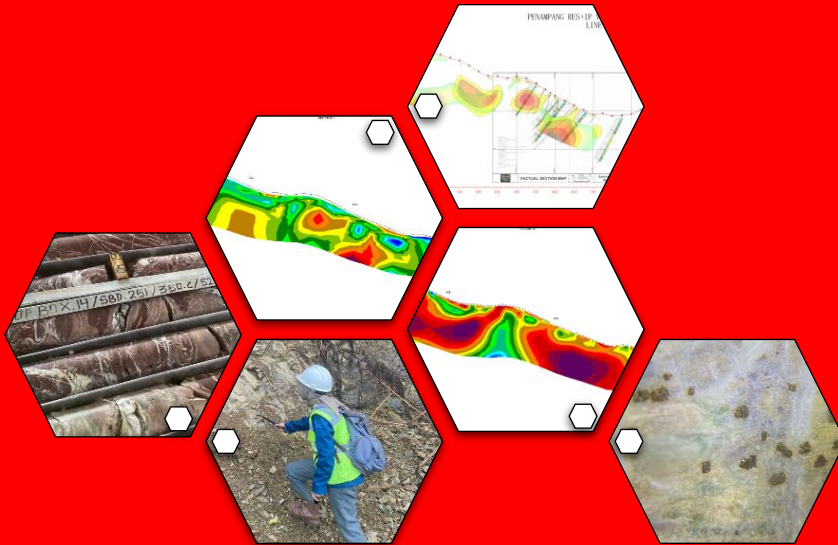


**IDENTIFIKASI ZONA ALTERASI DAN MINERALISASI MENGGUNAKAN
METODE *INDUCED POLARIZATION* DI DAERAH LATIMOJONG,
KABUPATEN LUWU, PROVINSI SULAWESI SELATAN**



**INDAH NURUL FITRA
H061191001**



**PROGRAM GEOFISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITASA HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**IDENTIFIKASI ZONA ALTERASI DAN MINERALISASI MENGGUNAKAN
METODE *INDUCED POLARIZATION* DI DAERAH LATIMOJONG,
KABUPATEN LUWU, PROVINSI SULAWESI SELATAN**

**INDAH NURUL FITRA
H061 191 001**



**PROGRAM STUDI GEOFISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**IDENTIFIKASI ZONA ALTERSI DAN MINERALISASI MENGGUNAKAN
METODE *INDUCED POLARIZATION* DI DAERAH LATIMOJONG,
KABUPATEN LUWU, PROVINSI SULAWESI SELATAN**

**INDAH NURUL FITRA
H061 191 001**

Skripsi

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana

Geofisika

pada

**DEPARTEMEN GEOFISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

SKRIPSI**IDENTIFIKASI ZONA ALTERASI DAN MINERALISASI MENGGUNAKAN
METODE *INDUCED POLARIZATION* DI DAERAH LATIMOJONG,
KABUPATEN LUWU, PROVINSI SULAWESI SELATAN****INDAH NURUL FITRA**
H061 19 1001

Skripsi,

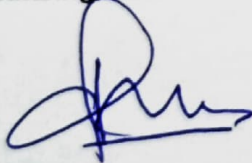
telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Sarjana Geofisika pada tanggal 21
Agustus 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

pada

Program Studi Geofisika
Departemen Geofisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin
Makassar
2024

Mengesahkan:

Pembimbing Utama

Prof. Dr. Ir. Muh. Altin Massinai, M.T. Surv. IPM
NIP. 196406161989031006

Pembimbing Pendamping

Syamsuddin, S.Si., MT
NIP. 197401152002121001Mengetahui.
Ketua Program Studi Geofisika
Dr. Muh. Alimuddin Hamzah, M.Eng
NIP. 196709291993031003

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul "Identifikasi Zona Alterasi dan Mineralisasi Menggunakan Metode *Induced Polarization* Di Daerah Latimojong, Kabupaten Luwu, Provinsi Sulawesi Selatan" adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing Prof. Dr. Ir. Muh. Altin Massinai, M.T. Surv. IPM sebagai Pembimbing Utama dan Syamsuddin S.Si., M.T sebagai Pembimbing Pendamping. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 21 Agustus 2024



Indah Nurul Fitra
H061191001

UCAPAN TERIMA KASIH

Tiada kata yang paling indah selain puji dan rasa syukur kepada Allah SWT, yang telah menentukan segala sesuatu berada di tangan-Nya. Alhamdulillah atas hidayah dan inayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan Skripsi ini yang berjudul: **Identifikasi Zona Alterasi dan Mineralisasi Menggunakan Metode *Induced Polarization* di Daerah Latimojong Kabupaten Luwu, Provinsi Sulawesi Selatan** yang merupakan syarat dalam rangka penyelesaian studi untuk menempuh gelar Sarjana Sains di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin Kota Makassar.

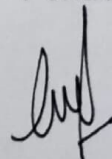
Skripsi ini dapat terampungkan atas bimbingan, diskusi dan arahan dari dosen pembimbing, bapak **Prof. Dr. Ir. Muh. Altin Massinai, M.T. Surv. IPM dan Syamsuddin, S.Si., M.T** serta dosen penguji Bapak **Drs.Erfan, M.Si** dan Ibu **Makharani S.Si., M.Si** penulis mengucapkan terima kasih atas ilmu, arahan, koreksi dan sarannya yang telah membuat penulis menjadi lebih banyak pengetahuan. penulis mengucapkan terima kasih atas ilmu, arahan, koreksi dan sarannya yang telah membuat penulis menjadi lebih banyak pengetahuan. Penghargaan yang tinggi juga penulis sampaikan kepada Mas **Dony**, Mba **Meida Reizki** dan Mas **Firdaus** yang telah memberikan pengalaman dan ilmu kepada penulis selama kerja praktek. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada pak **Ikrar Mandiri**, Pak **Ahmad Khoirul Basyar**, Pak **Hirawan**, Pak **Are**, Pak **Erwin**, Kak **Fian** yang telah banyak memberikan bantuan serta meluangkan waktu untuk membimbing, memberikan ilmu dan pengalaman serta memotivasi penulis dalam penyusunan Tugas Akhir.

Selanjutnya penulis haturkan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada Ayahanda **Supriadi** dan Ibunda **Hasnia** tercinta yang senantiasa mendoakan dan memberikan semangat yang luar biasa serta memberikan dukungan moral maupun materil dalam mendampingi penulis sehingga mendapatkan kemudahan dalam menyelesaikan tugas akademik tepat pada waktunya. Kepada terbaik terbaik **Ismunandar, Irzat, Imelda** dan **Ibnu** terimakasih atas dukungan dan do'a yang tiada hentinya diberikan kepada penulis.

Adanya keberadaan orang sekitar dan teman-teman seperjuangan yang selalu mendukung penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Penulis mengucapkan terima kasih kepada teman seperjuangan bermigrasi **Mhuji, Nanov, Liani, Caca**, dan **Sindy** yang senantiasa menjadi pendengar, teman hangout, banyak lagi yang sangat berharga. Teman seperjuangan selama melaksanakan Kerja Praktek **Kafa, Ismi, Ajeng** dan **Febri** yang senantiasa berbagi ilmu, kebahagiaan dan cerita. Teman seperjuangan selama melaksanakan Tugas Akhir **Satya, Isna**, dan **Nurul** yang senantiasa berbagi ilmu, cerita bahagia serta pengalaman yang tidak akan terlupakan. Tidak lupa kepada teman seperjuangan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini di masa senang dan sedih.

Demikian penulis yang tak berhenti bersyukur dan mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang terlibat. Permohonan maaf yang sebesar-besarnya penulis sampaikan atas segala kekeliruan dalam penulis skripsi ini. Penulis berharap, karya ini dapat memberikan manfaat sebaik-baiknya.

Penulis



Indah Nurul Fitra
H061191001

ABSTRAK

INDAH NURUL FITRA. **Identifikasi Zona Alterasi Dan Mineralisasi Menggunakan Metode Induced Polarization Di Daerah Latimojong, Kabupaten Luwu, Provinsi Sulawesi Selatan.** (dibimbing oleh Muh. Altin Massinai dan Syamsuddin).

Dalam identifikasi endapan hidrotermal, hasil survey geolistrik digunakan untuk mengetahui zona mineralisasi dengan cara memetakan struktur bawah permukaan. Penelitian menggunakan metode *Induced Polarization* (IP) telah dilakukan di Latimojong, Kabupaten Luwu, Sulawesi Selatan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui persebaran zona alterasi dan mineral logam berdasarkan nilai resistivitas dan chargeabilitas, serta mengidentifikasi karakteristik zona mineralisasi yang dihasilkan dari data tersebut. Setelah memperoleh data sekunder geolistrik dan geologi, termasuk data logging bor, dilakukan pengolahan data yang mencakup perhitungan resistivitas dan chargeabilitas. Hasil dari pengolahan data dengan nilai resistivitas menengah dengan rentang nilai 172-412 Ωm , yang diidentifikasi sebagai zona alterasi filik. Sementara itu, nilai chargeabilitas yang ditemukan didominasi oleh nilai chargeabilitas rendah dengan rentang nilai 0,00-34,38 Msec nilai tersebut diinterpretasikan sebagai zona dengan kandungan mineral logam yang rendah. Pemilihan metode IP dengan konfigurasi pole-dipole dalam identifikasi zona alterasi dan mineralisasi sangat tepat. Karena konfigurasi ini mampu memberikan resolusi yang baik pada kedalaman dan memiliki sensitivitas tinggi terhadap konduktivitas lateral.

Kata Kunci: *Induced Polarization*, Alterasi, Mineralisasi, *logging bor*.

ABSTRACT

INDAH NURUL FITRA. *Identification of Alteration and Mineralization Zones Using the Induced Polarization Method in the Latimojong Area, Luwu Regency, South Sulawesi Province.* (Supervised by Muh. Altin Massinai and Syamsuddin).

In the identification of hydrothermal deposits, geoelectrical survey results are used to determine mineralization zones by mapping subsurface structures. A study using the Induced Polarization (IP) method has been conducted in Latimojong, Luwu Regency, South Sulawesi. The aim of this research is to determine the distribution of alteration zones and metal minerals based on resistivity and chargeability values, as well as to identify the characteristics of mineralization zones derived from this data. After obtaining secondary geoelectrical and geological data, including borehole logging data, data processing was carried out, which included the calculation of resistivity and chargeability. The results from data processing showed medium resistivity values ranging from 172-412 Ωm , which were identified as phyllic alteration zones. Meanwhile, the chargeability values found were predominantly low, with a range of 0.00-34.38 Msec, which were interpreted as zones with low metal mineral content. The selection of the IP method with a pole-dipole configuration in the identification of alteration and mineralization zones is very appropriate, as this configuration can provide good resolution at depth and has high sensitivity to lateral conductivity.

Keywords: *Induced Polarization, Alteration, Mineralization, borehole logging.*

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN PENGAJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKIRIPSI.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Dan Manfaat.....	1
1.2.1 Tujuan	1
1.2.2 Manfaat	2
1.3 Landasan Teori	2
1.3.1 Geologi Regional	2
1.3.2 Statigrafi Regional.....	3
1.3.3 Alterasi Hidrotermal.....	5
1.3.4 Klasifikasi Alterasi Hidrotermal	5
1.3.5 Endapan Epitermal.....	6
1.3.6 Mineralisasi	7
1.3.7 Metode Geolistrik	7
1.3.7.1 Defenisi Metode Geolistrik.....	7
1.3.7.2 Konsep Dasar Metode Resistivitas.....	8
1.3.8 Potensial di Sekitar Titik Arus	9
1.3.8.1 Potensial di Sekitar Titik Arus di dalam Bumi	9
1.3.8.2 Potensial Listrik Arus Tunggal di Dalam Bumi.....	10
1.3.8.3 Potensial Listrik Oleh Dua Arus di Dalam Bumi	11
1.3.9 Metode Geolistrik Induced Polarization	11
1.3.9.1 Prinsip Dasar	12

1.3.9.2 Konfigurasi Pole-Dipole	12
1.3.9.3 Mekanisme Induksi Polarisasi	13
1.3.9.4 Prinsip Pengukuran.....	15
BAB II METODE PENELITIAN	17
2.1 Lokasi Penelitian	17
2.2 Data.....	17
2.3 Tahap Penelitian	17
2.4 Bahan Alir Penelitian.....	20
BAB III HASIL PENELITIAN	21
3.1 HASIL.....	21
BAB IV PEMBAHASAN PENELITIAN	30
4.1 Pembahasan.....	30
BAB V PENUTUP	35
5.1 Kesimpulan	35
DAFTAR PUSTAKA.....	36
LAMPIRAN.....	38

DAFTAR GAMBAR

Nomor Urut	Halaman
1. Peta geologi regional majene (White 2017)2
2. Posisi endapan epitermal dalam sistem hidrotermal (Deb, 2007)3
3. Potensial di sekitar titik arus di dalam bumi (Telford, et.al., 1990).	10
4. Potensial listrik arus tunggal di permukaan bumi (Hendrajaya dan Arif, 1988). ..	10
5. Fenomena Induksi Polarisasi (Kearey dkk., 2002)	11
6. Konfigurasi Elektrode Pole-Dipole (Andriyani, S. dan A.H. Ramelan Sutarno 2010).....	13
7. Polarisasi membran (Kearey dkk., 2002)	14
8. Polarisasi Elektroda (Kearey dkk., 2002)	14
9. otensial residual terhadap waktu (Reynold, 1997)	15
10. Peta Lokasi Penelitian	17
11. Bagan alir.....	20
12. Penampang Resistivitas	23
13. Penampang Chargeabilitas	24
14. Penampang Chargeabilitas yang disesuaikan dengan daerah resistivitas tinggi dan resistivitas rendah.....	25
15. Penampang resistivitas yang disesuaikan dengan daerah chargeabilitas menengah.....	26
16. Penampang resistivitas tinggi dikorelasikan dengan Bor Section.....	27
17. Fotocore zona alterasi propolitik pada kedalaman 54.1-110.55 m SBD 134.....	28
18. Penampang chargeabilitas menengah dikorelasikan dengan Bor Section.....	29

DAFTAR TABEL

Nomor Urut	Halaman
1. Nilai resistivitas batuan dan mineral bumi (Telford dkk., 1990).....	8
2. Nilai chargeabilitas mineral (Telford dkk, 1990)	16
3. Hole Salu Bulo Diamond (SBD) 134.....	31
4. Hole Salu Bulo Diamond (SBD) 078.....	32
5. Hole Salu Bulo Diamond (SBD) 146.....	33
6. Hole Salu Bulo Diamond (SBD) 002.....	34

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor Urut	Halaman
Lampiran 1. Pembuktian faktor geometri konfigurasi Pole-Dipole.....	38
Lampiran 2. Gambar FotoCore	39

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mineral merupakan salah satu jenis mineral yang memiliki nilai ekonomi tinggi. Proses pembentukan mineral mengacu pada naiknya larutan fluida hidrotermal ke dalam tanah melalui retakan atau retakan pada struktur batuan. Kemudian mengalami proses diferensiasi dan stratifikasi. Proses pengendapan mineral emas pada rongga-rongga struktur batuan menyebabkan keberadaan mineral tersebut tidak terkonsentrasi pada satu tempat saja, melainkan tersebar (Irvine, 1990).

Endapan hidrotermal merupakan salah satu endapan mineral yang memiliki hubungan yang sangat erat antara larutan hidrotermal dengan perubahan mineralogi pada batuan. Adanya kumpulan mineral ubahan dapat menjadi petunjuk dalam menentukan tipe alterasi dan mineralisasi pada suatu endapan mineral (White, 1996 dalam Simmons et al, 2005). Daerah keterdapat endapan hidrotelmal yang ada di Indonesia yang sangat menarik untuk dilakukan penelitian tentang endapan mineralnya salah satunya pada daerah Latimojong, diperlukan metode geofisika untuk memetakan keberadaan struktur batuan bawah permukaan untuk mengetahui keberadaan zona mineralisasi pada endapan emas.

Metode *induced polarization* (IP) merupakan salah satu metode geofisika yang mana merupakan cabang dari metode geolistrik, metode IP menggunakan konfigurasi pole-dipole ini sangat baik jika digunakan untuk memetakan keberadaan dari zona mineralisasi endapan emas mengingat dengan menggunakan konfigurasi pole -dipole dapat memetakan kondisi bawah permukaan secara horizontal dan vertical (Hendrajaya dan Arif, 1998). Sebagaimana penelitian yang telah dilakukan oleh Nirwansyah Eka Bimatara tentang Analisis Data Metode *Induced Polarization* Untuk Mendeteksi Deposit Emas (Au) Pada Lapangan "NTS" PT. ANTAM Tbk. Pada penelitian tersebut teridentifikasi persebaran zona deposit emas berdasarkan nilai resistivitas dan chargeabilitas di daerah penelitian dan mengetahui karakteristik anomali respon dari susunan batuan yang mengandung mineral sulfida dari nilai resistivitas dan chargeabilitas.

Berdasarkan uraian di atas maka dilakukan penelitian untuk mengidentifikasi zona alterasi dan mineralisasi di daerah Latimojong, Sulawesi Selatan, menggunakan metode *Induced Polarization*.

1.2 Tujuan dan Manfaat

1.2.1 Tujuan

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk:

- a. Mengetahui persebaran zona alterasi dan mineral logam berdasarkan nilai resistivitas dan chargeabilitas di daerah penelitian.

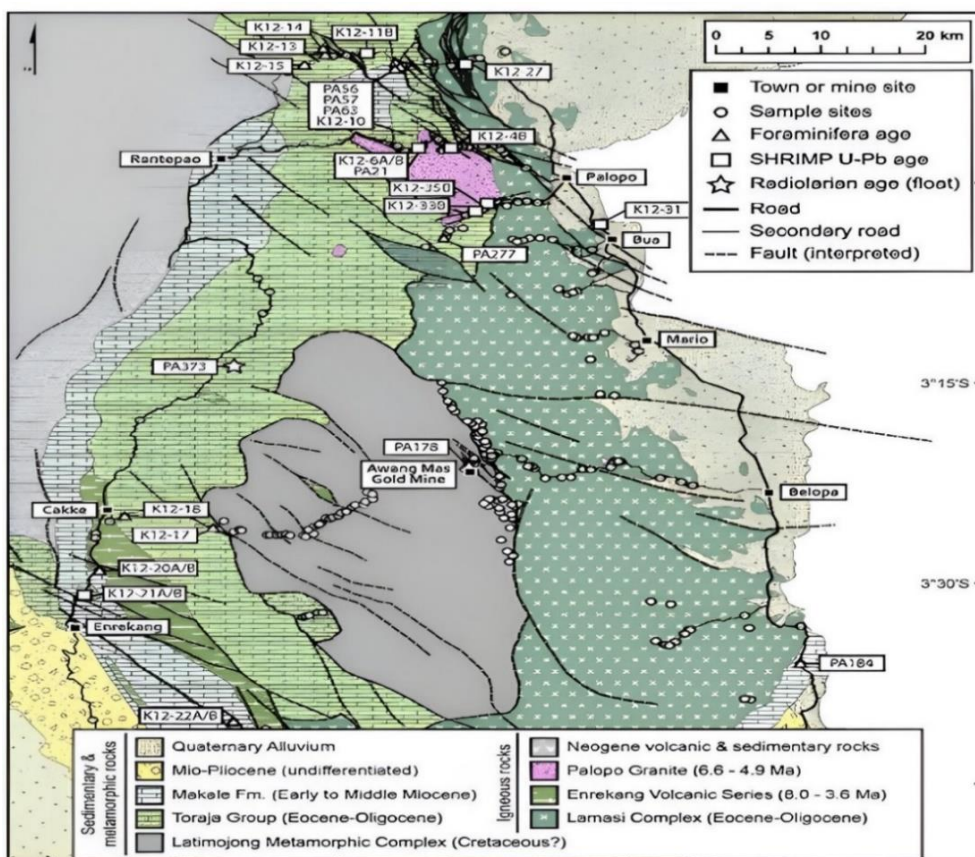
- b. Mengetahui karakteristik zona mineralisasi yang dihasilkan dari nilai resistivitas dan chargeabilitas di daerah penelitian.

1.2.2 Manfaat

Setelah dilakukannya penelitian ini, maka akan didapatkan informasi mengenai persebaran zona alterasi dan mineral logam berdasarkan nilai resistivitas dan *chargeability* di daerah Latimojong PT. Masmindo Dwi Area. Penelitian ini diharapkan dapat memberi pengetahuan mengenai mineral dan batuan yang menyusun bawah permukaan.

1.3 Landasan Teori

1.3.1 Geologi Regional



Gambar 1. Peta geologi regional lembar majene (White 2017).

Daerah Lembar Majene dan bagian barat Lembar Palopo (Gambar 1) terdiri dari jenis batuan yang berbeda-beda, seperti batuan sedimen, logam, batuan vulkanik, dan breksi. Umurnya berkisar dari Mesozoikum hingga Kuartar. Breksi vulkanik terdiri dari trakit dan batu apung, andesit, batupasir tufaan, breksi konglomerat dan tufaan; celah traktandesit usia tunggal yang mengganggu (Djuri,1998).

1. FORMASI MAKALE : Batu gamping terumbu, terbentuk di laut dangkal. Umurnya diduga Miosen Awal - Miosen Tengah.
2. FORMASI TORAJA : Serpih coklat kemerahan, serpih napalan kelabu, batugamping, batupasir kuarsa, konglomerat, batugamping, dan setempat batubara. Tebal formasi diduga tidak kurang dan 1000 m.
3. BATUAN GUNUNGAPI LAMASI : Lava andesit, basal, breksi gunung api, batu pasir dan batu lanau; setempat mengandung feldspatoid. Umumnya terkloritkan dan terkarsikan umurnya diduga oligosen karena menindih formasi toraja (*Tets*) yang berumur eosin, berumur paleosen. Tebal satuan tidak kurang dari 500 m
4. FORMASI LATIMOJONG : Secara umum formasi ini mengalami pemalihan lemah - sedang terdiri atas serpih, filit, rijang, marmer, kuarsit dan breksi terkarsikan diterobos oleh batuan beku menengah sampai basa; di lembar Mamuju. juga dijumpai Batu lempung mengandung fosil *globotruncana* berumur kapur akhir, dengan lingkungan pengendapan terdalam. Tebal formasi lebih dari 1000 m.

1.3.2 Statigrafi Regional

Formasi Latimojong merupakan satuan tertua pada Zaman Kapur Akhir. Daerah ini memperlihatkan batuan bermetamorfosis lemah hingga sedang seperti sekis abu-abu hingga hitam, filit, lanau, marmer, kuarsit, dan breksi silikat yang diintrusi oleh batuan alkali menengah (Djuri dan Sudjatmiko, 1974; Coffield et al., 1993; Bergman et al., 1996) . ; Djuri dkk., 1998; Querubin dan Walters, 2012).

Djuri dan Sudjatmiko (1974) mengklasifikasikan seluruh batuan tersebut sebagai bagian dari "Formasi Latimojong". Batupasir dan serpih ini tidak mengalami metamorfosis atau mempunyai sifat metamorf yang lemah. Oleh karena itu, gambaran paling rinci tentang "Formasi Latimojong" berasal dari daerah lain yang sebagian besar berjarak puluhan atau ratusan kilometer dari daerah Latimong. Ini termasuk rangkaian turbidit distal daerah Lariang yang dijelaskan oleh Calvert (2000) dan van Leeuwen dan Muhardjo (2005). Calvert (2000) melaporkan serpih berwarna abu-abu tua dengan jumlah batulanau yang bervariasi dan kadang-kadang batupasir halus dengan lanau sedang.

Van Leeuwen dan Muhardjo (2005) mendeskripsikannya sebagai batuan pelitik bermetamorfosis lemah dan batuan berbutir halus. Urutan ini dan pasangannya di daerah Karama menghasilkan nannofosil dan foraminifera (Chamberlain dan Seago, 1995), detrital zirkon Kapur (van Leeuwen dan Muhardjo, 2005) dan amon Kapur (Reijzer, 1920, 1995). Batuan serupa juga dilaporkan berumur Kapur (Campanian hingga Maastrichtian awal) pada peta segi empat Mamuju di sebelah barat Pegunungan Latimojong (Ratman dan Atmawinata, 1993). Urutan metasedimen Campanian hingga Maastrichtian Akhir juga terdapat di wilayah Bantimala dan Barru di Sulawesi bagian selatan (misalnya Formasi Balangbaru; Sukanto, 1982; Hasan, 1991) dan wilayah Biru (misalnya Formasi Marada); van Leeuwen, 1981). Mereka diperkirakan terbentuk di paru-paru selama subduksi berarah barat laut di sepanjang tepi selatan Sundalandia pada Kapur Akhir. (Van Leeuwen dan Muhardjo, 2005) dan mencakup kompleks akresi Kapur

Bawah dan ofiolit yang sangat tektonik. Metasedimen tingkat rendah ini jelas berbeda dengan yang dijelaskan oleh Djuri dan Sudjarmiko (1974) sebagai Formasi Latimojong di daerah Latimojong.

Pekerja lain telah mengusulkan istilah "Kompleks Latimojong" untuk batuan yang tersingkap di daerah Latimojong (Coffield et al., 1993). Istilah ini digunakan untuk mencakup dua rangkaian: (1) sedimen yang tidak bermetamorfosis atau metasedimen tingkat sangat rendah, digambarkan sebagai flysch atau turbidit, yang menutupi; (2) batuan metamorf tingkat rendah hingga tinggi yang mengalami deformasi tinggi, yang diperkirakan merupakan batuan metamorf tingkat rendah hingga tinggi. keduanya. Di daerah Latimojong. menggunakan istilah "Kompleks Metamorfik Latimojong" untuk batuan tua yang mengalami deformasi atau metamorfosis tinggi dan "Formasi Latimojong" untuk batuan sedimen yang lebih muda, tidak bermetamorfosis, atau bermetamorfosis tinggi. Rumit.

Metamorfisme Latimojong terlihat di seluruh Pegunungan Latimojong (tidak jelas apakah ada Formasi Latimojong yang berada di kawasan Latimojong). Kedua-dua barisan tersebut dianggap Kapur (dalam istilah stratigrafi), dengan Formasi Latimojong yang ditindih secara tidak selaras oleh kompleks metamorf. Namun, tidak ada hubungan yang teramati antara kedua unit tersebut, dan tidak ada singkapan atau data usia yang dapat diandalkan yang teramati untuk rangkaian ini di wilayah Latimojong. Misalnya, awalnya ditetapkan berumur Kapur Akhir berdasarkan Globotruncana yang ditemukan di batulumpur (Djuri dan Sudjarmiko, 1974), namun lokasi fosil tersebut tidak dilaporkan. pemetaan GRDC selanjutnya (Simandjuntak dkk, 1991) mengacu pada Djuri dan Sudjarmiko (1974) dan juga mengacu pada fosil Kapur yang dilaporkan oleh Brouwer (1934) pada batu kapur abu-abu antara Pasui dan Rante Lemo. Fosil-fosil ini termasuk Orbitolina dan Astrarea, lihat *cumulata*, yang dikatakan kemungkinan berumur Kapur.

Kompleks metamorf Latimojong meliputi sekis kuarsa-muscovite-albita terdeformasi, sekis glaucophane-lacsonite, sekis grafit, dan sekis (Querubin dan Walters, 2012). Batuan metamagnetik seperti amfibolit, meta-gabbro dan meta-granitoid secara tektonik disandingkan dalam kompleks metamorf Latimojong. Hal ini dapat dipetakan sebagai bagian dari Kompleks Metamorf Latimojong, namun kemungkinan mewakili batuan yang lebih muda (misalnya Kompleks Lamasi, Granit Palopo) yang secara tektonik berdekatan dengan rangkaian metamorf yang lebih tua.

Kompleks Metamorf Latimojong merupakan batuan metamorf Kapur Awal tingkat menengah hingga tinggi yang tersingkap di wilayah Bantimala dan Barru di Sulawesi Selatan (Wakita dkk., 1996). Formasi Latimojong terletak secara tidak selaras di dalam Kompleks Metamorfik Latimojong dan umurnya konsisten dengan litologi serupa yang terdapat di wilayah lain di Sulawesi Barat, seperti Formasi Balangbaru dan Marada (Sukanto dan Simandjuntak, 1983; Hasan, 1991; van Leeuwen 2000 dan Muhard).

Terkhusus di daerah Latimojong kompleks batuan bermetamorfosis lokal menjadi batuan dasar dan merupakan lapisan penutup yang terdiri dari batuan vulkaniklastik yang berubah menjadi *greenwash*. Di sisi lain, di bawah permukaan

terdiri dari batu biru, diorit yang sangat terubah, dan beberapa batuan ultrabasa. Kawasan Latimojong di dominasi oleh kompleks metamorf yang terdiri dari batulanau, unsur metavulkanik, dan intrusi dioritik. Vegetasi batuan menyebar di barat laut dan melengkung di timur laut.

Kontrol Struktur mineralisasi emas di Latimojong masih belum jelas yang merupakan batas kompleks metamorfosis latimojong dan bersebelahan dengan lamasi kompleks, sejajar dengan subparalel timur laut-barat daya dan barat laut-barat daya, patahan pada daerah tersebut tidak ada hubungannya dengan mineralisasi emas.

1.3.3 Alterasi Hidrotermal

Larutan hidrotermal adalah cairan bertemperatur tinggi (100 – 500 °C) sisa pendinginan magma yang mampu mengubah mineral yang telah ada sebelumnya dan membentuk mineral-mineral tertentu. Interaksi antara larutan hidrotermal dengan batuan yang dilaluinya (*wall rocks*) akan menyebabkan terubahnya mineral primer menjadi mineral sekunder (*alteration minerals*). Proses terubahnya mineral primer menjadi mineral sekunder akibat interaksi batuan dengan larutan hidrotermal disebut dengan proses alterasi hidrotermal (Parulian, 2008). Beberapa faktor yang berpengaruh pada proses alterasi hidrotermal adalah :

1. Temperatur dan tekanan pada saat reaksi berlangsung
2. Sifat kimia larutan hidrotermal (EH, pH)
3. Konsentrasi larutan hidrotermal
4. Komposisi batuan sampling
5. Durasi aktivitas hidrotermal Permeabilitas

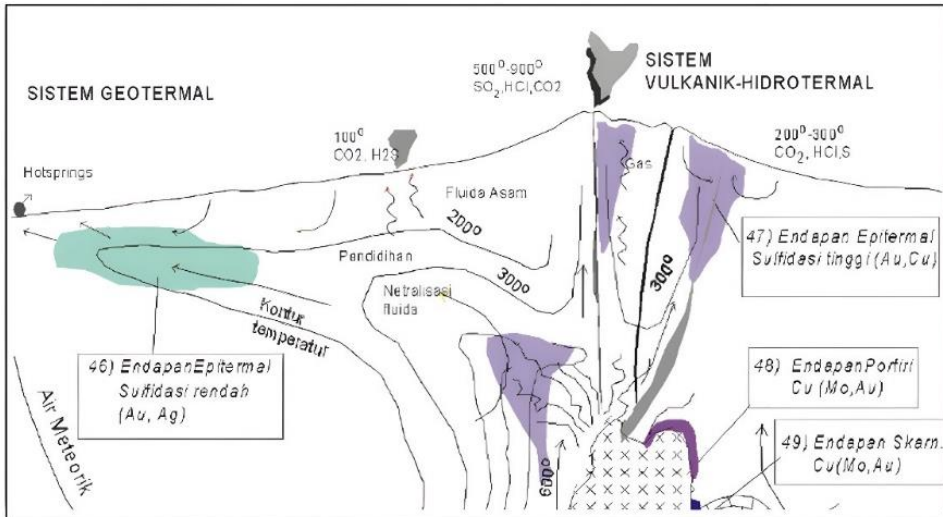
1.3.4 Klasifikasi Alterasi Hidrotermal

Klasifikasi Alterasi Hidrotermal Tipe-tipe alterasi berdasarkan himpunan mineral (Parulian, 2008) adalah :

1. Alterasi propilitik, dicirikan dengan mineral kunci: klorit, epidot, karbonat. Terbentuk pada temperatur 200 - 300°C, salinitas beragam, pH mendekati netral, daerah dengan permeabilitas rendah.
2. Alterasi argilik, dicirikan dengan mineral kunci: smektit, montmorilonit, illit-smektit, kaolinit. Terbentuk pada temperatur 100 - 300°C, salinitas rendah, pH asam – netral.
3. Alterasi argilik lanjut (temperatur rendah), dicirikan dengan mineral kunci: kaolinit, alunite. Terbentuk pada temperatur 180°C, pH asam.
4. Alterasi argilik lanjut (temperature tinggi), dicirikan dengan mineral kunci: pirofilit, diaspor, andalusit. Terbentuk pada temperatur 250 - 350°C, pH asam.
5. Alterasi potasik, dicirikan dengan mineral kunci: adularia, biotit, kuarsa. Terbentuk pada temperatur 250 - 350°C, salinitas tinggi, dekat dengan batuan intrusi.

6. Alterasi filik, dicirikan dengan mineral kunci: kuarsa, serisit, pirit. Terbentuk pada temperatur 230 - 400°C, salinitas beragam, pH asam – netral, zona tembus air pada batas urat.
7. Alterasi serisitik, dicirikan dengan mineral kunci: serisit (illit), kuarsa, muskovit.
8. Alterasi silisifikasi, dicirikan dengan mineral kunci: kuarsa.

1.3.5 Endapan Epitermal



Gambar 2. Posisi endapan epitermal dalam sistem hidrotermal (Deb, 2007).

Gambar 2 menunjukkan tahapan-tahapan endapan hidrotermal

1. Epitermal Sulfidasi Rendah: Endapan epitermal sulfidasi rendah mempunyai karakteristik yang berbeda dengan endapan epitermal sulfidasi tinggi. Karakteristik tersebut yaitu:
 - a. Struktur regional berupa sesar, kaldera, Dimensi endapan berukuran kecil (< 500 m),
 - b. Batuan induk terdiri dari andesit alkali, dasit, riodasit atau riolit, Mineralogi berupa pirit, emas, hematit, tennantit, molibdenum, dan tungsten,
 - c. Alterasi yang terjadi yaitu kuarsa adularia, karbonat, dan serisit, Salinitas rendah (0-5 % NaCl),
 - d. Asal larutan dari air meteorik dan air magmatic.
2. Epitermal Sulfidasi Tinggi: Menurut Evans (1993) karakter endapan epitermal sulfidasi tinggi yaitu:
 - a. Posisi tektonik dalam lingkungan penunjaman pada batas lempeng, terutama pada cekungan belakang busur.
 - b. Dimensi endapan < 500 m.
 - c. Mineraloginya berupa enargit, pirit, kovelit, emas murni, elektron logam dasar sulfida, garam sulfat, dan telurid,
 - d. Mineralisasi logam berupa emas, perak dan tembaga, Temperatur 200°-300°C, Salinitas 1-6 wt. % NaCl eg.,
 - e. Didominasi oleh air magmatic.

1.3.6 Mineralisasi

Mineralisasi adalah proses memasukkan mineral bijih ke dalam batuan, yang kemudian diendapkan dalam jumlah besar untuk memperoleh sifat ekonomis. Deposit mineral adalah akumulasi atau konsentrasi satu atau lebih bahan bermanfaat, baik logam maupun nonlogam, yang terdapat di kerak bumi bagian luar (Sukandarmudi, 2007). Secara umum mineralisasi dapat dikendalikan oleh beberapa faktor, yaitu:

1. Struktur akibat sesar dan rekahan
Pada kontrol ini menghasilkan bentuk mineral *vein* (dengan *dip relative* tajam), *stokworks*, dan perpotongan struktur. Sedangkan kontrol permeabilitas untuk struktur akibat regangan dan *fracture* akibat batuan yang *brittle*.
2. Tekanan dan reaktivitas oleh fluida hidrotermal
Pada kontrol ini menghasilkan breksi hidrotermal, *diatremes*, *residual*, dan *vuggy quartz*. Kontrol permeabilitas tekanan yang melebihi daya tahan batuan akibat dari tekanan hidrolik maupun erupsi.
3. Litologi yang disebabkan oleh sifat fisik batuan
Menghasilkan bentuk mineral *Stratabound disseminations*, dan kontrol permeabilitas ukuran butir yang kasar pada batuan sedimen dan kontak antar batuan yang *permeable* dan *impermeable*.

1.3.7 Metode Geolistrik

1.3.7.1 Defenisi Metode Geolistrik

Telford dkk., (1990) menjelaskan metode geolistik sebagai metode yang menggunakan arus listrik untuk mendeteksi penampang bawah permukaan dengan mengukur beda potensial yang dihasilkan. Metode geolistrik dapat difungsikan untuk mengukur potensial arus dan medan elektromagnetik yang terjadi secara buatan maupun alami di dalam bumi. Pengukuran geolistrik dapat dilakukan dalam berbagai variasi sesuai dengan kebutuhan. Metode ini menganggap bahwa material bumi memiliki sifat resistif atau berperilaku seperti resistor, dimana material-materialnya memiliki kemampuan yang berbeda-beda dalam menghantarkan arus listrik (Suyanto & Utomo, 2013).

Aliran arus listrik di dalam batuan dan mineral dapat terjadi jika batuan atau mineral memiliki banyak *electron* bebas sehingga arus listrik dialirkan dalam batuan atau mineral oleh *electronelektron* bebas tersebut. Aliran arus listrik ini dipengaruhi oleh sifat atau karakteristik batuan tersebut yaitu dalam hal ini resistivitas dan konduktivitas. Sebagian besar batuan merupakan konduktor yang buruk dan memiliki resistivitas yang tinggi.

Kebanyakan mineral membentuk batuan penghantar listrik yang tidak baik walaupun beberapa logam asli dan grafik menghantarkan listrik. Tabel 1 menunjukkan resistivitas yang terukur pada material bumi utamanya ditentukan oleh pergerakan ion-ion bermuatan dalam pori-pori fluida. Variasi resistivitas material bumi ditunjukkan sebagai berikut:

Tabel 1 Nilai resistivitas batuan dan mineral bumi (Telford dkk., 1990)

Material	Resisvitas (Ohm.m)
Andesit	4.5×10^6 (basah)
Konglomerat	$2 \times 10^2 - 5 \times 10^3$
Limestone	$50 - 10^7$
Magnetit	$5 \times 10^{-3} - 5.7 \times 10^3$
Hematit	$3.5 \times 10^{-3} - 10^7$
Kuarsa	$4 \times 10^{-3} - 2 \times 10^{12}$
Pirit	$2,9 \times 10^{-3} - 0,5$

1.3.7.2 Konsep Dasar Metode Resistivitas

Aliran arus listrik di dalam batuan dan mineral dapat terjadi jika batuan atau mineral mempunyai banyak elektron bebas sehingga arus listrik di alirkan dalam batuan atau mineral oleh elektron-elektron bebas tersebut. Aliran listrik ini juga dipengaruhi oleh sifat atau karakteristik masing-masing batuan yang dilewatinya. Salah satu sifat atau karakteristik batuan tersebut adalah resistivitas. Resistivitas atau biasa disebut juga hambatan jenis merupakan parameter yang menunjukkan daya hambat suatu medium dalam mengalirkan arus listrik. Apabila sebuah medium homogen isotropik dialiri arus listrik, dimana δA adalah elemen permukaan dan J adalah rapat arus (A/m^2), maka arus yang terus masuk pada δA adalah $\vec{j} \cdot \delta \vec{A}$. Rapat arus J dan medan listrik E akan berlaku hubungan berdasarkan hukum Ohm (Telford, dkk.,1990) :

$$\vec{j} = \sigma \cdot \vec{E} \quad (1)$$

Dengan \vec{E} dalam volt/meter (V/m) dan σ adalah konduktivitas medium dalam siemens per meter (S/m), karena medan listrik merupakan gradien potensial:

$$\vec{E} = -\vec{\nabla} V \quad (2)$$

Jika medan listrik merupakan gradien potensial (V)

$$\vec{j} = -\sigma \vec{\nabla} V \quad (3)$$

Arus yang mengalir dalam bumi homogen isotropic didasarkan pada hukum kekekalan muatan yang ditulis dalam

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{j} = \frac{\partial q}{\partial t} \quad (4)$$

Dengan \vec{j} = rapat arus (A/m^2) dan q = rapat muatan (C/m^2)

Untuk arus stasioner berlaku persamaan berikut:

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{j} = 0 \quad (5)$$

sehingga jika persamaan (5) disubstitusikan dengan persamaan (3) maka:

$$\vec{\nabla} (\sigma \cdot \vec{\nabla} V) = 0 \quad (6)$$

Dengan menggunakan aturan diferensial. Persamaan (6) dapat dituliskan:

$$\vec{\nabla} \sigma \cdot \vec{\nabla} V + \sigma \nabla^2 V = 0 \quad (7)$$

Jika konduktivitas listrik medium konstan maka suku pertama pada bagian kiri persamaan di atas berharga nol sehingga di dapat persamaan *Laplace* atau potensial bersifat harmonik

$$\nabla^2 V = 0 \quad (8)$$

Persamaan Laplace yang berhubungan dengan kondisi ini yaitu dalam koordinat bola, karena simetri bola, potensial hanya sebagai fungsi jarak r dari sumber, selanjutnya persamaan dapat dinyatakan sebagai,

$$\nabla^2 V = \frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left(r^2 \frac{dV}{dr} \right) = 0 \quad (9)$$

Integrasi persamaan (9) sebanyak dua kali, maka menghasilkan:

$$\int r^2 \frac{dV}{dr} dr = 0 \rightarrow r^2 \frac{dV}{dr} = P \rightarrow \frac{dV}{dr} = \frac{P}{r^2} \quad (10)$$

$$V = \int \frac{P}{r^2} dr = -\frac{P}{r} + Q \quad (11)$$

Dengan P dan Q merupakan konstanta. Dengan menerapkan batas bawah potensial pada jarak tidak terhingga memiliki harga sama dengan nol ($V = 0, r = \infty$) maka $Q = 0$, sehingga persamaan (11) menjadi:

$$V = \frac{P}{r} \quad (12)$$

1.3.8 Potensial di Sekitar Titik Arus

1.3.8.1 Potensial di Sekitar Titik Arus di dalam Bumi

Dalam model bumi yang homogen isotropis, sebuah elektroda C di dalam bumi yang terangkai dengan elektroda lain di permukaan dengan jarak cukup jauh. Elektroda C dapat dipandang sebagai titik sumber yang memancarkan arus listrik ke segala arah di dalam bumi dengan hambatan jenis. Equipotensial di setiap titik di dalam bumi membentuk permukaan bola dengan jari-jari r , sehingga jumlah arus yang keluar melalui permukaan bola A dengan jari-jari r adalah (Telford, et.al., 1990):

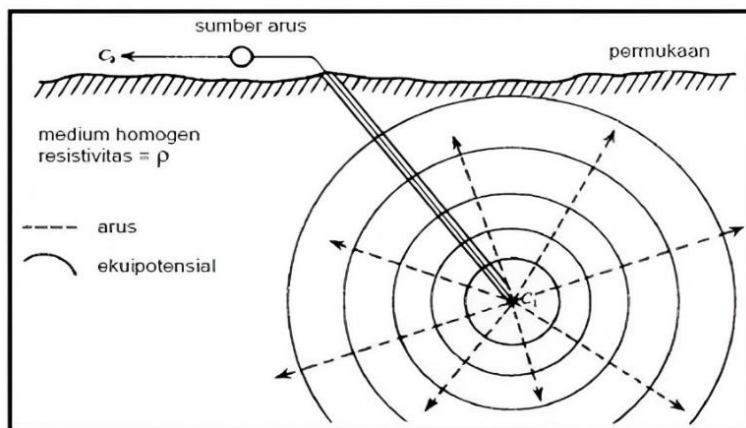
$$I = 4\pi r^2 j = -4\pi r^2 (-\sigma \vec{\nabla} V) \quad (13)$$

Karena perubahan potensial hanya dipengaruhi oleh r , maka $\vec{\nabla} V$ diganti dengan persamaan (10) yang disubstitusikan ke persamaan (13) sehingga:

$$I = 4\pi \sigma P \text{ atau } P = \frac{I\rho}{4\pi} \quad (14)$$

Karena $\sigma = \frac{1}{\rho}$ Persamaan (14) disubstitusikan pada persamaan (12) menjadi :

$$V = \left(\frac{I\rho}{4\pi}\right) \frac{1}{r} \quad (15)$$



Gambar 3. Potensial di sekitar titik arus di dalam bumi (Telford, et.al., 1990).

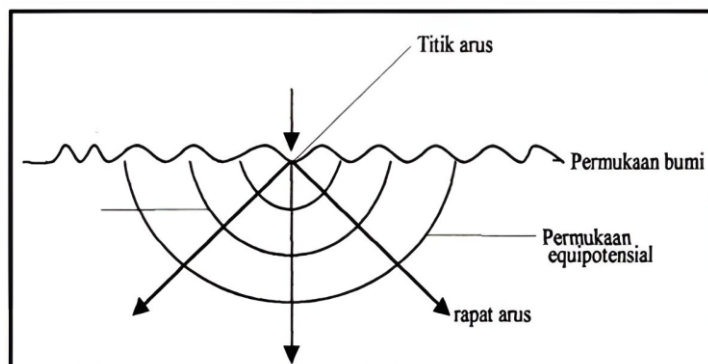
1.3.8.2 Potensial Listrik Arus Tunggal di Dalam Bumi

Misalkan pada (gambar 4) titik elektroda C terletak di permukaan bumi homogen isotropis dan udara di atasnya dianggap memiliki konduktivitas nol. Kembali lagi seperti kasus sebelumnya bahwa elektroda tersebut terangkai dengan elektroda lain yang berada pada titik yang cukup jauh. Dari titik elektroda C diinjeksikan arus I ke dalam bumi, dalam hal ini arus mengalir melalui permukaan setengah bola sehingga persamaan (13) menjadi (Telford, et.al., 1990):

$$I = 2\pi r^2 \vec{j} \quad (16)$$

Sehingga persamaan (15) dapat ditulis menjadi:

$$V = \left(\frac{I\rho}{2\pi}\right) \frac{1}{r} \quad (17)$$



Gambar 4. Potensial listrik arus tunggal di permukaan bumi (Hendrajaya dan Arif, 1988).

1.3.8.3 Potensial Listrik oleh dua Sumber Arus di dalam Bumi

Ketika jarak antara 2 elektroda arus ditentukan, besarnya potensial di titik P1 akibat sumber arus C₁ dan C₂ (Telford, et.al., 1990):

$$V_1 = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (18)$$

Dengan aturan yang sama, potensial di titik P₂ akibat sumber arus C₁ dan C₂ adalah:

$$V_2 = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \quad (19)$$

Sehingga beda potensial antara titik P₁ dan P₂ adalah sebagai berikut:

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \quad (20)$$

ΔV = beda potensial antara P₁ dan P₂ (Volt),

I = kuat arus yang melalui elektroda arus C₁ C₂ (Ampere),

r₁ = jarak antara C₁ dan P₁ (meter),

r₂ = jarak antara C₂ dan P₁ (meter),

r₃ = jarak antara C₁ dan P₂ (meter),

r₄ = jarak antara C₂ dan P₂ (meter).

Persamaan (20) dapat ditulis :

$$\rho = \frac{\Delta V}{I} \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4}\right)} \quad \text{atau} \quad \rho = K \frac{\Delta V}{I} \quad (21)$$

dengan K: Faktor geometri yang dapat ditulis sebagai:

$$K = \frac{2\pi}{\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4}} \quad (22)$$

1.3.9 Metode Geolistrik Induced Polarization

Metode induksi polarisasi merupakan salah satu metode geofisika yang mana merupakan cabang dari metode geolistrik, metode induksi polarisasi menggunakan konfigurasi Pole-dipole ini sangat baik jika digunakan untuk memetakan keberadaan dari zona mineralisasi endapan emas mengingat dengan menggunakan konfigurasi Pole- dipole dapat memetakan kondisi bawah permukaan secara horizontal dan vertikal. Sesuai sdengan namanya metode induksi polarisasi ini mengamati efek polarisasi yang terjadi akibat induksi arus yang melwatinya. Efek polarisasi yang terukur dinyatakan dalam besaran chargeability, PFE , dan MF tergantung dari domain yang digunakan pada proses pengukuran. Polarisasi akibat adanya induksi arus ini merupakan salah satu peristiwa elktrokimia (Summer, 1976).

Metode induksi polarisasi ini umumnya dipahami dalam eksplorasi logam dasar dan penyelidikan air tanah. Induksi polarisasi terjadi akibat adanya arus induksi yang menyebabkan arus transfer antara ion elektrolit dan mineral logam yang ada di bawah permukaan bumi. Parameter induksi polarisasi yang di ukur adalah chargeabilitas. Nilai ini merupakan perbandingan antara peluruhan potensial sekunder terhadap waktu, frekuensi atau fasa (Lantu, 2007).

Metode geofisika Induksi Polarisasi (Induksi polarisasi/IP) sering digunakan dalam penentuan zona alterasi karena kemampuannya untuk mendeteksi variasi

sifat listrik yang terkait dengan perubahan mineralogi di bawah permukaan, terutama yang disebabkan oleh proses hidrotermal (Telford, et.al., 1990). Berikut adalah beberapa alasan utama mengapa metode IP digunakan untuk menentukan zona alterasi:

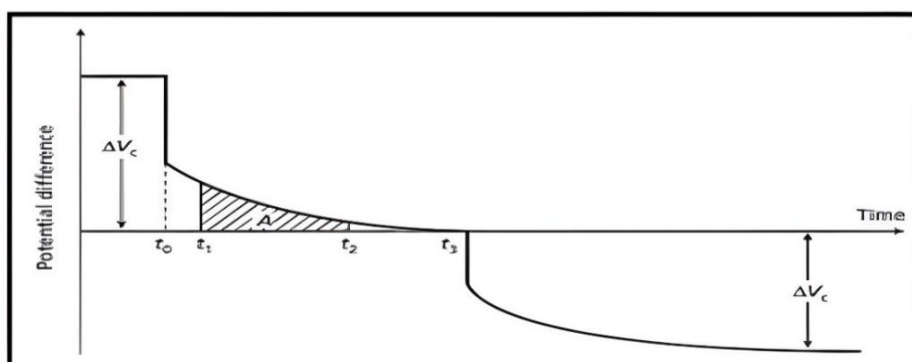
1. Deteksi Mineralisasi Sulfida
2. Identifikasi Zona dengan Perubahan Sifat Listrik
3. Resolusi Zona yang Terubah
4. Penentuan Potensi Mineralisasi

1.3.9.1 Prinsip Dasar

Efek induksi polarisasi (IP) dapat diilustrasikan dengan menggunakan konfigurasi empat elektroda dalam pengukuran resistivitas 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 5.

Pada waktu t_0 arus dihentikan dan diukur beda potensialnya, kemudian terjadi penurunan nilai beda potensial dari keadaan konstan menuju nol secara perlahan-lahan. Tahapan yang sama terjadi pada saat arus dimatikan pada waktu t_3 . A menggambarkan daerah yang di bawah kurva peluruhan pada interval waktu t_1 - t_2 (Kearey dkk., 2002).



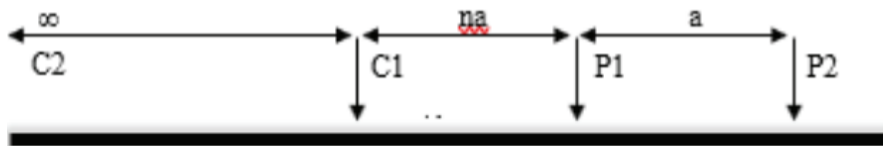
Gambar 5. Fenomena Induksi Polarisasi (Kearey dkk., 2002).

1.3.9.2 Konfigurasi Pole-dipole

Pole-dipole merupakan salah satu konfigurasi yang dapat digunakan jika ingin melakukan pendugaan atau investigasi geologi bawah permukaan yang kurang dari

500m dibawah permukaan tanah. Konfigurasi pole-dipole memiliki penetrasi yang lebih dalam $\pm 65\%$ dibandingkan konfigurasi dipole-dipole, kelemahan dari konfigurasi pole-dipole adalah tingkat akurasi dari posisi benda atau obyek yang kurang akurat dibandingkan konfigurasi dipole-dipole, hal ini disebabkan oleh konfigurasi elektrode yang tidak simetris (Loke 2004).

Pada gambar 6 konfigurasi pole dipole jarak antar arus dan antar electrode berada dalam satu garis dimana jarak antar elektrode arus tidak terbatas. Pada konfigurasi pole dipole digunakan satu elektrode arus dan dua elektrode potensial. Untuk elektrode arus C2 ditempatkan pada sekitar lokasi penelitian dengan jarak minimum 5 kali spasi terpanjang C1-P1.



Gambar 6. Konfigurasi Elektrode Pole-Dipole (Andriyani, S. dan A.H. Ramelan Sutarno 2010)

$$K = 2\pi a (n^2 + n) \quad (23)$$

Konfigurasi pole-dipole ini menghitung arus yang digunakan dari jarak tidak terhingga, sehingga tegangan yang diperoleh nilainya bervariasi.

1.3.9.3 Mekanisme Induksi Polarisasi

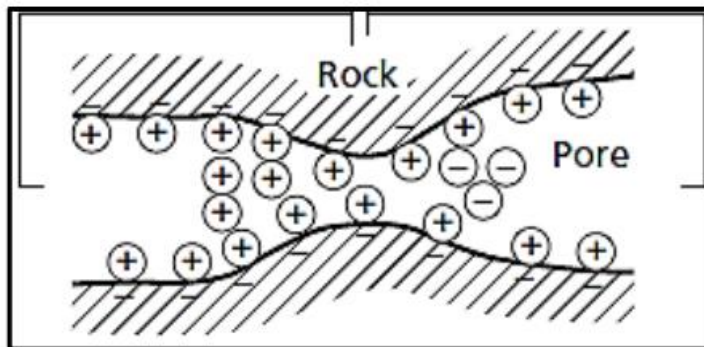
Kearey dkk., 2002 menyatakan bahwa polarisasi pada suatu medium dapat terjadi karena adanya penyimpanan energi saat medium dialiri arus listrik. Secara teoritis, bentuk energi yang tersimpan pada medium dapat berupa energi mekanik, listrik, dan kimia. Berdasarkan percobaan laboratorium mengenai polarisasi pada berbagai jenis tipe batuan yang berbeda-beda, didapatkan bahwa energi kimia merupakan energi yang paling penting. Energi kimia yang tersimpan diakibatkan oleh:

1. Variasi mobilitas ion dalam fluida yang terkandung pada medium.
2. Variasi antara jalur penghantaran secara elektronik, hal ini terjadi jika di dalam medium terdapat mineral logam

Efek elektrokimia akibat adanya variasi ion dalam fluida sering disebut sebagai polarisasi membran atau polarisasi elektrolit dan dikenal sebagai efek IP normal (*normal IP effect*). Efek ini terjadi apabila medium batuan tidak mengandung mineral logam. Efek elektrokimia disebut juga sebagai polarisasi elektroda atau over voltage effect. Efek ini biasanya lebih besar dibandingkan efek polarisasi membran, dimana besarnya sangat tergantung pada kandungan mineral logam yang ada dalam medium batuan (Kearey dkk., 2002).

1. Polarisasi Membran

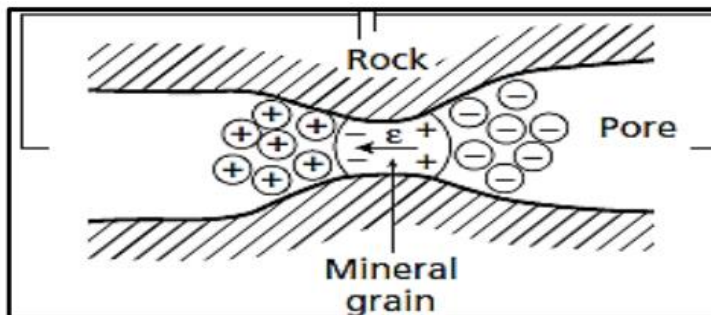
Polarisasi membran atau dikenal sebagai polarisasi non logam atau polarisasi elektrolitik dapat terjadi pada suatu mineral non logam yang memiliki pori-pori terisi elektrolit. Pada umumnya terjadi pada mineral lempung. Efek polarisasi membran dapat terjadi juga pada kondisi batuan non logam yang tidak dialiri arus listrik DC karena terdapat ion-ion negatif yang berada pada mineral tersebut. Dapat dilihat pada gambar 7 peristiwa pembendungan aliran listrik dapat terjadi karena pada struktur penyusun mineral lempung yaitu silika-alumina yang kaya dengan ion - ion positif dan terbentuk awan positif di daerah permukaan mineral lempung dan semakin luas pada elektrolit. Akibat terbentuknya awan ion positif tersebut, aliran listrik DC yang diinjeksikan terhambat karena kemampuan mobilitas ion berkurang dan terjadi hambatan ionik sepanjang pori-pori batuan di permukaan mineral lempung (Kearey, et.al., 2002).



Gambar 7. Polarisasi membran (Kearey dkk., 2002)

2. Polarisasi Elektroda

Polarisasi elektroda atau polarisasi logam dapat terjadi jika terdapat proses kimia fisika berupa elektrolisis dalam suatu mineral logam dan larutan elektrolit terdapat beda tegangan antara ion positif dan ion negative seperti pada gambar 8. Arus listrik DC selama beberapa detik dapat menimbulkan efek polarisasi yang terjadi di dalam suatu batuan dan tanah. Arus listrik DC mengakibatkan ion-ion di dalam tanah mengarah ke mineral logam yang berada di dalam batuan atau tanah (Telford dkk., 1990).



Gambar 8. Polarisasi Elektroda (Kearey dkk., 2002).

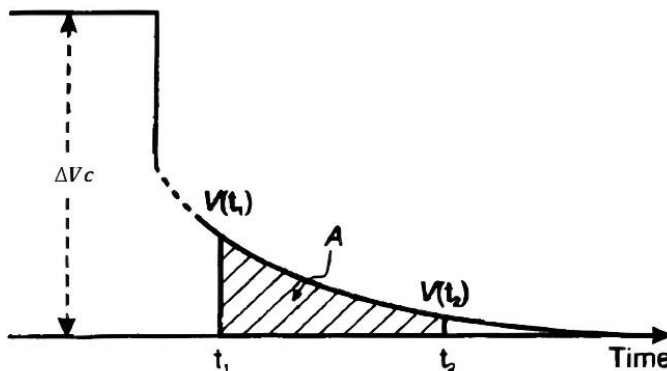
1.3.9.4 Prinsip Pengukuran

Metode induksi polarisasi menggunakan konfigurasi Pole – dipole ketika melakukan pengukuran dilapangan seperti yang diilustrasikan pada gambar 6. Akuisisi data metode induksi polarisasi dapat dilakukan dengan dua cara yaitu, pengukuran kawasan waktu (*time domain*) dan pengukuran daerah frekuensi (*frequency domain*). Pengukuran dalam domain frekuensi dilakukan dengan mengalirkan arus listrik ke dalam tanah dalam dua frekuensi yang berbeda dalam selang waktu tertentu. Penggunaan dua frekuensi yang berbeda ini dikarenakan setiap bahan memiliki tanggapan yang berbeda-beda untuk jenis arus tertentu yang sama frekuensinya.

Pengukuran IP domain waktu digunakan untuk mengukur beda potensial setelah arus dihentikan pada (gambar 9). Salah satu parameter pengukuran adalah chargeability M , yang didefinisikan sebagai suatu luasan A di bawah kurva penurunan sepanjang interval waktu tertentu (t_1-t_2) yang dinormalisasikan oleh beda potensial ΔV_c . *Chargeability* diukur dari interval waktu tertentu ketika arus dihentikan (Kearey dkk., 2002).

$$M = \frac{1}{\Delta V_c} \int_{t_2}^{t_1} v(t) dt \quad (23)$$

M memiliki dimensi waktu dengan satuan *second* atau *millisecond*.



Gambar 9. Potensial residual terhadap waktu (Reynold, 1997).

Mineral dapat dibedakan dengan nilai *chargeability*nya, sebagai contoh pirit memiliki nilai $M = 13.4$ ms dalam interval 1 s, dan magnetit 2.2 ms dengan interval waktu yang sama (Kearey dkk., 2002).

Nilai chargeabilitas tabel 2 batuan merupakan salah satu nilai dari parameter polarisasi terinduksi untuk mengetahui respon polarisasi terinduksi. Nilai-nilai tersebut didapatkan berdasarkan teori. Biasanya chargeabilitas dihitung dengan waktu penginjeksian gelombang kotak 3 detik dan penjumlahan potensial residual lebih dari 1 detik, sehingga nilai yang ditunjukkan tinggi karena pengukuran tidak menggunakan waktu yang lama untuk menjumlahkan potensial residual.

Tabel 2. Nilai chargeabilitas mineral (Telford dkk, 1990).

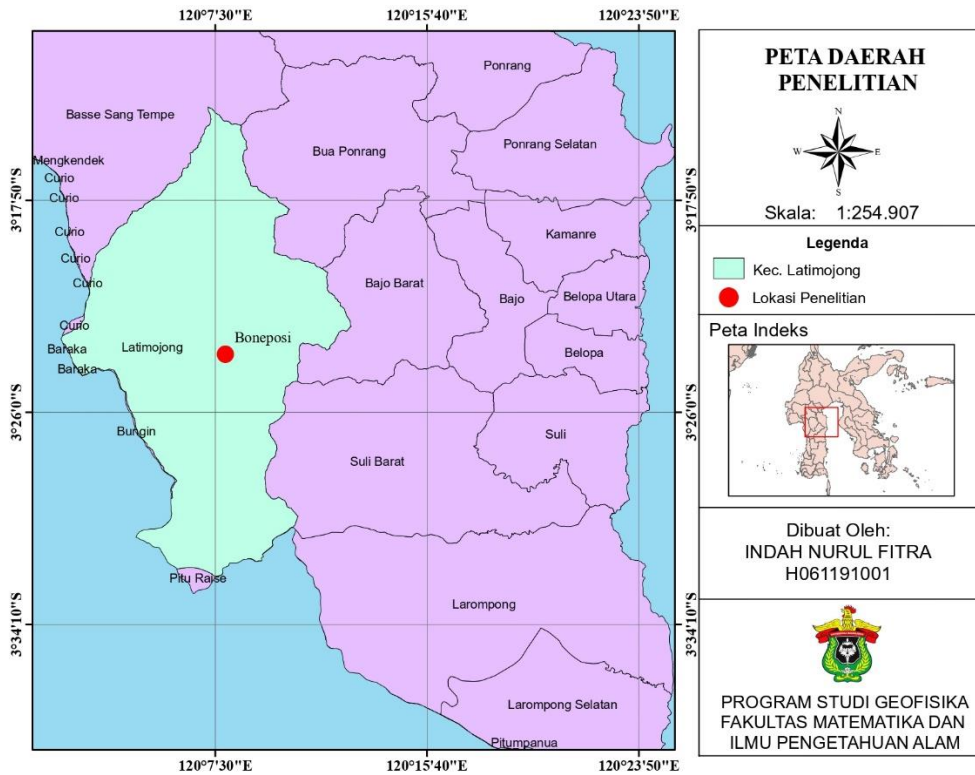
Mineral	Chargeabilitas(msec)	Mineral	Chargeabilitas(msec)
Pyrite	13,4	Magnetit	2,2
Hematit	0	Granit, Grandodiorit	15-50
Graphite	11,2	Batuan vulkanik padat	300-800
Malachite	0,2	Batupasir, Batulempung	100-500
Galena	3,7	Tuff vulkanik	300-800

BAB II

METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT. MASMINDO DWI AREA, lokasi penelitian terletak di Kabupaten Luwu, Provinsi Sulawesi Selatan.



Gambar 10.Peta Lokasi Penelitian

2.2 Data

Data yang digunakan berupa data sekunder yang diperoleh dari PT. MASMINDO DWI AREA.

1. Data IP (*Chargeability* dan Resistivitas)
2. Data Topografi
3. Data Geologi

2.3 Tahapan Penelitian

1. Tahap Kajian Pustaka

Pada tahap ini dilakukan studi literatur, akuisisi data, pengolahan data dan interpretasi serta analisis data. Studi literatur ini dilakukan untuk mengetahui tentang lokasi penelitian baik secara geologi maupun geografisnya, selain itu mempelajari metode IP. Pada tahapan akuisisi diperlukan berbagai peralatan untuk memperoleh data pengukuran di lapangan. Akuisisi data dilakukan untuk

mendapatkan data yang diinginkan dengan memperhatikan kaidah-kaidah yang berlaku. Proses pengolahan data merupakan proses peningkatan data dari data mentah yang diperoleh pada saat akuisisi di lapangan menjadi data yang layak untuk diinterpretasi. Proses interpretasi merupakan tahap akhir dari penelitian bawah permukaan menggunakan metode geofisika, dimana pada tahap ini data yang telah diolah akan diidentifikasi untuk mendapatkan kesimpulan mengenai target dari penelitian yang dilakukan.

2. Tahap Pengolahan Data

Data yang diperoleh merupakan data IP, data geologi dan data topography, untuk memperoleh model IP, proses inversi dilakukan dengan menggunakan *software Res2Dinv*, yaitu dengan menginput data dari *Microsoft Excel 2019* berupa nilai chargeabilitas dan resistivitas. Data yang diplot tersebut akan menampilkan inversi model 2D di *Res2Dinv*, dari hasil inversi model 2D dibuat penampang untuk mengkorelasikan data IP dengan data geologi di *MICROMINE* untuk lebih memudahkan interpretasi, Setelah menghasilkan penampang 2D nilai resistivitas dan chargeabilitas kemudian di analisa persebaran mineral.

3. Tahapan Interpretasi

Pada Proses interpretasi penampang resistivitas dan chargeabilitas dilakukan tiap lintasan geofisika dengan korelasi (pencocokan) data geologi permukaan daerah penelitian. Interpretasi pada penelitian menggunakan interpretasi data IP dengan metode pengukuran domain waktu (*time-domain*) dilakukan dengan melihat karakteristik atau kecenderungan nilai resistivitas dan chargeabilitas yang diperoleh dari hasil pemodelan, yang dikorelasikan dengan informasi geologi yang ada. Interpretasi IP merupakan interpretasi yang bersifat kualitatif, namun tetap memiliki nilai-nilai acuan yang digunakan untuk mempermudah dalam interpretasi. Dalam melokalisir keberadaan dan kemenerusan dari suatu anomali ditunjukkan dalam suatu profil anomali dan *plotting pseudodepth*. Parameter elektrik yang terukur pada survey IP berasal dari respon berbagai sumber bawah permukaan, dimana pada umumnya adalah indikasi adanya material konduktif bawah permukaan.

Dalam suatu interpretasi IP, nilai chargeabilitas dan resistivitas pada domain waktu dan PFE pada domain frekuensi. Nilai chargeabilitas dipengaruhi oleh beberapa faktor sebagai berikut :

1. Partikel yang tersebar (*disseminated*)
Partikel yang tersebar (*disseminated*) akan berpengaruh lebih besar terhadap *IP effect* daripada partikel yang terkumpul (*massive*). Hal ini karena mineral yang tersebar lebih mudah terpolarisasi akibat arus yang melewatinya.
2. Kandungan clay
Clay akan menghasilkan chargeabilitas yang tinggi.
3. Komposisi mineral logam dari matriks batuan
Batuan yang memiliki mineral logam lebih banyak akan memiliki chargeabilitas yang lebih tinggi akibat perpindahan elektron yang terjadi di dalam tubuh batuan.

4. Kandungan Air

Hubungan ini didasarkan pada ketersediaan ion untuk pertukaran ion, yang akan menimbulkan respon IP. Ketika kandungan air dalam struktur pori menurun, maka IP effect akan meningkat.

5. Porositas IP *effect* akan meningkat seiring dengan berkurangnya porositas. Interpretasi penelitian ini berdasarkan dari data resistivitas dan chargeabilitas yang terukur di lapangan dan kemudian dilakukan pemodelan inversi menggunakan *Res2DINV*.

Hasil keluarannya ialah penampang inversi 2D dari variasi nilai resistivitas dan chargeabilitas pada tiap lintasan geofisika. Kemudian didapatkan penampang 2D dengan menggunakan *Res2DINV*. Untuk keperluan target eksplorasi mineral, ada beberapa parameter atau dapat dikaitkan dengan situasi seperti di bawah ini untuk membantu dalam interpretasi :

1. Struktur Geologi akibat sesar atau rekahan

Pada umumnya mineralisasi akan terbentuk akibat adanya proses hidrotermal dimana fluida akan mengisi dan terendapkan pada zona-zona lemah seperti sesar dan rekahan yang menghasilkan bentuk mineral vein dan mengendapkan deposit mineral sulfida. Untuk respon IP yang akan dihasilkan adalah muncul kemenerusan kontras resistivitas.

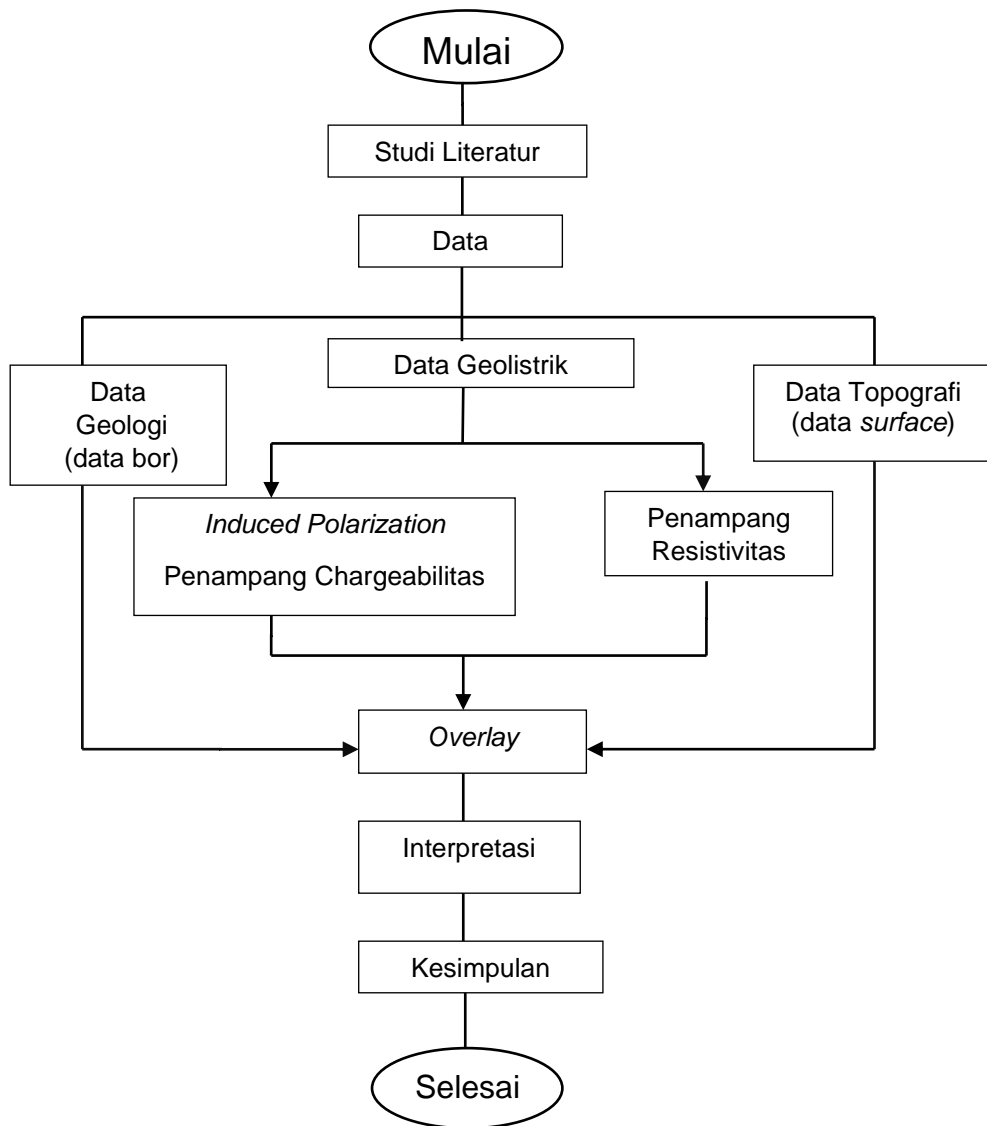
2. Zona Alterasi

Proses naiknya larutan hidrotermal ke permukaan menyebabkan terjadinya ubahan pada batuan dinding disebabkan oleh kecenderungan mineral dalam batuan untuk membentuk suatu mineral baru agar mencapai kesetimbangan dan biasanya menghasilkan mineral lempung serta vein kuarsa yang berisi deposit emas, peristiwa ini disebut alterasi. Dengan karakteristik indikasi adanya mineral lempung, respon IP yang akan muncul berupa resistivitas yang rendah dan chargeabilitas yang tinggi.

3. Zona mineralisasi

Zona mineralisasi ditandai oleh munculnya nilai chargeabilitas dan resistivitas yang tinggi dari pada sekitarnya, tentunya timbul pertanyaan alasan penginterpretasian tersebut. Hal ini disebabkan mineralisasi bijih dapat terjadi pada urat-urat (vein) kuarsa. Urat kuarsa adalah ciri-ciri umum dari banyak deposit dan merupakan petunjuk adanya mineralisasi mineral sulfide terutama emas. Sehingga respon resistivitas pada pendeteksian emas belum tentu selalu menunjukkan nilai rendah namun tergantung pada mineral pengikutnya (*gaunge*). Dari hasil pengolahan data 2D dari *Res2DINV* kemudian digunakan interpretasi kuantitatif. Kemudian akan dilakukan dengan interpretasi dengan kualitatif dengan mengetahui kondisi geologi bawah permukaan daerah penelitian.

2.4 Bagan Alir



Gambar 11. Bagan alir