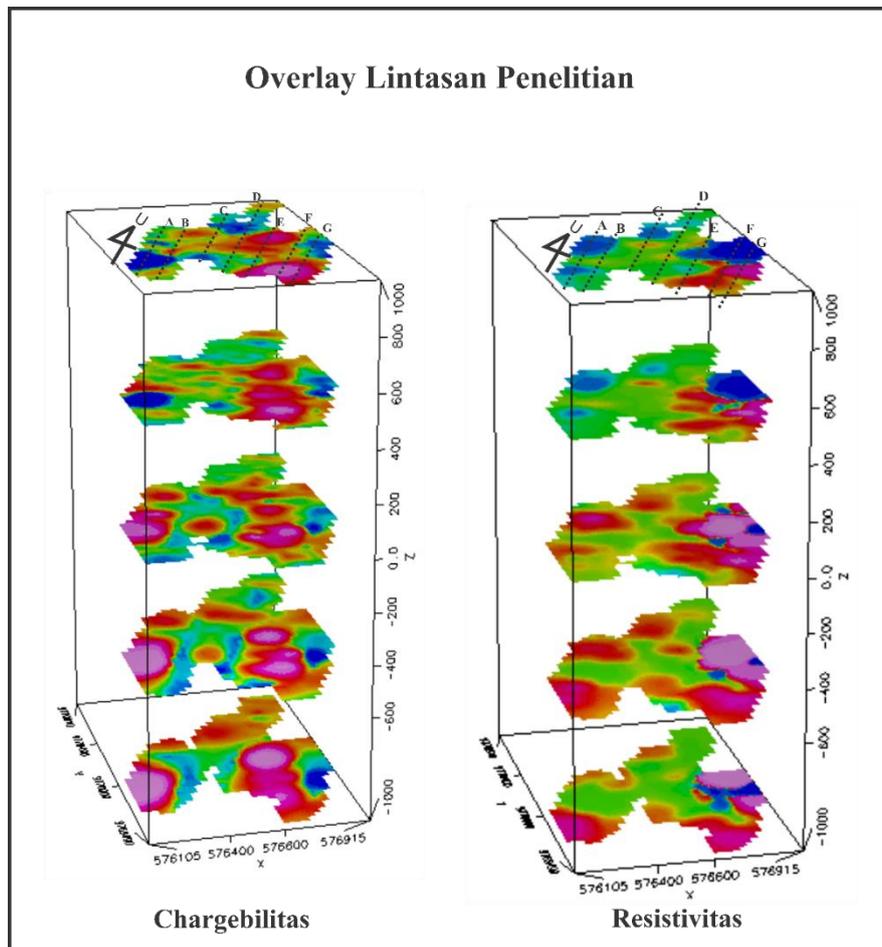
Pada lintasan ini, respon chargebilas tinggi ($>100 \text{ msec}$) dan resistivitas tinggi ($>1600 \Omega\text{m}$) merupakan zona mineralisasi primer akibat proses alterasi yang berada pada jarak (130 meter – 250 meter) dengan kedalaman 100 meter dari permukaan, sedangkan yang kedua berada pada rentang jarak (265 meter – 370 meter) dan (430 meter – 655 meter) berkesinambungan dengan kedalaman 40 meter dari permukaan.



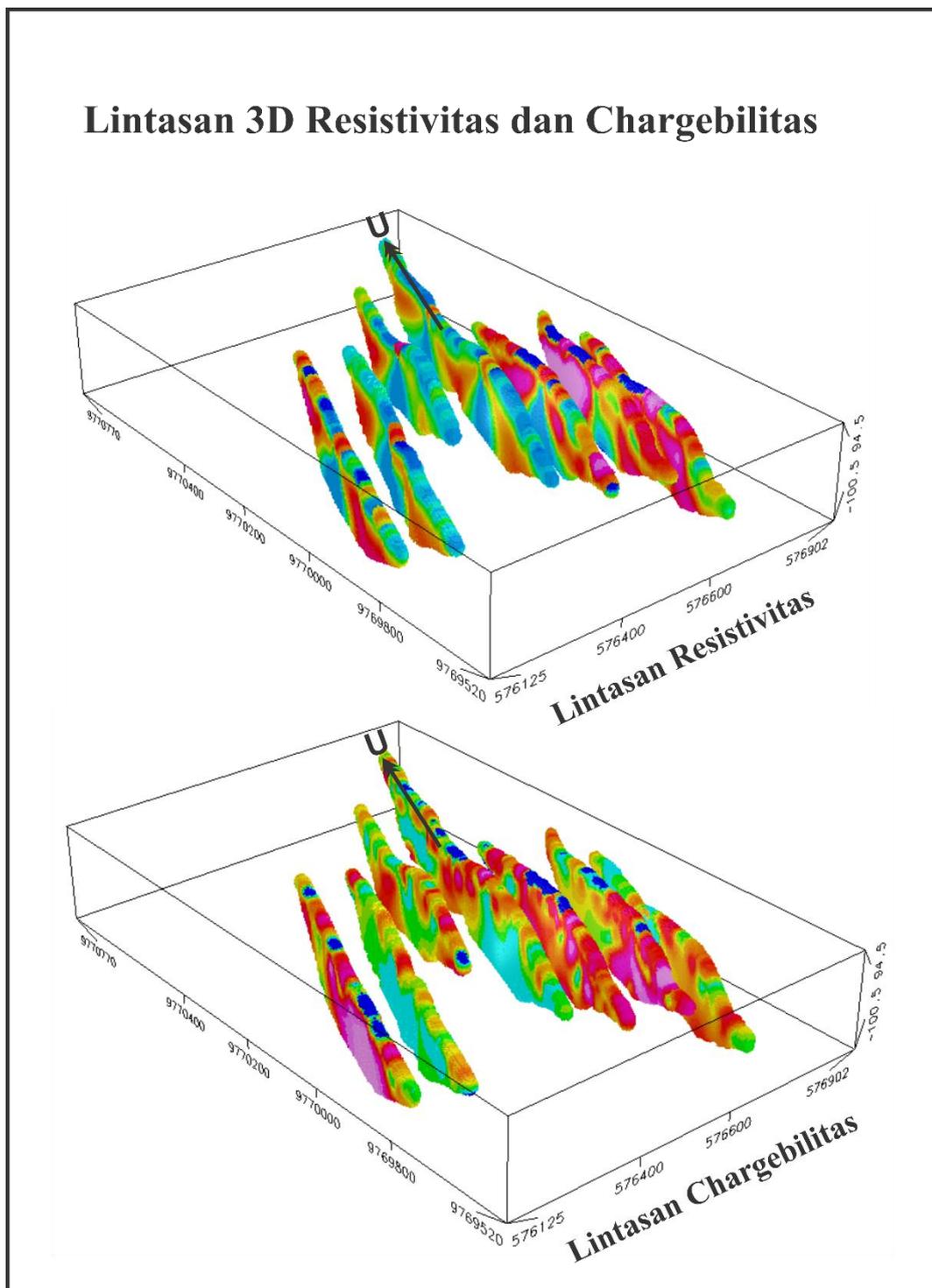
Gambar 4.17 Overlay Penampang resistivitas dan Chargebilas Lintasan G

Respon chargebilas tinggi (>100 msec) dan resistivitas tinggi ($>1600 \Omega\text{m}$) berdasarkan hasil analisis bahwasanya merupakan zona mineralisasi timah primer yang diidentifikasi akibat proses alterasi silisifikasi mengandung mineral sulfida yang berasosiasi dengan batuan beku granit dan batuan kuarsa dalam hal ini pembawa mineral timah yang telah diiris (arsir) pada Gambar 4.17. keberadaan timah primer dari intrusi batuan beku tersebut diperkuat oleh adanya urat (vein) yang tersingkap ke permukaan sepanjang lintasan G. Serta pada lintasan ini juga terdapat persebaran yang didominasi oleh respon resistivitas tinggi ($>1600 \Omega\text{m}$) yang diidentifikasi merupakan persebaran batu pasir pada permukaan.

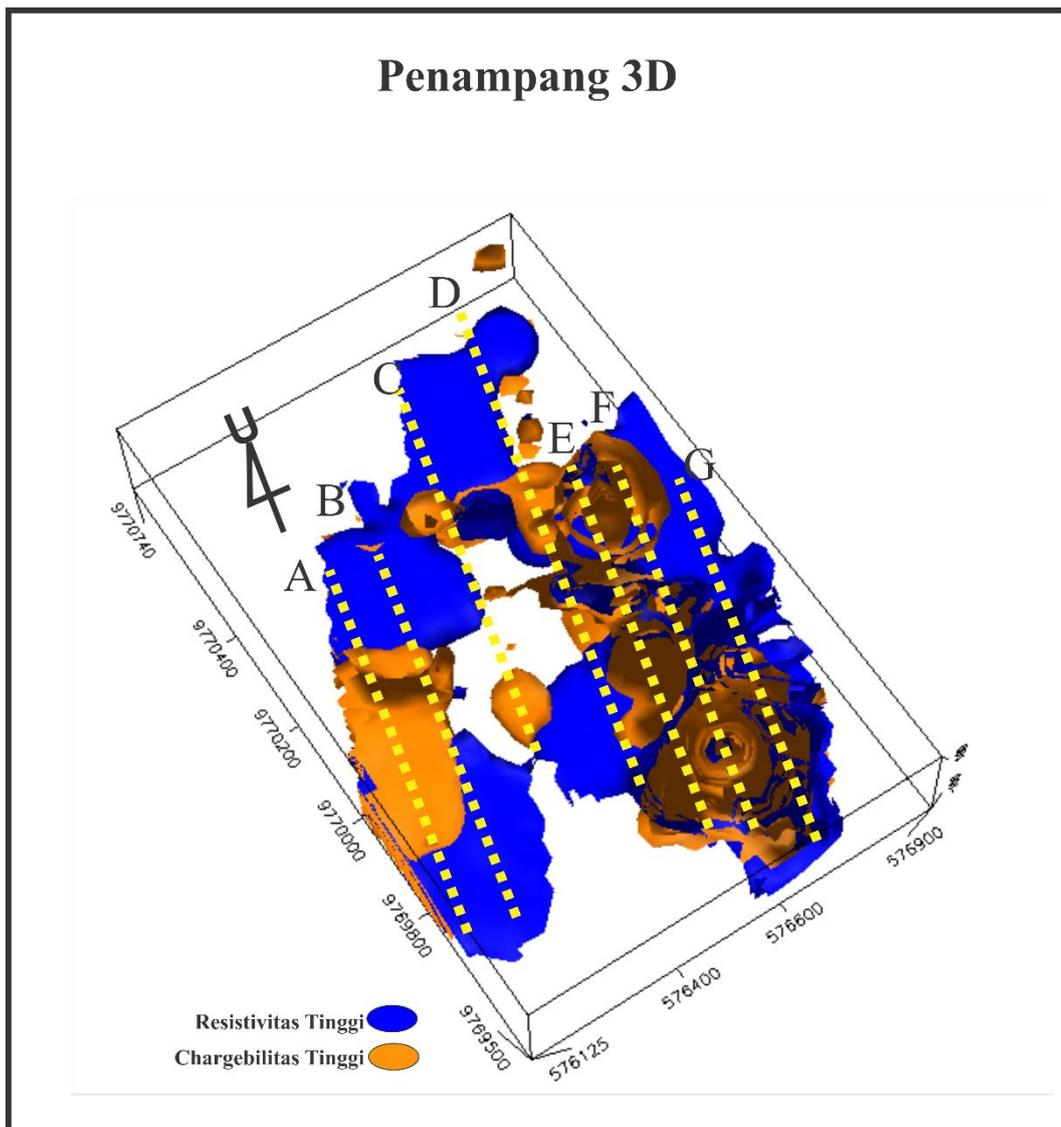
IV.3 Penampang 3D Overlay data Resistivitas dan Chargebilas



Gambar 4.18 Penampang 3D *Overlay* data resistivitas dan data chargebilas area penelitian pada kedalaman 100 meter, 50 meter, 0 meter, -50 meter dan -100 meter dari permukaan.



Gambar 4.19 Penampang 3D resistivitas dan chargebilas area penelitian.



Gambar 4.20 Penampang 3D *Overlay* data resistivitas dan data chargebilas area penelitian.

Warna biru pada Gambar 4.28 memiliki nilai resistivitas tinggi ($>1600 \Omega\text{m}$), kemudian ditimpah dengan nilai chargeabilitas tinggi yang berwarna orange dengan nilai ($>120 \text{ msec}$). Keberadaan mineral timah primer disetiap lintasan berdasarkan analisis nilai resistivitas dan chargeabilitas yang telah di tentukan pada penelitian kali ini oleh karena adanya zona struktur disetiap lintasan akibat intrusi granit di bawah permukaan, sehingga proses mineralisasi timah primer terjadi. Proses mineralisasi tersebut dikontrol oleh proses alterasi tertentu, yang mana didukung oleh adanya bukti persebaran granit yang teralterasi yang mengandung mineral-mineral pembawa timah primer seperti kuarsit, kaolin, klorit, pirit dan turmalin berdasarkan peta geologi area penelitian

BAB V

PENUTUP

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian ini maka dapat disimpulkan beberapa hal yaitu :

1. Dari penampang resistivitas dan chargeabilitas dapat diindikasikan terdapatnya keberadaan mineralisasi disetiap lintasan. Respon nilai chargeabilitas tinggi menandakan keberadaan mineral sulfide dalam hal ini timah. Sedangkan respon nilai resistivitas tinggi menandakan keberadaan batuan beku granit yang berasosiasi dengan kuarsa.
2. Zona prospek timah primer pada area penelitian berdasarkan model 3D yaitu pada resistivitas tinggi ($>1600 \Omega m$) dan chargeabilitas tinggi (>120 msec) yang saling menimpah satu sama lain (irisan). Keberadaan zona struktur disetiap lintasan menandakan adanya pengontrol mineralisasi dalam hal ini zona teralterasi yang berasosiasi dengan mineral sulfida seperti logam besi, timah, dll.

V.2 Saran

1. Perlu menggunakan nilai spasi yang lebih kecil agar penampang yang dihasilkan lebih detail dan teliti.
2. Perlu dilakukan survei geofisika lainnya seperti survei gravitasi, AMT dan geomagnet yang memiliki penetrasi lebih dalam untuk mengetahui pola struktur dan mengetahui basement dari lokasi penelitian agar diperoleh interpretasi bawah permukaan secara lebih detail.

3. DAFTAR PUSTAKA

4. Anton., 2017, “*Peta Geologi dan Peta Alterasi Bukit Senggiri dan sekitarnya Tempilang, Bangka Barat*”, Geologi Eksplorasi PT. Timah (Persero) Tbk., Bangka Belitung.
5. Ariesandra D., 2015, “*Karakterisasi Cebakan Mineral Sulfida Berdasarkan Hasil Metode Geolistrik Resistivitas dan Induksi Polarisasi Daerah Jampang Kabupaten Sukabumi*”, Universitas Pendidikan Indonesia, LIPI, Bandung.
6. Artha-Bumi Harapan., (2013, 25 september), *Supersting R8/IP*, Diperoleh 02 Agustus 2017, dari <http://artha-bh.blogspot.co.id/p/alat-geophysic-23.html/>.
7. Bemmelen V., 1949, *The Geology Of Indonesia*, Government Printing Office The Hague
8. Burleigh R. E., 1991, *Evaluation Of The Tin-Tungsten Greisen Mineralization And Associated Granite At Sleitat Mountain, Southwestern Alaska*, United States Department Of The Interior, Bureau Of Mines.
9. Djumhana D., 1995, *Beberapa aspek petrologi batuan granit di daerah bagian barat Pulau Bangka*, Kolokium hasil pemetaan dan penelitian puslitbang Geologi 1992/1993, Publikasi khusus No.16, 101-117, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
10. Gafoer S., Amin T. C., Setyogroho B., 1992, *Geologi Indonesia Lembar Palembang*, Pusat penelitian dan pengembangan geologi (PPPG) Bandung.
11. Grandis H., 2009, *Pengantar Pemodelan Inversi Geofisika*, Himpunan Ahli Geofisika Indonesia (HAGI), Bandung.
12. Haryadi Y., 2008, *Eksplorasi Mineral Placer di Laut Menggunakan Marine Resistivity dan Sub Bottom Profiling*, Tesis Program Magister Fisika, FMIPA UI, Jakarta.
13. Hutchison C. S., 2007, *Geological Evolution of South-East Asia*, Second Edition: Geological Society of Malaysia.
14. Katili J. A., 1980, *Geotectonics of Indonesia, a Modern View*, Directorate General of Mine, Jakarta.

15. Mallick D. L. J., 1992, *The Granites of the South-East Asian Tin Belt*, Overseas Memoir 10, British Geological Survey.
16. Mangga S., Andi., dan Djamal B., 1994, *Peta Geologi Lembar Bangka Utara*, Pusat Penelitian Pengembangan Geologi, Bandung.
17. Massinai M. A., Lantu., Latuconsina H., 2016, “*Distribution Analisis of Sulphide Mineral (pyrite) Using Induced Polarization Method in Libureng, Bone, Sulawesi Selatan*”, Proceeding, The 41th Annual convention and Exhibition of Indonesian Association of Geophysicists, Geophysics Department, Hasanuddin University, Makasar.
18. Ngadenin., Syaeful H., Setiawan., 2014, *Potensi Thorium dan Uranium di Kabupaten Bangka Barat*, Eksplorium, Vol. 35, No. 2, p. 75, Pusat Teknologi Bahan Galian Nuklir, Jakarta.
19. Pirajno F., 2009, *Hydrothermal Processes and Mineral Systems*, Geological Survey of Western Australia, Perth WA, Australia.
20. Pratama A., 2016, *Identifikasi Potensi Sumber Daya Timah Primer Dengan Menggunakan Induksi Polarisasi dan Resistivitas Daerah Bukit Puyuh Kec Tempilang Bangka Barat*, Skripsi, Universitas Hasanuddin, Makassar.
21. Prameswari., Fransiskha W., Syaeful., 2012, “*Analisa Resistivitas Batuan dengan Menggunakan Dar Zarrouk dan Konsep Anisotropik*”, Jurnal Sains dan Seni ITS., Vol. 1, No. 1, p. 15, 16, 17, Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan, Institut Teknologi Bandung (ITB), Bandung.
22. Rahman M. F. A., 2016, “*Studi Geologi, Alterasi dan Tipe Mineralisasi Pada Endapan Timah Primer Daerah Paku, Air Semut, Dan Payung, Kecamatan Payung, Kabupaten Bangka Selatan*”, Skripsi, Departemen Teknik Geologi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
23. Rozaq., Aunur., Susilo., 2005, *Identifikasi Kedalaman Dan Struktur Lapisan Bawah Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Dipole-Dipole*, Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Brawijaya, Malang.
24. Schwartz M. O., Rajah S. S., Askury A. K., 1995, *The Southeast Asian Tin Belt*, Elsevier: Earth-Science Reviews 38 (1995) 95-293.

25. Stemprok M., 2011, *An Overview Of The Association Between Lamprophyric Intrusions And Rare-Metal Mineralization*, Mineralogical Society Of Poland, Polskie Towarzystwo Mineralogiczne.
26. Tania D., 2009, “*Sebaran Endapan Plaser Timah Daerah Laut Cupat dan Sekitarnya, Perairan Bangka Utara, Kabupaten Bangka Barat, Propinsi Kepulauan Bangka Belitung*”, Jurnal Ilmiah MTG Vol. 2, No. 2. Teknik Geologi UPN, Yogyakarta.
27. Taylor R. G., 1979, *Geology of Tin Deposits*, Elsevier Scientific Publishing Company, New York.
28. Telford W. M., Geldart L. P., & Sheriff R. E., 1990, *Applied Geophysics*, Cambridge University Press, Cambridge.
29. Worodjati D., 1999, *Laporan Metode Polarisasi Terimbas untuk Eksplorasi Timah di daerah Air itam Kab Belitung Bangka Belitung*, Tidak Dipublikasikan, PT Timah Eksplorasi.
30. Yuwanto., Sapto.. Heru., 2014, *Pendugaan zona mineralisasi galena(PbS) di daerah Mekar Jaya sukabumi menggunakan metode Induksi Polarisasi (IP)*, Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi (SNAST), Jurusan Teknik Geologi, ITATS, Surabaya.

Lampiran I : Penurunan rumus potensial listrik pada bumi

Lampiran I : Penurunan rumus potensial listrik pada bumi

Operator gradien (∇) dalam koordinat bola :

$$\nabla = \frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial \theta} + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \phi} \quad (\text{L1.1})$$

Sehingga untuk operator Laplacian (∇^2) adalah :

$$\nabla^2 = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\sin \theta \frac{\partial}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \phi^2} = 0 \quad (\text{L1.2})$$

Berdasarkan Persamaan 2.10 untuk medium homogen :

$$\nabla^2 V = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial V}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\sin \theta \frac{\partial V}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{\partial^2 V}{\partial \phi^2} = 0 \quad (\text{L1.3})$$

Dengan ketrengan bahwa pada arus tunggal, arus mengalir simetri terhadap

θ dan ϕ sehingga $\theta = \phi = 0$, sehingga persamaan L1.3 menjadi :

$$\begin{aligned} \nabla^2 V &= \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial V}{\partial r} \right) + 0 + 0 = 0 \\ &= \frac{1}{r^2} \left(\frac{dr^2}{dr} \frac{\partial V}{\partial r} + r^2 \frac{d^2 V}{dr^2} \right) = 0 \\ &= \frac{2r}{r^2} \frac{dV}{dr} + \frac{d^2 V}{dr^2} = 0 \end{aligned} \quad (\text{L1.4})$$

Persamaan L1.4 dikalikan dengan r^2 sehingga menjadi :

$$\begin{aligned} r^2 \frac{2r}{r^2} \frac{dV}{dr} + r^2 \frac{d^2 V}{dr^2} &= 0 \\ 2r \frac{dV}{dr} + r^2 \frac{d^2 V}{dr^2} &= 0 \end{aligned} \quad (\text{L1.5})$$

Kemudian persamaan L1.5 di integralkan :

$$\int 2r \frac{dV}{dr} + \int r^2 \frac{d^2V}{dr^2} = \int 0$$

Untuk $\int 2r \frac{dV}{dr}$ dimisalkan $u = 2r$ dan $dv = \frac{dV}{dr}$ sehingga :

$$\begin{aligned} \int 2r \frac{dV}{dr} &= 2r V - \int V 2 dr \\ &= 2r V - V 2r \\ &= 0 \end{aligned} \tag{L1.6}$$

Untuk $\int r^2 \frac{d^2V}{dr^2}$ dimisalkan $u = r^2$ dan $dv = \frac{d^2V}{dr^2}$ sehingga :

$$\begin{aligned} \int r^2 \frac{d^2V}{dr^2} &= r^2 \frac{dV}{dr} - \int 2r \frac{dV}{dr} \\ &= r^2 \frac{dV}{dr} - 0 \end{aligned} \tag{L1.7}$$

Berdasarkan hasil pengintegralan pada persamaan (L1.6) dan (L1.7), sehingga persamaan menjadi :

$$\begin{aligned} r^2 \frac{d^2V}{dr^2} &= A \\ \frac{dV}{dr} &= \frac{A}{r^2} \end{aligned} \tag{L1.8}$$

Kemudian dilakukan lagi proses integral pada persamaan L1.8

$$\begin{aligned} \int \frac{dV}{dr} dr &= \int \frac{A}{r^2} dr \\ &= A \int r^{-2} dr \end{aligned}$$

$$= A(-1)r^{-1}dr + C$$

$$V = -\frac{A}{r} + C \quad (\text{L1.9})$$

Pada kasus arus listrik pada bumi berlaku luasan setengah bola menjadi :

$$I = J \cdot A$$

$$= (-\sigma E)2\pi r^2$$

$$= \left(-\frac{1}{\rho} \frac{dV}{dr}\right)2\pi r^2, \text{ kemudian disubstitusikan dengan persamaan L1.8}$$

$$= \left(-\frac{1}{\rho} \frac{A}{r^2}\right)2\pi r^2 \quad (\text{L1.10})$$

Diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$= A = -\frac{I\rho}{2\pi} \quad (\text{L1.11})$$

Apabila dilakukan substitusi persamaan (L1.11) kedalam persamaan (L1.9) maka akan diperoleh persamaan potensial listrik disetiap titik yang berhubungan dengan sumber arus pada permukaan bumi yang homogen isotropis adalah :

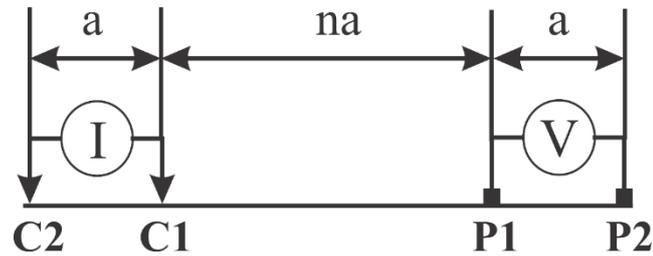
$$V = -\frac{A}{r} + C$$

$$= -\frac{\left(\frac{I\rho}{2\pi}\right)}{r}$$

$$V = \frac{1}{r} \frac{I\rho}{2\pi} \quad (\text{L1.12})$$

Lampiran II: Konfigurasi Diple - Dipole

Lampiran II: Konfigurasi Diple - Dipole



Dimana :

C_1 dan C_2 : Elektroda Arus

P_1 dan P_2 : Elektroda Potensial

$C_1C_2 = P_1P_2 = a$ (dalam satuan meter)

$$r_1 = C_1P_1 = na$$

$$r_2 = C_2P_1 = a + na$$

$$r_3 = C_1P_2 = a + na$$

$$r_4 = C_2P_2 = 2a + na$$

$$\begin{aligned} K &= 2\pi \left[\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} \right]^{-1} \\ &= \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \\ &= \left(\frac{1}{na} - \frac{1}{a+na} \right) - \left(\frac{1}{a+na} - \frac{1}{2a+na} \right) \\ &= \left(\frac{(a+na)-na}{na(a+na)} - \frac{(na+2a)-(a+na)}{(a+na)(na+2a)} \right) \\ &= \left(\frac{a}{na+(a+na)} - \frac{a}{(a+na)(na+2a)} \right) \\ &= \left(\frac{a}{na^2+(na)^2} - \frac{a}{na^2+2a^2+(na)^2+2na^2} \right) \\ &= \left(\frac{a}{a^2+(n+n^2)} - \frac{a}{3na^2+2a^2+(na)^2} \right) \end{aligned}$$

$$= \left(\frac{a}{a^2+(n+n^2)} - \frac{a}{a^2(3n+2+n^2)} \right)$$

$$= \frac{1}{a(n+n^2)} - \frac{1}{a(3n+2+n^2)}$$

$$= \frac{1}{a} \left(\frac{1}{(n^2+n)} - \frac{1}{(n^2+3n+2)} \right)$$

$$= 2\pi \frac{1}{\frac{1}{a} \left(\frac{1}{(n^2+n)} - \frac{1}{(n^2+3n+2)} \right)}$$

$$= 2\pi a \left(\frac{1}{(n^2+n)} - \frac{1}{(n^2+3n+2)} \right)$$

$$\mathbf{K} = 2\pi a \frac{(n^2+3n+2)-(n^2+n)}{(n^4+3n^3+2n^2+n^3+3n^2+2n)}$$

$$= \frac{(2n+2)}{(n^4+4n^3+5n^2+2n)}$$

$$= \frac{2(n+1)}{n(n^3+4n^2+5n+2)}$$

$$\mathbf{K} = 2\pi a \frac{n(n^3+4n^2+5n+2)}{2(n+1)}$$

$$= \pi a n \frac{(n^3+4n^2+5n+2)}{(n+1)}$$

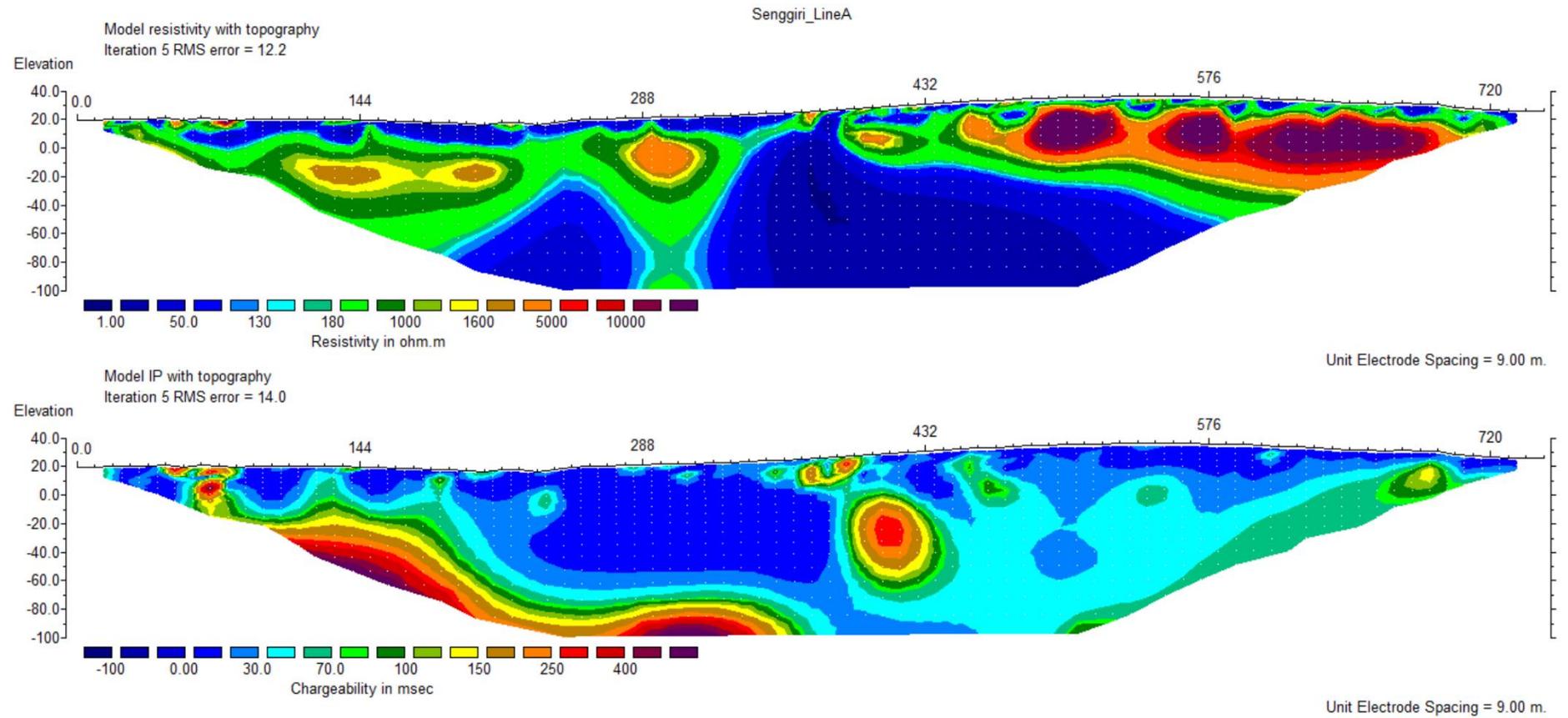
$$= \pi a n \frac{(n^2+3n+2)(n+1)}{(n+1)}$$

$$= \pi a n (n^2 + 3n + 2)$$

$$\mathbf{K} = \pi a n (n + 2)(n + 1)$$

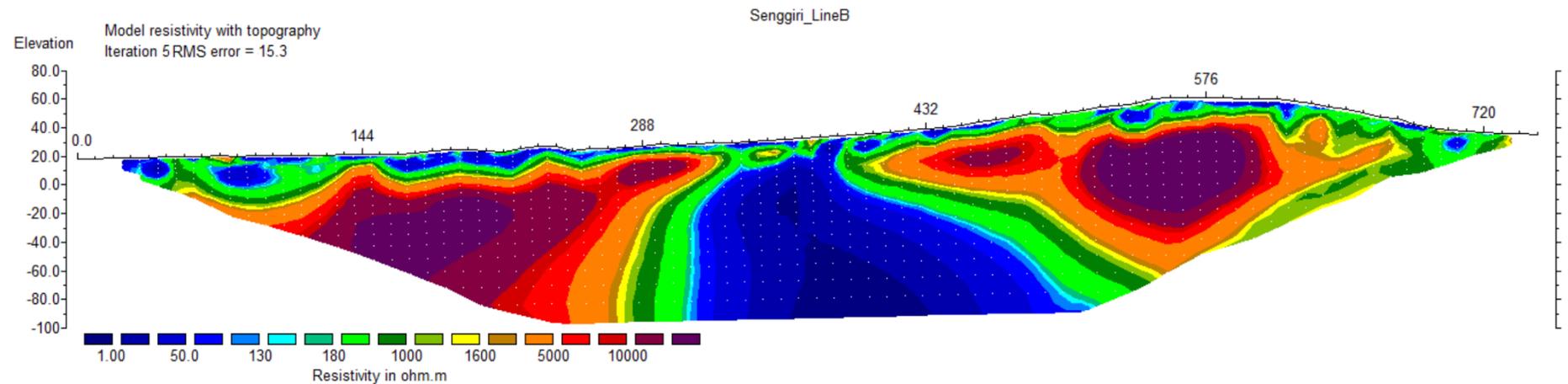
Lampiran III: Hasil Inversi Res2Dinv

Lintasan_A

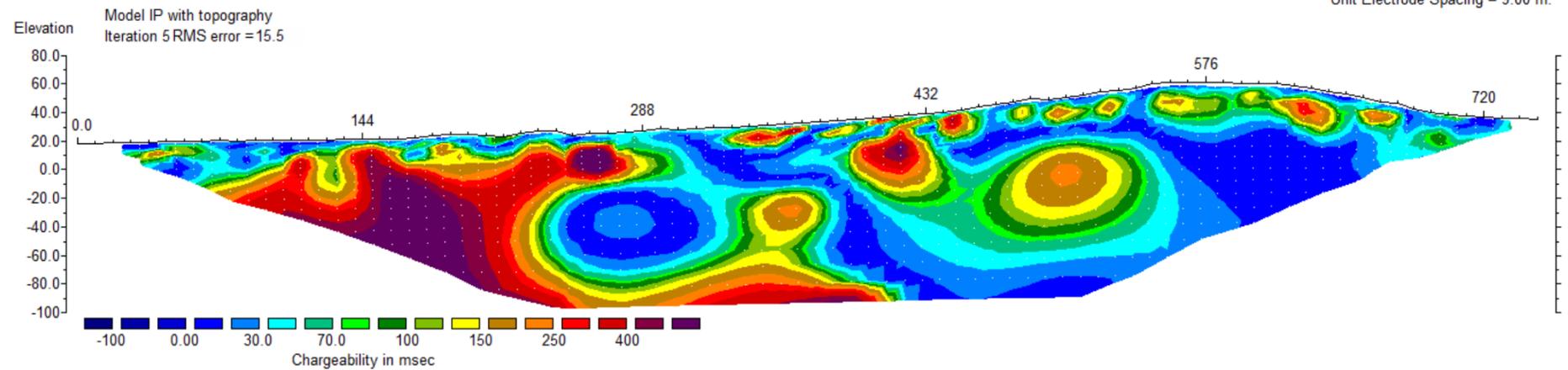


Horizontal scale is 15.48 pixels per unit spacing
Vertical exaggeration in model section display = 0.72
First electrode is located at 0.0 m.
Last electrode is located at 747.0 m.

Lintasan_B



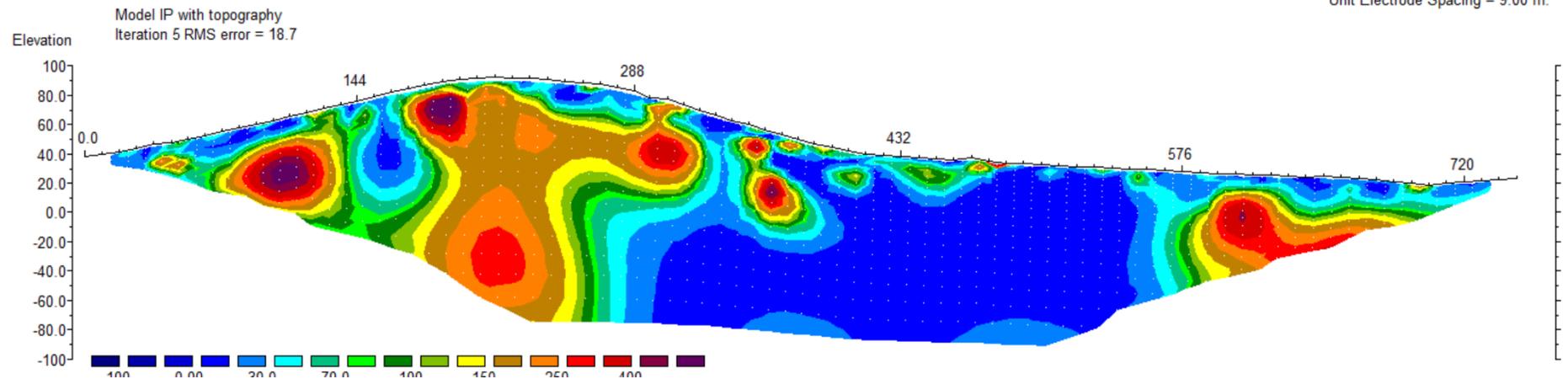
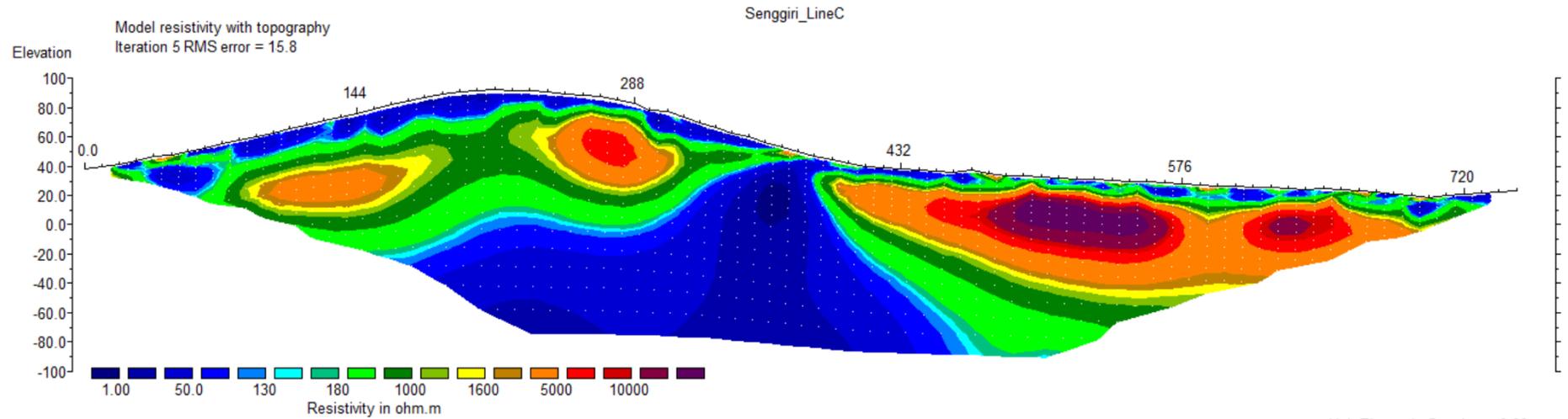
Unit Electrode Spacing = 9.00 m.



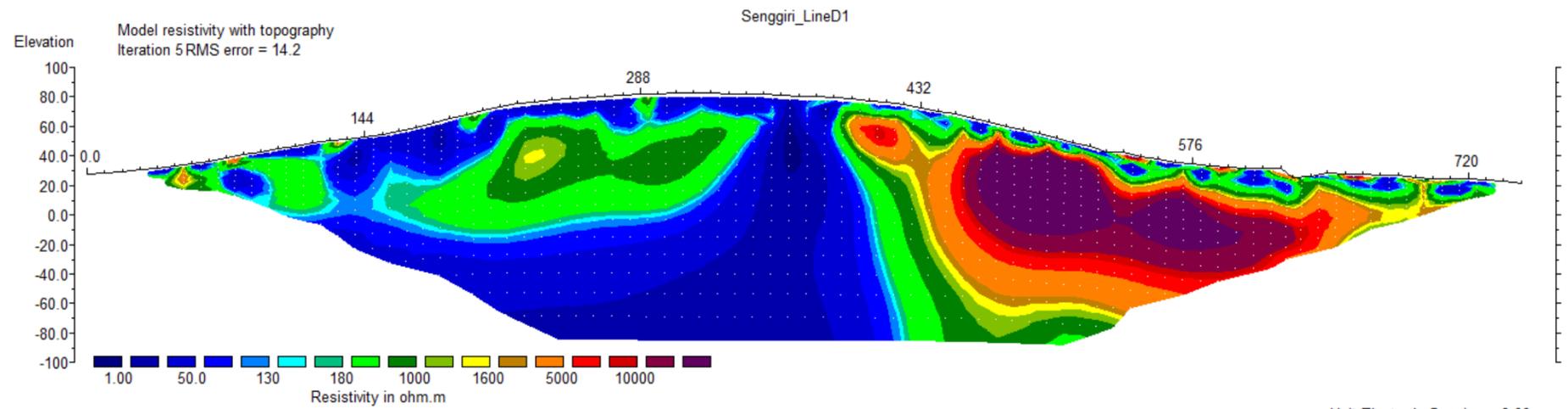
Unit Electrode Spacing = 9.00 m.

Horizontal scale is 15.48 pixels per unit spacing

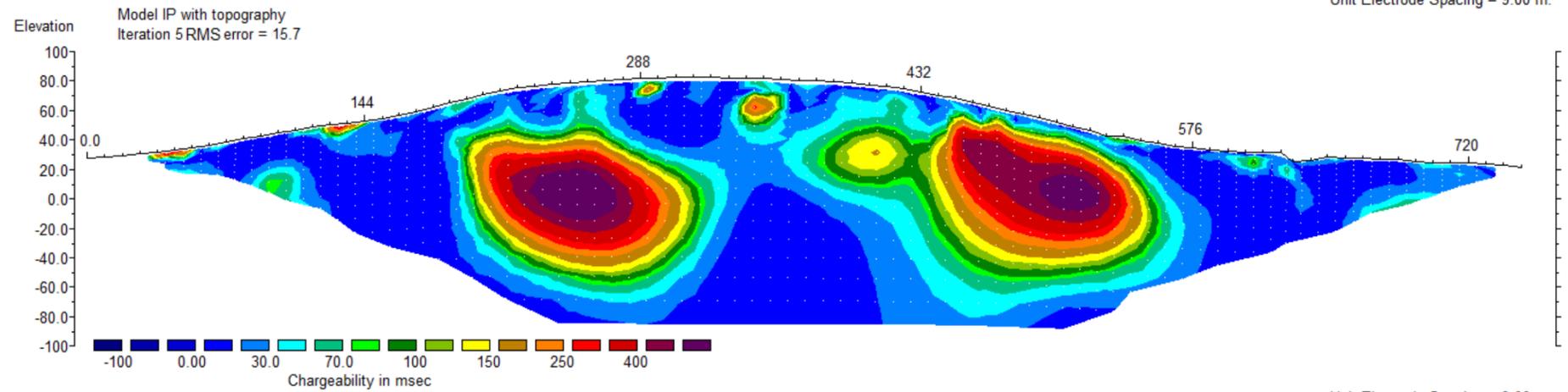
Lintasan_C



Lintasan_D1

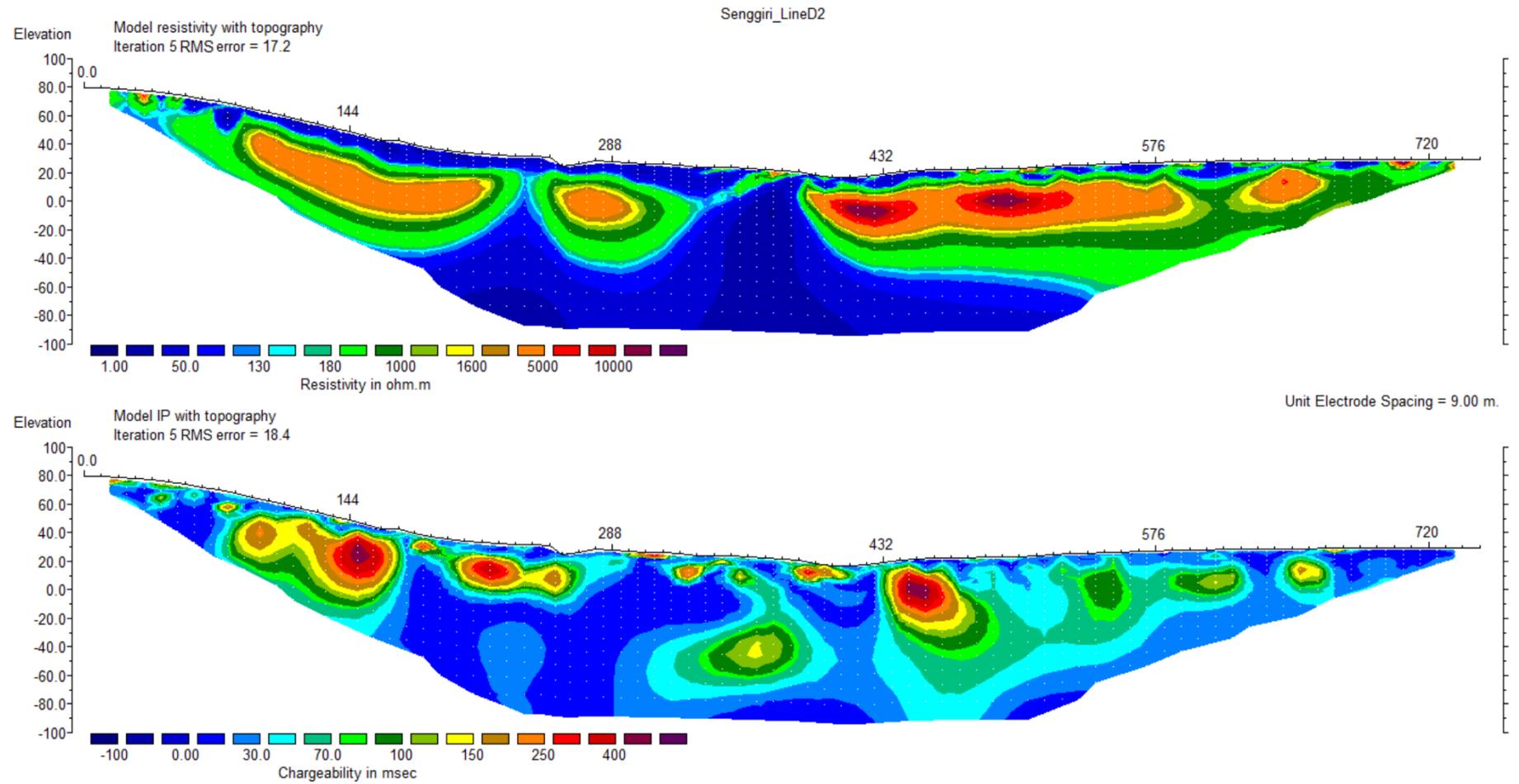


Unit Electrode Spacing = 9.00 m.

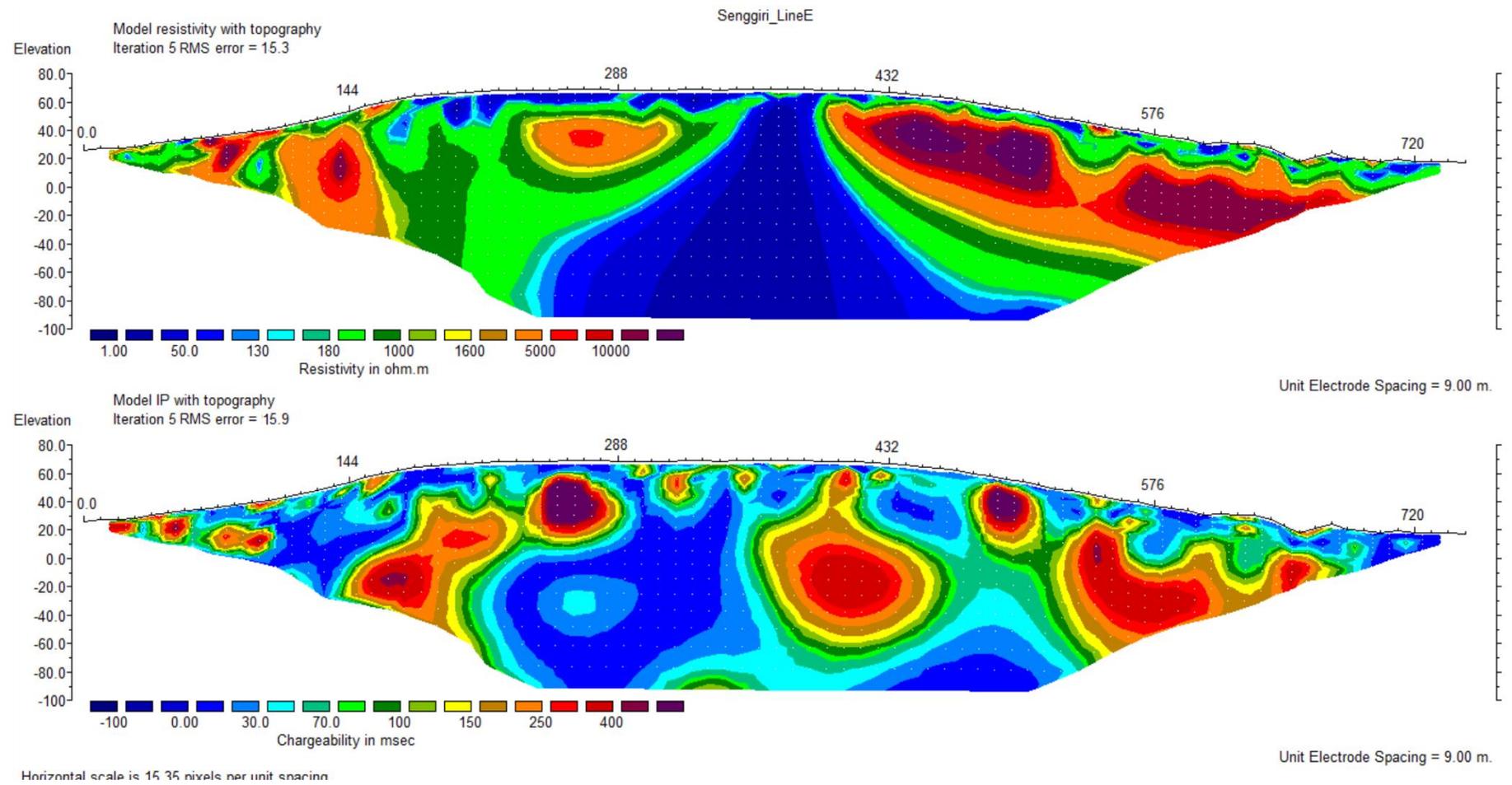


Unit Electrode Spacing = 9.00 m.

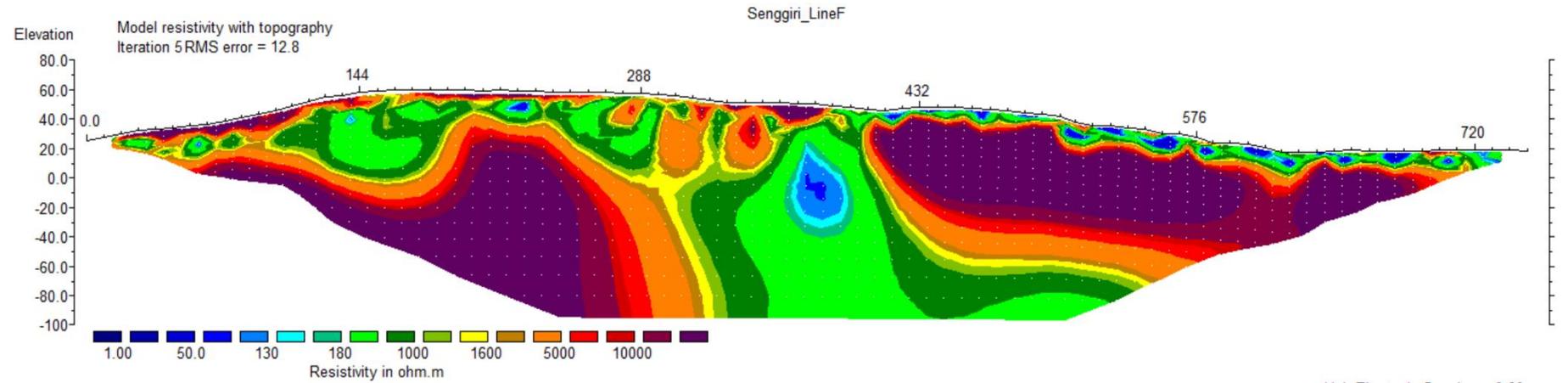
Lintasan_D2



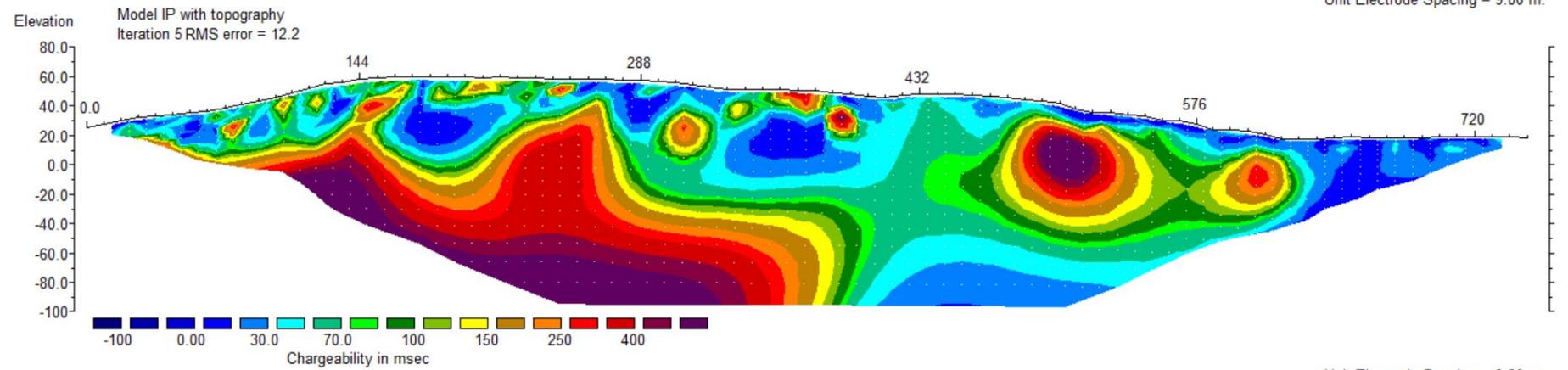
Lintasan_E



Lintasan_F



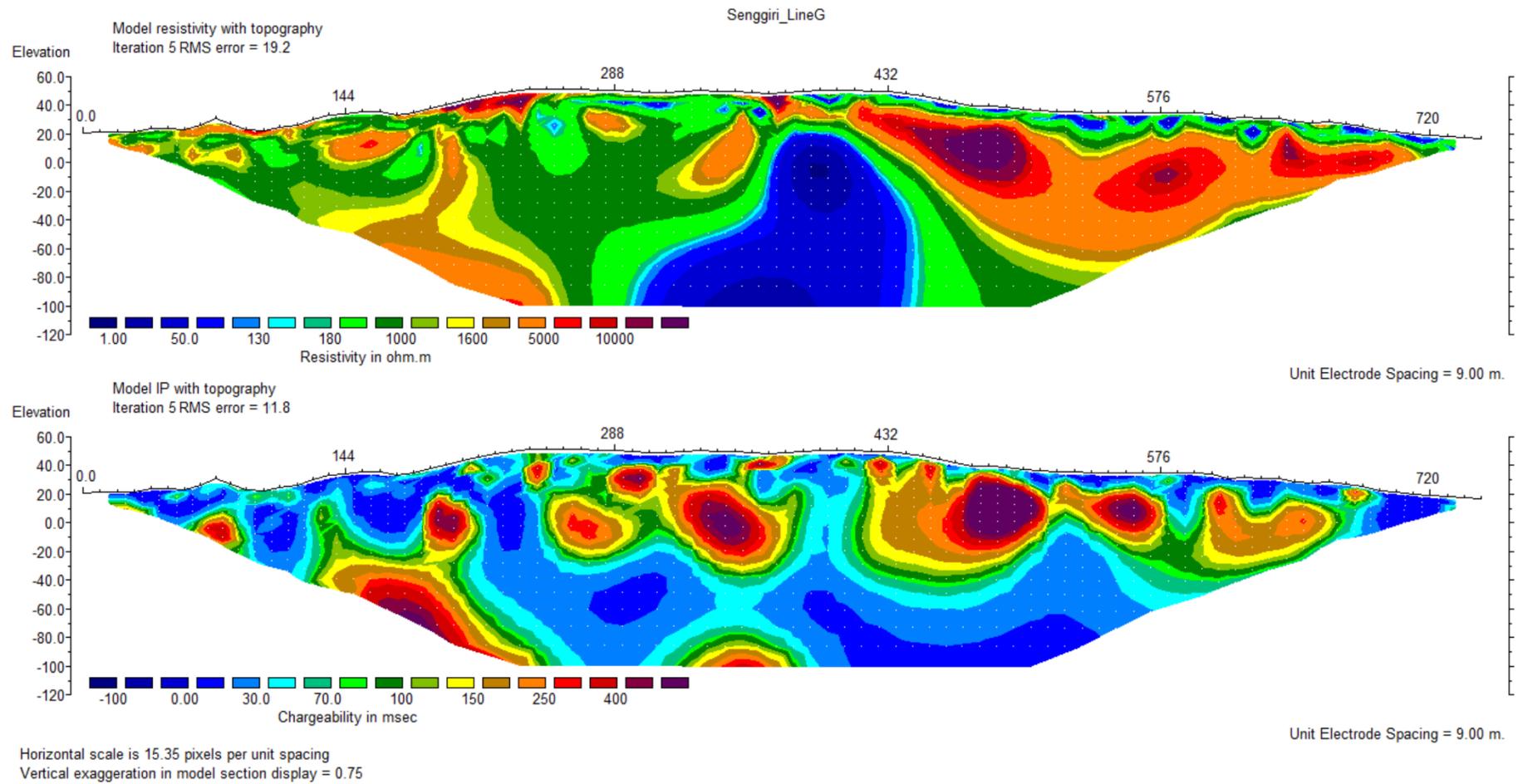
Unit Electrode Spacing = 9.00 m.



Unit Electrode Spacing = 9.00 m.

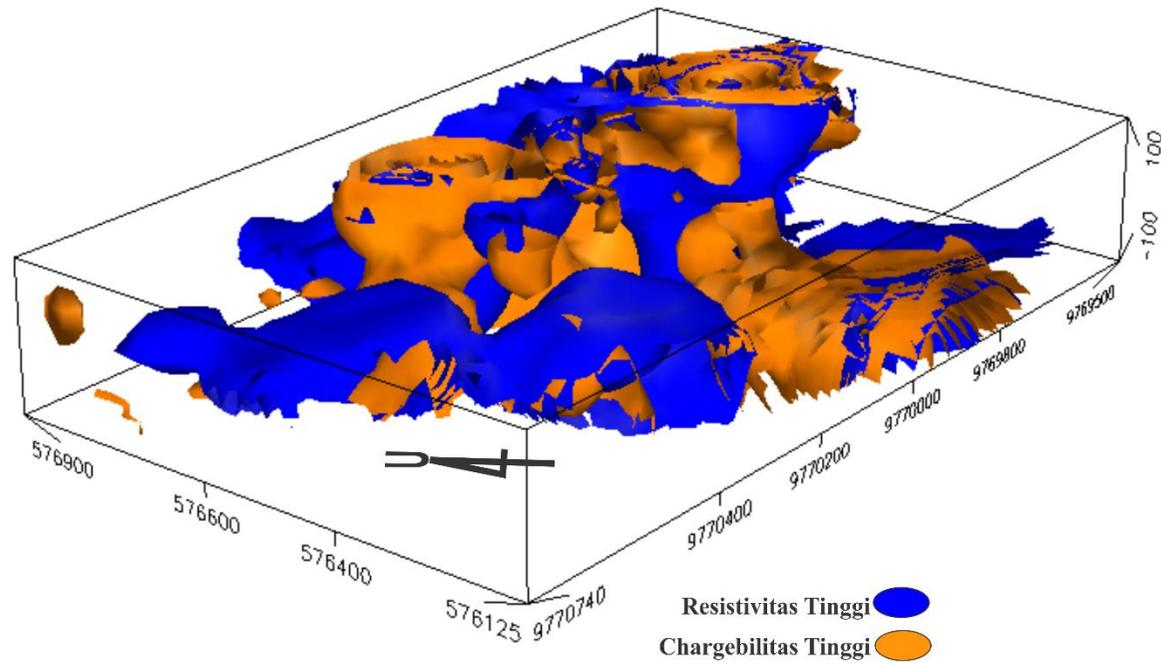
Horizontal scale is 15.35 pixels per unit spacing
Vertical exaggeration in model section display = 0.75

Lintasan_G

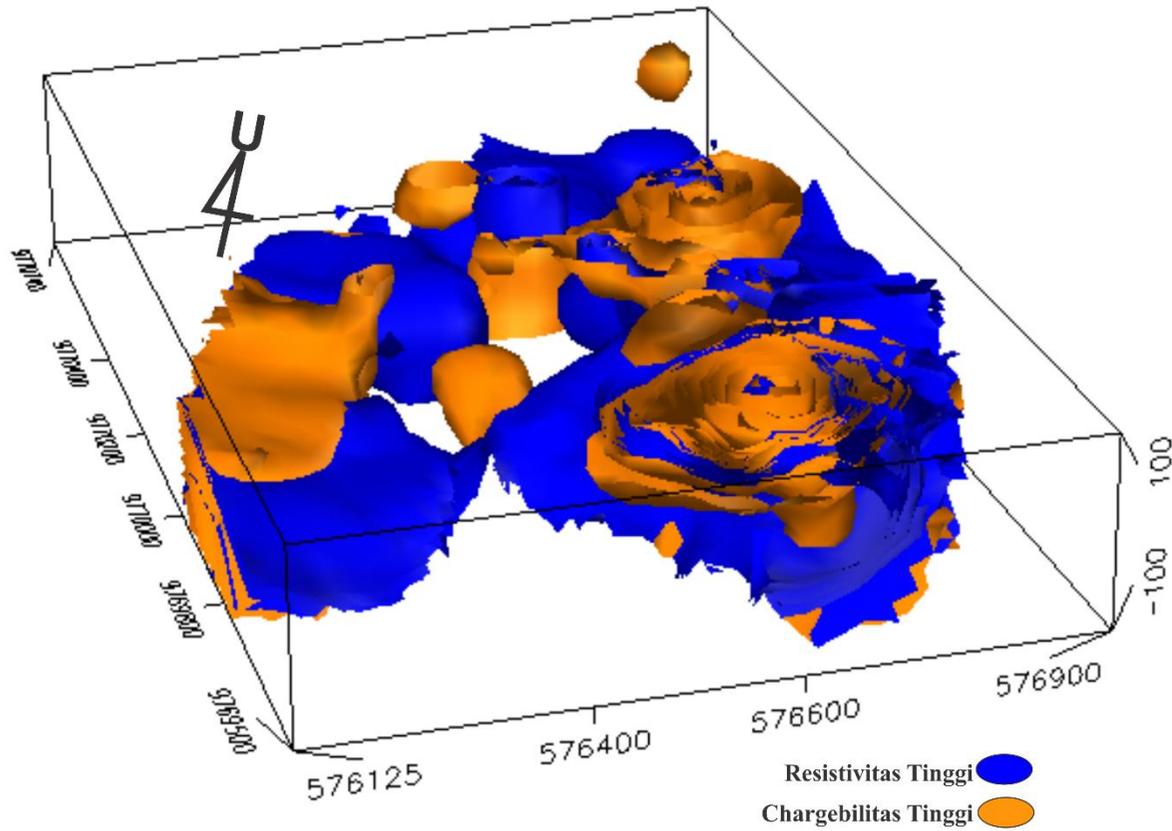


Lampiran IV: Hasil Pemodelan 3D

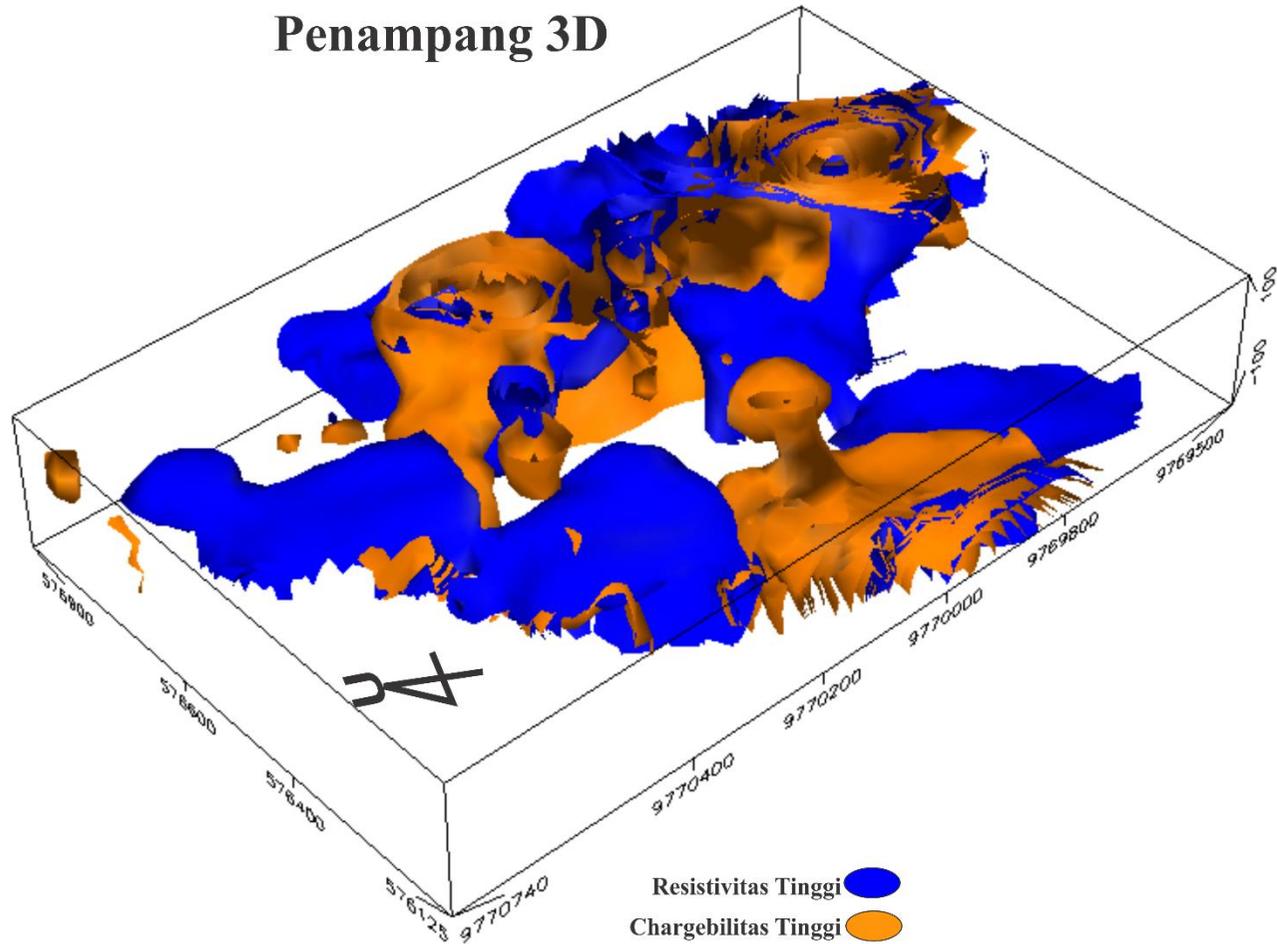
Penampang 3D



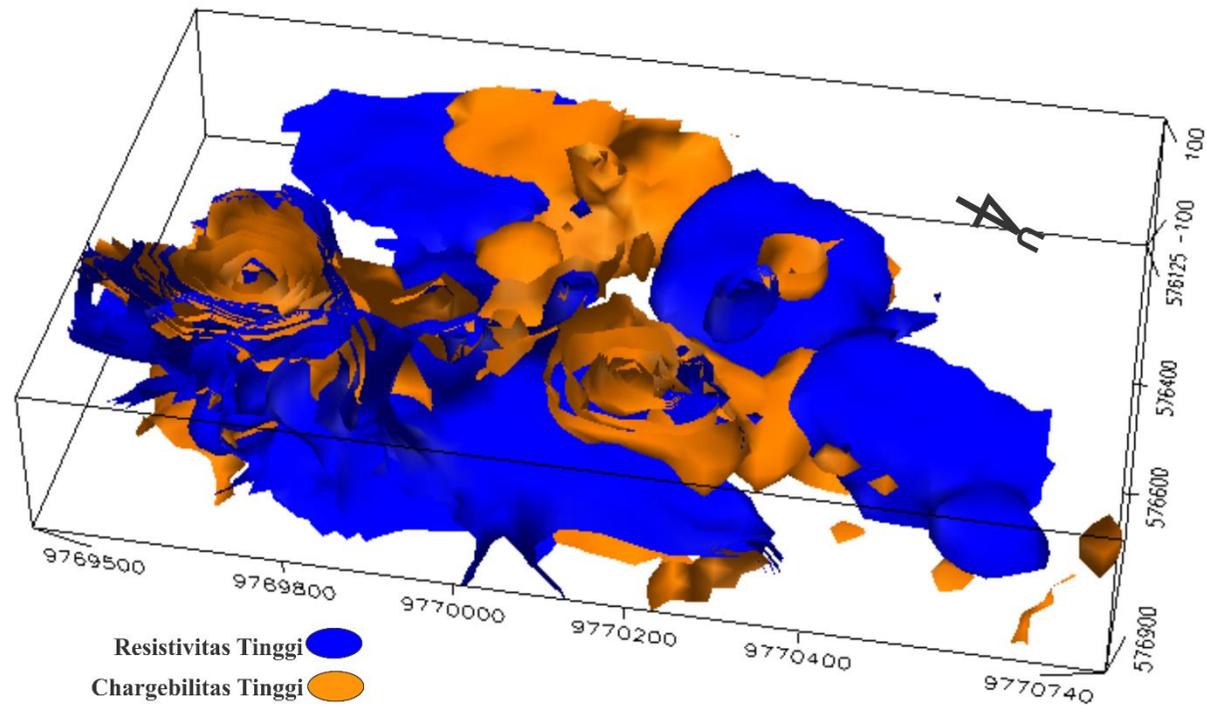
Penampang 3D



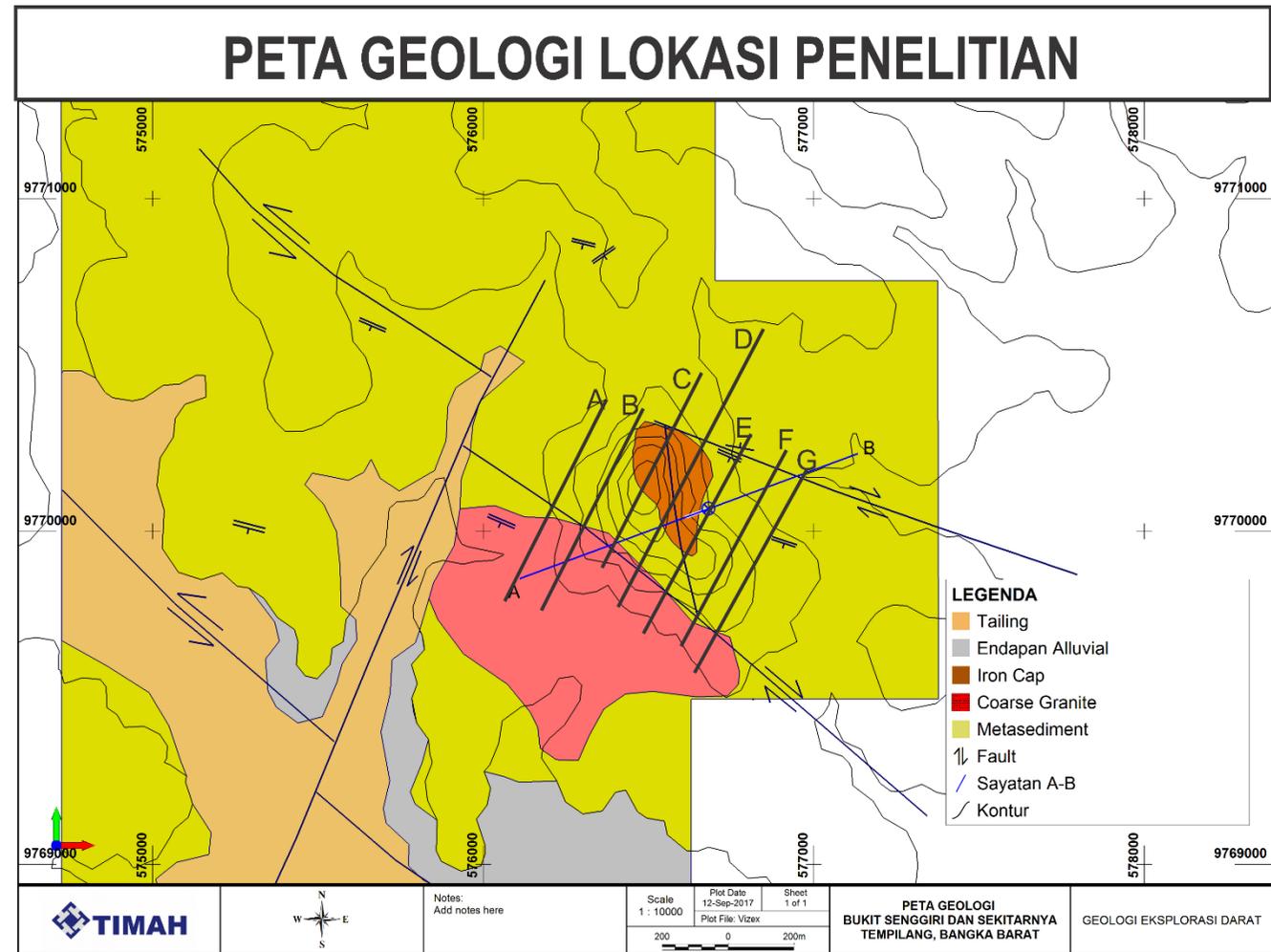
Penampang 3D



Penampang 3D



Lampiran V: Data Geologi



PETA GEOLOGI LOKASI PENELITIAN

