

**METODE INDUKSI POLARISASI UNTUK MENENTUKAN
PERSEBARAN DAN SUMBERDAYA HIPOTETIK ENDAPAN
TIMAH PRIMER PADA ZONA INTRUSI GRANIT DAERAH
GUNUNG BATUBESI BELITUNG TIMUR**

(Skripsi)

Oleh:

Agus Priyono



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS LAMPUNG
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA
2019**

ABSTRACT

POLARISATION INDUCTION METHOD FOR DETERMINING THE SPREAD AND HYPOTHETIC RESOURCES OF PRIMARY TAPES IN THE ZONE OF THE GRANITE INTRUSION OF THE MOUNTAIN BATUBESI EAST BELITUNG MOUNTAIN

By

Agus Priyono

Geoelectric research has been carried out to determine the distribution and hypothetical resources of primary lead deposits in the granite intrusion zone of the East Belitung Mountain Batubesi area. The intrusion zone is indicated as a vein and determines the amount of hypothetical lead resources. The data used is secondary data, consisting of 20 tracks that are divided into 3 blocks with 20 meters of track spacing. The results of 2D and 3D interpretations show that the intrusion zone as the place where primary tin is accumulated tends to lead north of the study area.

The research area has resistivity values that tend to vary in the range of 100 - 50,000 μm . The surface layer of the study area is an alluvial layer with lithology in the form of keralal sand and sandy loam with a resistivity value range of 200 - 500 μm . Alleged potential of vein containing lead (kasiterit) minerals is at a resistivity value of 700 - 10,000 μm and a chargeability value of 3 - 25 msec. The magnitude of the hypothetical resource in the form of the primary tin carrier cassiterite mineral layer in the study area is $\pm 24,000,000 \text{ m}^3$.

Keyword : Granit Intrusion, resistivity, chargebily, tin.

ABSTRAK

METODE INDUKSI POLARISASI UNTUK MENENTUKAN PERSEBARAN DAN SUMBERDAYA HIPOTETIK ENDAPAN TIMAH PRIMER PADA ZONA INTRUSI GRANIT DAERAH GUNUNG BATUBESI BELITUNG TIMUR

Oleh

Agus Priyono

Telah dilakukan penelitian geolistrik untuk menentukan persebaran dan sumberdaya hipotetik endapan timah primer pada zona intrusi granit daerah Gunung Batubesi Belitung Timur. Zona intrusi yang diindikasikan sebagai vein dan menentukan besarnya sumberdaya hipotetik timah. Data yang digunakan merupakan data sekunder, terdiri dari 20 lintasan yg dibagi menjadi 3 Blok dengan spasi lintasan 20 meter. Hasil interpretasi 2D dan 3D menunjukkan bahwa zona intrusi sebagai tempat terakumulasinya timah primer cenderung mengarah ke utara daerah penelitian.

Daerah penelitian memiliki nilai resistivitas yang cenderung variatif dengan kisaran 100 – 50.000 m. Lapisan permukaan daerah penelitian merupakan lapisan alluvial dengan litologi berupa pasir kerakal dan lempung pasiran dengan kisaran nilai resistivitas 200 – 500 m. Dugaan potensi vein yang mengandung mineral pembawa timah (kasiterit) berada pada nilai resistivitas 700 – 10.000 m dan nilai chargebilas 3 – 25 msec. Besar sumberdaya hipotetik berupa lapisan mineral kasiterit pembawa timah primer pada daerah penelitian adalah $\pm 24.000.000 \text{ m}^3$.

Kata kunci : Intrusi granit, resistivitas, chargebilas, timah.

**METODE INDUKSI POLARISASI UNTUK MENENTUKAN
PERSEBARAN DAN SUMBERDAYA HIPOTETIK ENDAPAN TIMAH
PRIMER PADA ZONA INTRUSI GRANIT DAERAH GUNUNG
BATUBESI BELITUNG TIMUR**

Oleh

AGUS PRIYONO

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Geofisika
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PERGURUAN TINGGI
UNIVERSITAS LAMPUNG
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA
2019**

Judul Skripsi : **METODE INDUKSI POLARISASI UNTUK
MENENTUKAN PERSEBARAN DAN
SUMBERDAYA HIPOTETIK ENDAPAN
TIMAH PRIMER PADA ZONA INTRUSI
GRANIT DAERAH GUNUNG BATUBESI
BELITUNG TIMUR**

Nama Mahasiswa : **Agus Priyono**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1215051002

Jurusan : Teknik Geofisika

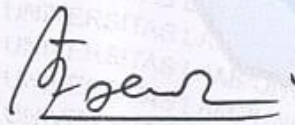
Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

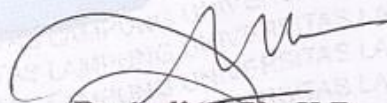
1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II



Dr. Ahmad Zaenudin, S.Si., M.T.
NIP 19720928 199903 1 001



Rustadi, S.Si., M.T.
NIP 19720511 199703 1 002

2. Ketua Jurusan Teknik Geofisika

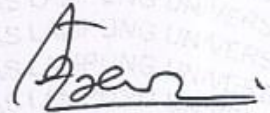


Dr. Nandi Haerudin, S.Si., M.Si.
NIP 19750911 200012 1 002

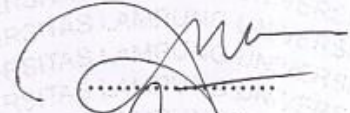
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

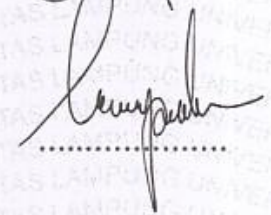
Ketua : Dr. Ahmad Zaenudin, S.Si., M.T.



Sekretaris : Rustadi, S.Si., M.T.



**Penguji
Bukan Pembimbing : Karyanto, S.Si., M.T.**



2. Dekan Fakultas Teknik



Prof. Dr. Suharno, M.S., M.Sc., Ph.D.
NIP 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 27 Juni 2019

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain dan sepanjang pengetahuan saya, juga tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 27 Juni 2019



Agus Priyono
NPM. 1215051002

RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir di Bandar Lampung, 1 Agustus 1994 yang merupakan anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Sigit Rusharminta (Alm) dengan Muji Slamet. Penulis mengawali pendidikan formal pertama di SD N 2 Rajabasa, Bandar Lampung pada tahun 2000. Penulis mampu menyelesaikan waktu studi untuk sekolah dasar selama 6 tahun.

Tahun 2006 penulis memasuki jejang sekolah yang lebih tinggi di SMP N 22 Bandar Lampung. Jenjang SMP ditempuh oleh penulis dalam waktu 3 tahun. Tahun 2009 penulis menapaki jenjang sekolah yang lebih tinggi lagi di SMA N 1 Natar. Jurusan IPA dipilih oleh penulis dalam menentukan jalur pendidikan yang didalami untuk memperdalam dasar keilmuan yang di cita - citakan, yaitu menjadi seorang Scientist. Penulis menempuh pendidikan SMA dalam waktu 3 tahun.

Tahun 2012 penulis menentukan pilihannya pada Teknik Geofisika Universitas Lampung dalam melanjutkan pendidikan. Dilema perkuliahan, pekerjaan, dan kehidupan membuat penulis membutuhkan waktu selama 14 semester untuk menyelesaikan studi. Proses pendewasaan diri dari segala dilema perjalanan yang telah dilalui menjadikan penulis mandiri dalam membuka lapangan pekerjaannya sendiri, sehingga di tahun 2019 yang di cita - citakan oleh penulis tercapai.

“Persembahan”

Penulis persembahkan karya ini untuk

ALLAH SWT

Keluarga tercinta

“Motto hidup”

Berusaha memposisikan segala sesuatu pada tempatnya agar benar, baik dan bijak. Karena benar belum tentu baik, dan baik belum tentu bijak

-Agus Priyono

SANWACANA

Puji Syukur senantiasa terhanturkan kepada Allah Subhanahu wata'ala, pemilik segala yang ada di langit dan di bumi. Pemilik dari segala pengetahuan, yang dengan izinnya penulis bisa menikmati seujung jarum pengetahuan di antara lautan pengetahuan yang dimiliki-Nya. Dengan kebaikan tersebut penulis mampu menyelesaikan penulisan skripsi "METODE INDUKSI POLARISASI UNTUK MENENTUKAN PERSEBARAN DAN SUMBERDAYA HIPOTETIK ENDAPAN TIMAH PRIMER PADA ZONA INTRUSI GRANIT DAERAH GUNUNG BATUBESI BELITUNG TIMUR". Pula kepada kekasihnya, seorang yang menunjuki setiap umatnya kepada jalan yang baik, Nabi Muhammad Sholallahu 'alaihi wassalam semoga terhanturkan salawat dan salam serta dukungan kedua orang tua dengan kelembutan kasih sayangnya.

Dalam penelitian ini tentunya penulis melibatkan banyak pihak yang memberikan kontribusi baik berupa dukungan pengetahuan, spiritual dan emosional yang dengan hal tersebut terselesaikanlah penelitian ini. Untuk itu, dihanturkan terimakasih sebesar besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ahmad Zaenudin, S.Si., M.T., atas kesediaannya memberikan

bimbingan dan persetujuan sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan sebaik-baiknya.

2. Bapak Rustadi S.Si., M.Si., atas kesediaannya memberikan bimbingan dan persetujuan sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan sebaik-baiknya.
3. Bapak Karyanto, S.Si., M.T., atas kesediaannya memberikan masukan terbaik sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan sebaik-baiknya. Semoga ilmu yang diberikan menjadi sebuah amal jariyah yang terus mengalir hingga akhir waktu.
4. Seluruh dosen Teknik Geofisika Universitas Lampung yang telah memberikan ilmunya kepada penulis selama ini. Semoga tiap waktu yang tercurah selama proses mendidik mahasiswanya diberikan bayaran terbaik dari Allah Subhanahu wata'ala.
5. Teman – teman seperjuangan “KENDUR”.
6. Kepada seseorang yang hanya mampu disebut dalam doa, semoga kebahagiaan selalu menemani langkahmu dalam mencapai cita-cita.
7. Seluruh civitas akademika Universitas Lampung.

Pada akhirnya, penulisan skripsi ini tidak mampu mendekati kata sempurna, namun sebuah harapan manis semoga tulisan ini bisa sedikit memberi manfaat kepada semua.

Bandar Lampung, 27 Juni 2019

Agus Priyono

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRACK	i
ABSTRAK	ii
HALAMAN JUDUL	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
HALAMAN PERNYATAAN	xi
RIWAYAT HIDUP	xii
HALAMAN PERSEMBAHAN	xiii
SANWACANA	ix
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Lokasi daerah penelitian	4
2.2 Tinjauan Geologi Pulau Belitung	4
2.2.1 Stratigrafi	4
2.2.2 Struktur Geologi	8
2.2.3 Pola <i>Stress</i> Utama	10
2.3 Tinjauan Geofisika	14

III. TEORI DASAR

3.1 Sifat Kelistrikan Batuan dan Mineral	17
3.1.1 Hukum Ohm	17
3.1.2 Penjalaran Arus Listrik Dalam Bumi	22
3.2 Prinsip Dasar Metode Geolistrik	24
3.2.1 Resistivitas	24
3.2.2 Induksi Polarisasi.....	28
3.2.3 Sumber-sumber Penyebab Polarisasi	30
3.2.3.1 Polarisasi Membran	30
3.2.3.2 Polarisasi Elektroda	31
3.2.4 Pengukuran Metode Induksi Polarisasi.....	32
3.2.4.1 <i>Time Domain</i>	32
3.2.4.2 <i>Frequency Domain</i>	34
3.3 Genesa Timah	35
3.3.3 Proses pembentukan timah.....	35
3.4.2 Mineral utama dan mineral asosiasinya	37
3.4.3 Manfaat timah	38

IV. METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Waktu dan Tempat Penelitian	39
4.2 Persiapan Data	40
4.3 Pengolahan Data	40
4.4 Diagram Alir.....	41

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Geologi Gunung Batu Besi	42
5.2 Metode Geolistrik	46
5.2.1 Zona Terkandung Timah	50
5.2.2 Zona Intrusi Granit (Sesar).....	56
5.2.3 Sumber Daya Hipotetik	60

VI. KESIMPULAN

6.1 Kesimpulan 61

6.2 Saran 62

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Peta geologi daerah penelitian.....	5
Gambar 2. Skala waktu geologi	8
Gambar 3. Peta SRTM Belitung bagian timur	9
Gambar 4. Proyeksi kutub <i>equal-angel (Wulf) net</i> lokasi BD 03	10
Gambar 5. Proyeksi kutub <i>equal-angel (Wulf) net</i> lokasi BD 06	11
Gambar 6. Proyeksi kutub <i>equal-angel (Wulf) net</i> lokasi BD 09	12
Gambar 7. Proyeksi kutub <i>equal-angel (Wulf) net</i> lokasi BD 11A.....	13
Gambar 8. Penampang <i>resistivity</i> daerah Air Inas	15
Gambar 9. Penampang <i>chargeability</i> daerah Air Inas	15
Gambar 10. Distribusi arus listrik sederhana	17
Gambar 11. Pembawa muatan listrik pada sebuah material	19
Gambar 12. Distribusi arus dalam bumi	23
Gambar 13. Tipe penembakan sinyal arus konfigurasi <i>dipole-dipole</i>	26
Gambar 14. <i>Plotting point</i> 2D	27
Gambar 15. <i>Constricted channel</i>	31
Gambar 16. <i>Clay Particle</i>	31
Gambar 17. (Atas) adanya elektrolit, (bawah) adanya partikel logam	32
Gambar 18. a) induksi arus listrik dengan beda potensial yang terukur V_p/V_t , (b) <i>overvoltage delay</i> dengan <i>chargeability</i>	33
Gambar 19. Diagram alir penelitian.....	41
Gambar 20. Singkapan daerah penelitian.....	43
Gambar 21. Skala waktu geologi	45
Gambar 22. Peta kontur daerah penelitian	47
Gambar 23. Hasil Pengolahan Penampang 2D Line E	50
Gambar 24. Hasil Pengolahan Penampang 2D Line FA.....	51
Gambar 25. Hasil Pengolahan Penampang 2D Line GA	51
Gambar 26. Hasil Pengolahan Penampang 2D Line H.....	51

Gambar 27. Hasil Pengolahan Penampang 3D Blok EI.....	53
Gambar 28. Hasil Pengolahan Penampang 2D Line L	53
Gambar 29. Hasil Pengolahan Penampang 2D Line N	54
Gambar 30. Hasil Pengolahan Penampang 2D Line P.....	54
Gambar 31. Hasil Pengolahan Penampang 3D Blok LP.....	55
Gambar 32. Hasil Pengolahan Penampang 2D Line Q.....	56
Gambar 33. Hasil Pengolahan Penampang 2D Line R	56
Gambar 34. Hasil Pengolahan Penampang 2D Line S.....	57
Gambar 35. Hasil Pengolahan Penampang 2D Line T	57
Gambar 36. Hasil Pengolahan Penampang 2D Line U	57
Gambar 37. Hasil Pengolahan Penampang 2D Line V	58
Gambar 38. Hasil Pengolahan Penampang 3D Blok QV.....	59

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Nilai resistivitas beberapa nilai mineral dan batuan	25
Tabel 2. Tabel chargeabilitas nilai mineral dan batuan	35
Tabel 3. Jadwal Kegiatan	39
Tabel 4. Nilai Resistivitas Beberapa Mineral dan Batuan	48
Tabel 5. Nilai Chargeabilitas Beberapa Mineral dan Batuan	49

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu penghasil timah yang terletak pada jalur timah Asia Tenggara (*the south east tin belt*). Jalur ini dimulai dari Birma, Thailand, semenanjung Malaysia, hingga Indonesia. Jalur timah Asia Tenggara ini di Indonesia $\frac{2}{3}$ bagiannya terdapat di dasar laut, dengan sisa-sisa daratan berupa sederetan pulau-pulau yang bertebaran dari arah barat laut Pulau Karimun, Kundur, Singkep, Bangka, hingga Belitung dan jejak granit terakhir terdapat di Pulau Karimata di timur Pulau Belitung. Kebutuhan akan logam timah di dunia cukup tinggi. Indonesia dikenal memiliki kekayaan timah yang tinggi, namun hanya mampu memenuhi 27% kebutuhan timah di Asia. Untuk itu perlu adanya kegiatan eksplorasi untuk meningkatkan hasil produksi timah di Indonesia.

Penelitian selama ini lebih ditunjukkan pada pengendapan timah sekunder dengan kedalaman yang dangkal. Untuk lebih meningkatkan hasil produksi timah maka perlu dilaksanakan penelitian terhadap pengendapan timah primer pada kedalaman yang cukup tinggi dengan menggunakan metode geolistrik. Secara geologi, terdapat variasi granit yang dapat dijumpai, yaitu tipe S dan tipe I. Granit tipe S merupakan hasil dari intrusi berkali-kali; menghasilkan banyak timah (*cassiterite*).

Lokasi penelitian berada di daerah Gunung Batubesi, Kecamatan Manggar, Kabupaten Belitung Timur, Kepulauan Bangka Belitung, Indonesia. Menurut Baharuddin dan Sidarto (1995), pulau Belitung terdiri atas intrusi granit, granodiorit, diorite dan batuan sedimen Formasi Kelapakampit dan Formasi Tajam dengan kelurusan struktur sesar baratlaut-tenggara, timurlaut-baratdaya dan utara-selatan. Kelurusan struktur ini berasosiasi dengan kehadiran timah primer di daerah ini. Pengaktifan kembali sesar mendatar sinistral dan dekstral beberapa kali yang berasosiasi dengan intrusi granit, granodiorit, adamelit, diorite dan basalt pada Kapur Atas – Tersier mengakibatkan pengayaan (*enrichment*) timah *cassiterite* di pulau Belitung.

Pengayaan (*enrichment*) timah oleh *cassiterite* menyebabkan kontras nilai *resistivity* tinggi karena berasosiasi dengan intrusi granit yang terjadi pada daerah sesar. Kontras nilai *resistivity* ini didukung oleh nilai *chargeability* (IP) rendah hingga sedang yang menunjukkan kehadiran mineral *cassiterite* yang merupakan mineral utama timah. Berdasarkan kontras nilai-nilai tersebut, maka pengukuran menggunakan metode geolistrik sangat penting untuk dilakukan.

Metode geolistrik digunakan untuk melihat distribusi nilai *resistivity* dan nilai *chargeability* (IP) batuan di bawah permukaan. Nilai *resistivity* menunjukkan sebaran intrusi batuan granit sedangkan nilai *chargeability* (IP) menunjukkan sebaran asosiasi timah dalam intrusi batuan granit yang diduga sebagai timah primer. Konfigurasi *dipole – dipole* memiliki keunggulan dalam memetakan bawah permukaan secara dua dimensi, yaitu *lateral* dan *sounding* secara bersamaan serta konfigurasi ini memiliki penetrasi yang cukup dalam.

Berdasarkan pemaparan diatas, peneliti melakukan analisis sebaran timah primer daerah Batubesi dengan menggunakan model *section* 2D akan menunjukkan persebaran nilai *resistivity* dan *chargebility (IP)* di bawah permukaan. Pemodelan 3D dengan menggunakan model 3D *Voxler* akan menunjukkan volumetrik kandungan timah pada intrusi granit yang terdapat pada daerah Batubesi.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Melakukan analisis sebaran timah berdasarkan *section model* 2D *resistivity* dan *chargebility (IP)* untuk identifikasi zona timah primer.
- b. Membuat model 3D untuk menghitung volumetrik zona timah primer daerah Batubesi berdasarkan metode *resistivity* dan *chargebility (IP)*.

1.3 Batasan Masalah

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder berupa data *resistivity* dan *chargebility (IP)* dengan menggunakan konfigurasi *Dipole – dipole* daerah Gunung Batubesi, Kecamatan Manggar, Kabupaten Belitung Timur, Kepulauan Bangka Belitung. Pembahasan dibatasi pada penentuan lapisan bawah permukaan khususnya pendugaan zona persebaran hingga volumetrik timah primer pada intrusi granit.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini adalah identifikasi sebaran timah primer berdasarkan *section model* 2D dan 3D *Voxler* untuk menunjukkan volumetrik kandungan timah daerah Batubesi. Sehingga, berguna dalam proses eksplorasi tingkat lanjut sebelum kegiatan eksploitasi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Lokasi Daerah Penelitian

Lokasi penelitian berada di daerah Gunung Batubesi, Kecamatan Manggar, Kabupaten Belitung Timur, Kepulauan Bangka Belitung, Indonesia (**Gambar 1**). Secara geografis Kecamatan Belitung Timur terletak antara 107°45' BT sampai 108°18' BT dan 02°30' LS sampai 03°15' LS. Daerah penelitian memiliki luas 2.83 Km². Secara geologi daerah penelitian berada pada peta geologi lembar Belitung (Baharuddin dan Sidarto, 1995).

2.2 Tinjauan Geologi Pulau Belitung

2.2.1 Stratigrafi

Formasi batuan yang dijumpai di daerah Pulau Belitung terdiri atas Formasi Tajam, Formasi Kelapakampit dan yang berumur Karbon – Perem. Formasi Tajam terdiri atas batupasir kuarsa besisipan batulanau. Batupasir berwarna putih sampai hijau, padat berbutir halus – kasar, terpilah baik, dijumpai juga struktur sedimen perlapisan bersusun dan perlapisan sejajar setempat dan termalihkan. Formasi Kelapakampit sebagai endapan turbidit *flysch* terdiri atas batupasir malihan berselingan dengan batusabak, batulumpur, serpih batulanau tufaan dan rijang, berlapis tipis diendapkan di


Sebaran Formasi Kelapakampit menempati lebih 50% dari area Pulau Belitung, tebal Formasi lebih dari 2000 meter. Formasi Siantu sebagai lava basalt dan breksi gunungapi. Lava basalt hijau, pejal, setempat menunjukkan struktur lava bantal, kekar radial terdiri atas mineral plagioklas, piroksen dan mineral sekunder klorit, kalsit dan oksida besi. Breksi gunungapi dengan komponen menyudut tanggung, vesikuler, Formasi Siantu mengintrusi Formasi Kelapakampit. Formasi Siantu tersebar di bagian utara, diluar Pulau Belitung, yaitu tersebar di Pulau Siantu, di pantai utara Pulau Belitung dan di Pulau Limaujering. Endapan sedimen marin Formasi Kelapakampit dan Formasi Tajam diintrusi oleh Intrusi Granit Tanjungpandan, Adamelit Baginda, Granodiorit Burungmandi, dan Diorit Kuarsa Batubesi.

Granit Tanjungpandan terdiri atas granit terdaunkan, kelabu muda, holokristalin, berbutir kasar-sangat kasar, komposisi terdiri atas K-feldspar, plagioklas, biotit, *hornblende*. Granit ini termasuk tipe S, banyak dijumpai mineral kasiterit primer berumur mutlak 208 sampai 245 juta tahun (Priem dalam Baharuddin dkk, 1995). Granit Tanjungpandan tersebar di bagian barat dari Pulau Belitung. Batuan intrusi Adamelit Baginda terdiri atas adamelit, kelabu samapi kehujaan, holokristalin ekuigranular, berbutir kasar dengan komposisi terdiri atas kuarsa, K-feldspar, plagioklas, biotit, *hornblende* dan mial ubahan berupa klorit, karbonat, limonit dan oksida besi. Batuan termasuk tipe I (Pitfield dalam Baharuddin dkk, 1995) dengan umur mutlak 160 sampai 208 juta tahun (Priem dalam Baharuddin dkk, 1995). Intrusi Adamelit tersebar di bagian selatan Pulau Belitung dan di Pulau Seliu.

Batuan intrusi Granodiorit Burungmandi berupa granodiorit, kelabu muda sampai kehijauan, holokristalin ekuigranular, hipidiomorfik. Mineral penyusun utama antarlalain kuarsa, plagioklas, K-feldspar, biotit, *hornblende* dan mineral ubahan berupa klorit, karbonat dan oksida besi. Intrusi ini berumur mutlak 115- 160 juta tahun (Priem dalam Baharuddin dkk, 1995) dan termasuk intrusi tipe I (Pitfield dalam Baharuddin dkk, 1995). Intrusi Granodiorit Burungmandi tersebar di bagian timur Pulau Belitung.

Batuan intrusi terakhir yang dijumpai di Pulau Belitung adalah Diorit Kuarsa Batubesi berupa diorit kuarsa dengan komposisi kuarsa, plagioklas, K-feldspar, biotit, *hornblende*, koroti dan oksida besi; bertekstur holokristalin, berbutir sedang, hipidiomorfik granular. Berumur mutlak 115-160 juta tahun (Priem dalam Baharuddin dkk, 1995). Intrusi Diorit Kuarsa Batubesi tersebar di bagian timur Pulau Belitung, mengintrusi sedimen turbidit *flysch* Formasi Kelapakampit.

Endapan sedimen muda yang dijumpai di area ini terdiri pasir berkarbon dan alluvial. Pasir berkarbon (Qpk) terdiri atas pasir karbon berwarna kehitaman, kecoklatan, sisipan lempung, kurang kompak, berbutir sedang – kasar, mengandung oksida besi dan kepingan lignit. Sedimen ini menindih tak selaras batuan pra-Tersier; ketebalan berkisar 1-5 m. Endapan termuda berupa endapan pantai, rawa dan sungai berupa kerikil-kerakal, pasir, lanau, lempung dan pecahan koral. **Gambar 2** merupakan keterangan skala waktu geologi oleh Burhanuddin dan Sidarto 1995.

MASA ERA	ZAMAN PERIOD	KALA EPOCH	JUTA TAHUN MILLION AGE	ENDAPAN PERMUKAAN DAN BATUAN SEDIMEN SURFICIAL DEPOSIT AND SEDIMENTARY ROCKS	BATUAN GUNUNG API VOLCANIC ROCKS	BATUAN TEROBOSAN INTRUSIVE ROCKS
KENOZOIKUM CENOZOIC	KUARTER QUATERNARY	HOLOSEN HOLOCENE	0.01	Qa		
		PLISTOSEN PLEISTOCENE		Qp4		
	TERSIER TERTIARY	PLIOSEN PLIOCENE	1.6			
		MIOSEN MIOCENE	5.3			
		OLIGOSEN OLIGOCENE	23			
		EOSEN EOCENE	36.5			
		PALEOSEN PALEOCENE	53			
MESOZOIKUM MESOZOIC	KAPUR CRETACEOUS		65			
	JURA JURASSIC		115			
	TRIAS TRIASSIC		160			
	PERM PERMAN		205			
PALEOZOIKUM PALEOZOIC	KARBON CARBONIFERUS		208			
			245			
			250			
			290			
			355			

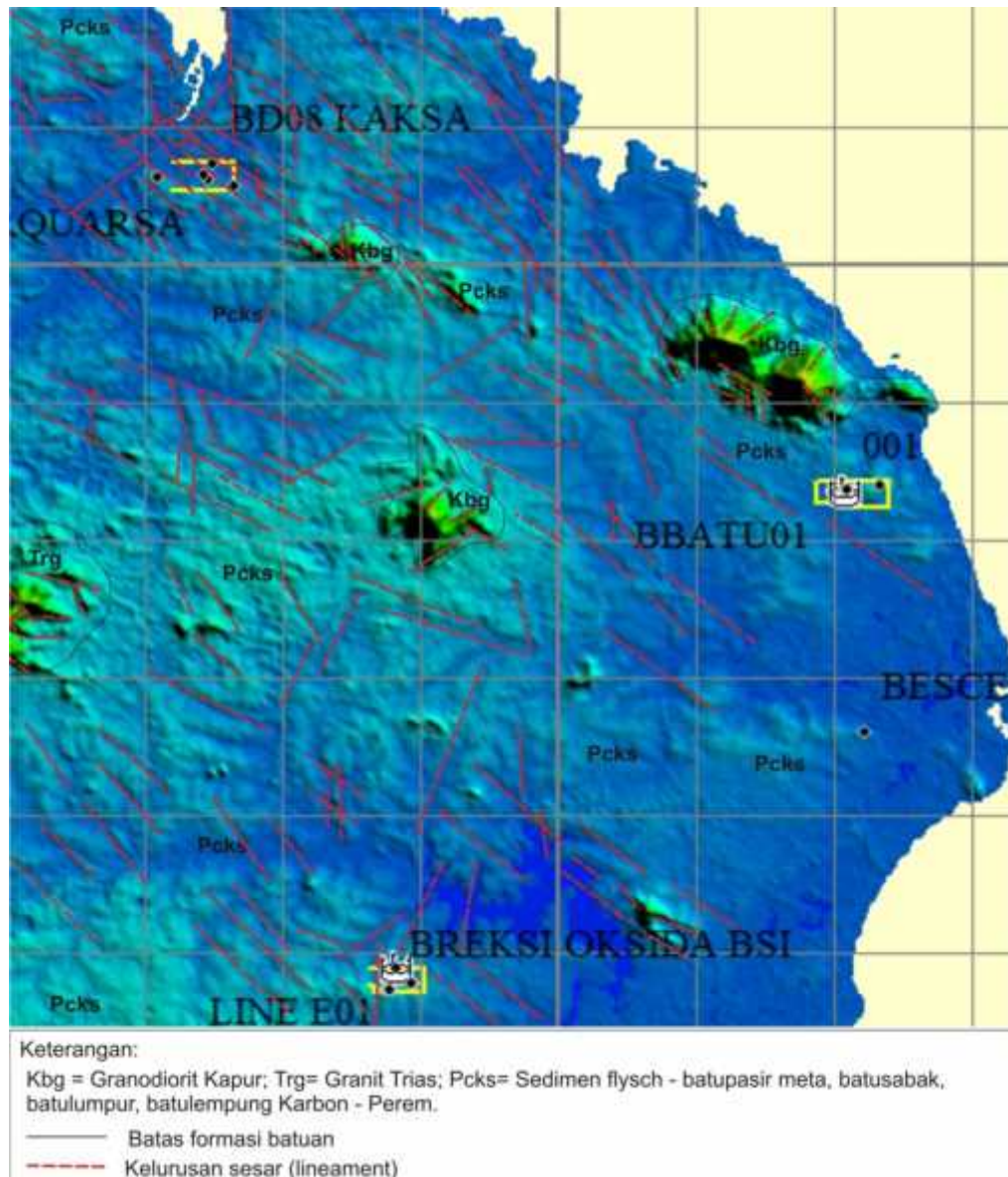
Gambar 2. Skala waktu geologi (Baharuddin dan Sidarto, 1995)

2.2.2 Struktur Geologi

Berdasarkan interpretasi kelurusan struktur dari foto udara (Baharuddin dkk, 1995) berarah timurlaut – baratdaya, baratlaut – tenggara beberapa berarah utara – selatan. Lipatan tidak simetris berarah *strike* baratlaut – tenggara dijumpai pada Formasi Kelapakampit (Baharuddin dkk, 1995).

Berdasarkan model atau konsep *strain ellipsoid* yang *pure shear* yang tegak lurus dengan sumbu panjang *strain ellips* atau tegak lurus dengan sumbu lipatan. Berdasarkan analisa lipatan yang dilakukan, **Gambar 4** menunjukkan *stress* utama berarah timurlaut – baratdaya. **Gambar 5** berarah

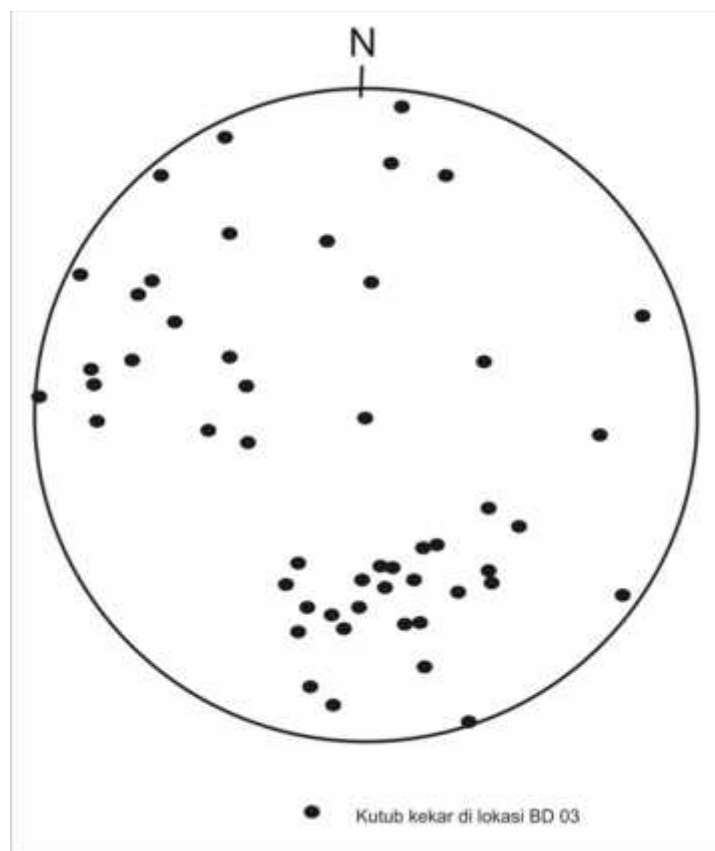
utara – selatan dan **Gambar 6** menunjukkan *stress* utama berarah utara timurlaut – selatan baratdaya. **Gambar 3** menunjukkan kelurusan struktur yang dijumpai sebagai sesar mendatar menganan (dekstral) berarah baratlaut – tenggara; sesar mengiri (sinistral) berarah timurlaut – baratdaya.



Gambar 3. Peta SRTM pulau Belitung bagian timur (Burlian, 2015)

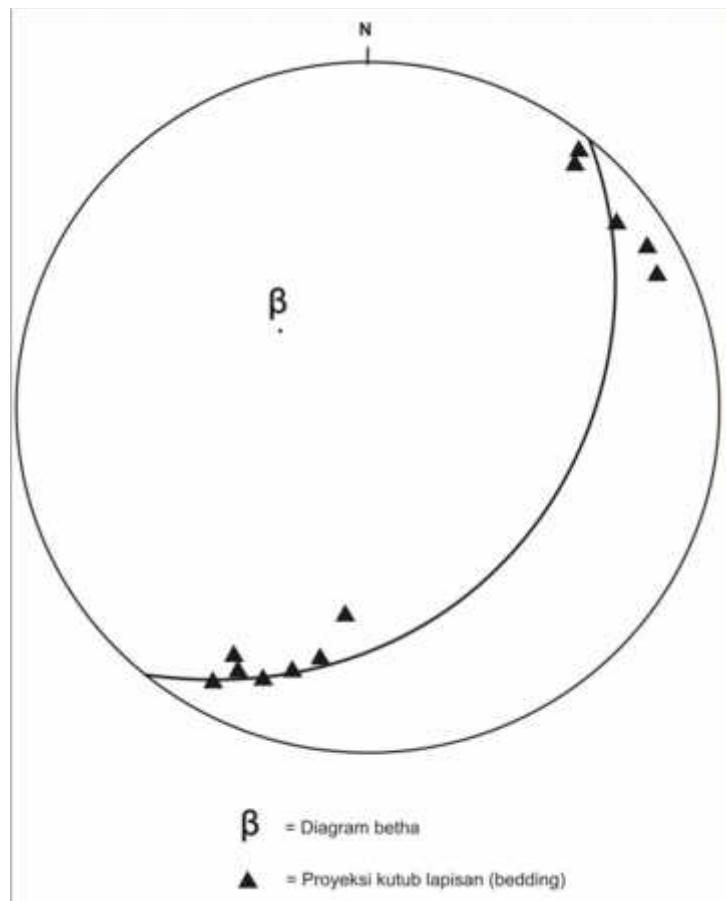
2.2.3 Pola *Stress* Utama

Berdasarkan pengukuran kekar-kekar pada singkapan batuan vulkanik basalt, terubah kuat, terkloritkan dan terkekarkan. Lokasi BD 03 dengan koordinat $02^{\circ} 47' 03.22''$; $108^{\circ} 14' 33.34''$ pada **Gambar 4**, foto 1 (terlampir); menunjukkan pola sebaran proyeksi kutub di *equal-angle (wulff) net* yang tersebar merata; diduga kekar-kekar tersebut diakibatkan oleh gaya utama vertikal atau kekar disebabkan oleh intrusi. Proyeksi kutub *Equal-angle (Wulff) net* setengah lingkaran bagian bawah, menunjukkan sebaran kekar hampir merata di permukaan *stereonet*; diduga disebabkan oleh gaya utama vertikal. Pengukuran diambil dari lokasi BD 03.



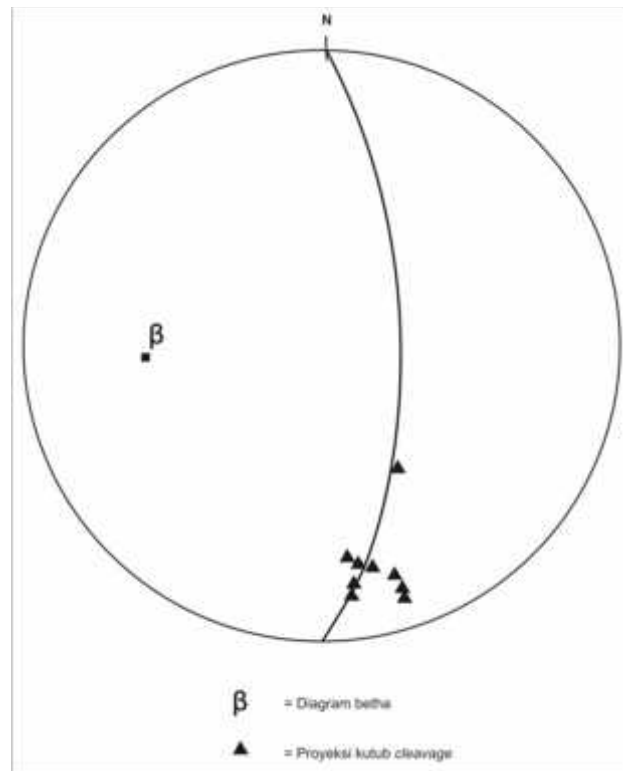
Gambar 4. Proyeksi kutub *Equal-angle (Wulff) net* lokasi BD 03 (Burlian, 2015)

Di lokasi BD 06 pada koordinat $02^{\circ} 40' 44.48''$; $108^{\circ} 01' 45.50''$ dilakukan pengukuran pada bedding lapisan Formasi Kelapakampit pada **Gambar 5**, foto 2 (terlampir). Berdasarkan analisa lipatan, menunjukkan **Gambar 4** arah lipatan utara baratlaut – selatan tenggara atau diakibatkan oleh *stress* utama utara timurlaut – selatan baratdaya. Proyeksi kutubu *Equal-angle (Wulff) net* setengah lingkaran bagian bawah, Pengukuran dilakukan dari lokasi BD 06 pada batuan perselingan dari rijang dan batulumpur menunjukkan arah lipatan baratlaut – tenggara atau *stress* utama dari timurlaut – baratdaya.



Gambar 5. Proyeksi kutub *Equal-angle (Wulff) net* lokasi BD 06 (Burlian, 2015)

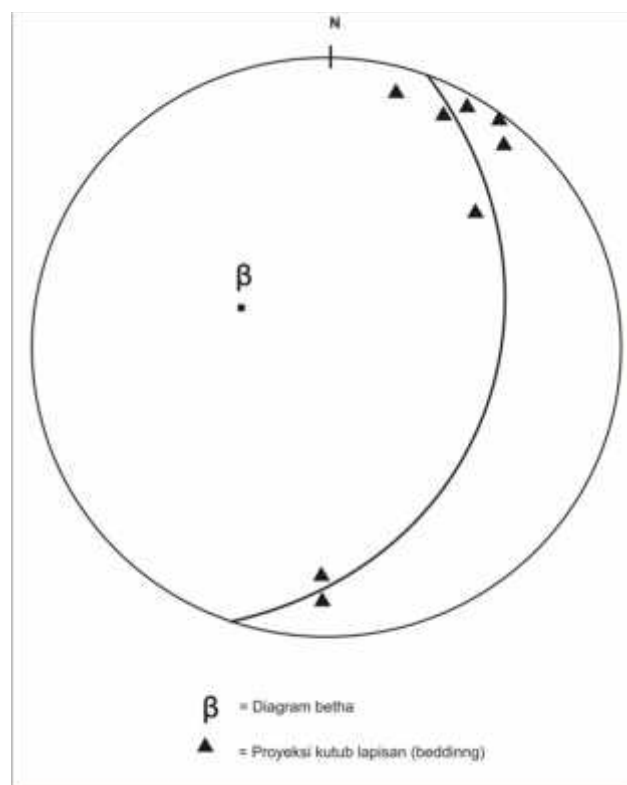
Di lokasi BD 09 pada koordinat $02^{\circ} 56' 53.06''$; $108^{\circ} 05' 30.08''$ dilakukan pengukuran pada *cleavage* Formasi Kelapakampit pada **Gambar 6**, foto 3 (terlampir). Berdasarkan analisa lipatan, menunjukkan pada **Gambar 5** arah lipatan timur – barat atau diakibatkan oleh *stress* utama utara – selatan. Proyeksi kutubu *Equal-angle (Wulff) net* setengah lingkaran bagian bawah, menunjukkan arah lipatan timur – barat atau *stress* utama utara – selatan. Pengukuran dilakukan di lokasi BD 09 pada satuan filit Formasi Kelapakampit.



Gambar 6. Proyeksi kutub *Equal-angle (Wulff) net* lokasi BD 09 (Burlian, 2015)

Di lokasi BD 11A pada koordinat $02^{\circ} 40' 37.65''$; $108^{\circ} 02' 05.30''$ dilakukan pengukuran pada *cleavage* Formasi Kelapakampit pada **Gambar 7**, foto 4 (terlampir) berupa perselingan batulumpur dan rijang. Berdasarkan

analisa lipatan, menunjukkan **Gambar 5** arah lipatan barat baratlaut – timur tenggara atau diakibatkan oleh *stress* utama utara timurlaut – selatan baratdaya. Proyeksi kutub *Equal-angle (Wulff) net* setengah lingkaran bagian bawah, menunjukkan arah lipatan barat baratlaut – timur tenggara atau *stress* utama utara timurlaut – selatan baratdaya. Pengukuran dilakukan di lokasi BD 11A pada *bedings* dari perselingan batulumpur dan rijang Formasi Kelapakampit.



Gambar 7. Proyeksi kutub Equal-angle (Wulff) net lokasi BD 11A (Burlian, 2015)

Batuan dasar yang dijumpai di Pulau Bangka adalah batuan Kelapakampit berupa endapan *flysch* batupasir malih, filit, rijang, batulanau tufaan, diendapkan di laut dalam; menjemari dengan Formasi Tajam. Formasi

Tajam berupa batupasir kuarsa bersisipan batulanau. Kedua formasi ini diterobos oleh intrusi Granit Tanjungpandan, Adamelit Baginda, Granoriorit Burungmandi, dan Diorit Kuarsa Batubesi. Kemudian formasi-formasi batuan tersebut ditindih tak selaras oleh sedimen klastik Pasir berkarbon. Formasi Ranggan berupa batupasir kuarsa, sisipan lempung, tidak kompak.

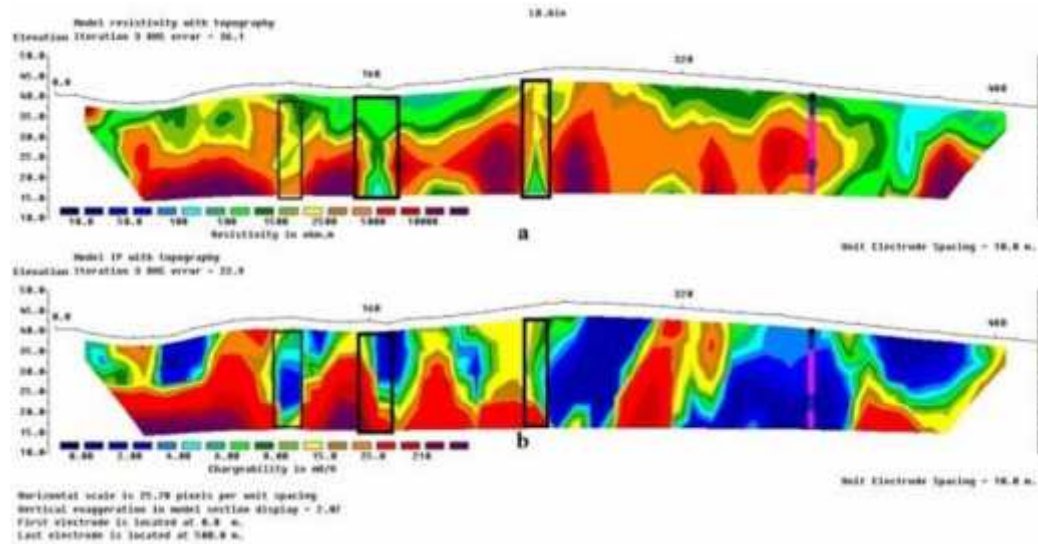
Berdasarkan pengukuran foliasi, lapisan batuan dan *cleavage* umumnya menunjukkan *stress* maksimum berarah atau dari utara timurlaut – utara baratlaut. Maka, jenis struktur sesar yang dijumpai berupa sesar dekstral baratlaut, utara baratlaut; sesar sinistral berarah utara timurlaut dan timurlaut; dan sesar normal berarah timurlaut - baratdaya. Sesar-sesar tersebut berasosiasi dengan *stress* utama dari timurlaut, utara, dan dari utara timurlaut. Ada juga pengukuran foliasi menunjukkan arah *stress* maksimum dari timur timurlaut; ini kelihatannya sebagai anomali.

Endapan timah dijumpai di struktur sesar dekstral, sinistral dan normal berasosiasi dengan intrusi granit, granodiorit, adamelit, mikrogranit, diorite dan basalt yang muncul pada Trias Atas, Trias – Jura dan Kapur – Tersier awal.

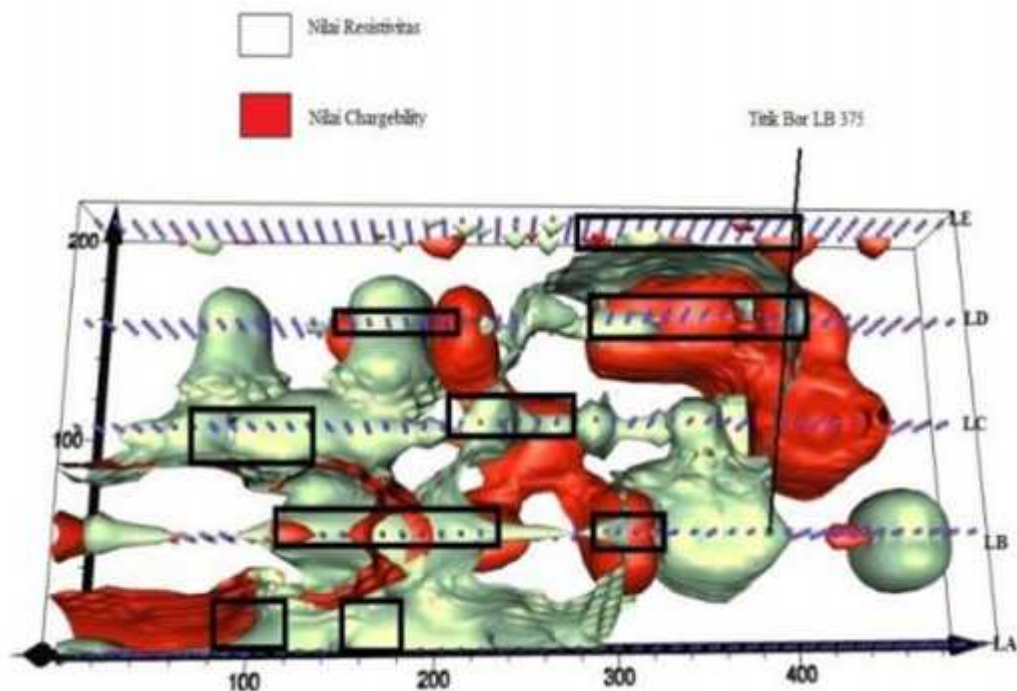
2.3 Tinjauan Geofisika

Penelitian terdahulu pernah dilakukan oleh Anoegrah Pratama DM, Makhrani dan Sarbianto Aswaad dengan mengidentifikasi potensi sumber daya timah primer dengan menggunakan induksi polarisasi dan resistivitas daerah Bukit Puyuh Kecamatan Tempilang Kabupaten Bangka Barat, Belitung. Berdasarkan hasil penelitian dengan menganalisis penampang 2D dan 3D hasil pemodelan nilai resistivitas dan *chargebility* dengan dukungan data bor. **Gambar 8** menunjukkan

persebaran nilai *resistivity* dan *chargeability* bawah permukaan daerah Bukit Puyuh. **Gambar 9** menunjukkan gabungan nilai *resistivity* dan *chargeability*.



Gambar 8. Persebaran nilai *resistivity* dan *chargeability* bawah permukaan (Pratama, 2011)



Gambar 9. Penampang gabungan nilai *resistivity* dan *chargeability* (Pratama, 2011)

Hasil menunjukkan bahwa timah primer diindikasikan dengan nilai *resistivity* 700 – 10000 m. Adanya indikasi patahan pada zona lemah di setiap lintasan, berupa kekar ataupun rekahan yang dianggap sebagai jalur timah primer. nilai chargeabilitas dengan rentang nilai 3-25 Msec dan diperkuat dugaan nilai resistivitas tersebut, menunjukkan bahwa terdapat batuan ataupun mineral-mineral pembawa timah primer seperti kasiterit. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa daerah penelitian terdapat potensi timah primer.

III. TEORI DASAR

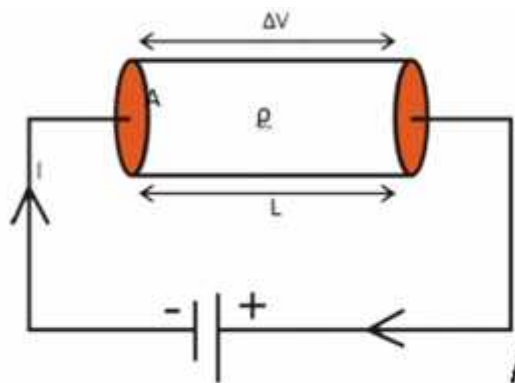
3.1 Sifat Kelistrikan Pada Batuan dan Mineral

3.1.1 Hukum Ohm

Pada tahun 1827, George Ohm telah mendefinisikan hubungan antara arus listrik yang mengalir di sebuah kawat dengan beda tegangan, yaitu:

$$V = IR \quad (1)$$

Ohm telah menemukan bahwa arus, I , sebanding dengan beda tegangan, V , untuk material *ohmic*. Konstanta hubungan sebanding ini disebut resistansi material dengan satuan volt/ampere, atau ohm (Daud dalam Siti, 2009). **Gambar 10** menunjukkan contoh distribusi arus listrik sederhana.



Gambar 10. Distribusi arus listrik sederhana (Kirbani, 2007)

Arus listrik I yang melalui suatu bahan berbentuk silinder akan berbanding langsung dengan luas penampang A , berbanding langsung dengan

beda potensial antara kedua ujungnya V , dan berbanding terbalik dengan panjangnya L .

$$I = \sigma A \Delta V / L \quad (2)$$

$$\Delta V = V_1 - V_2 \quad (3)$$

Dengan demikian dapat ditulis relasi $I = \sigma A \Delta V / L$, dengan σ adalah daya hantar jenis batuan yang bersangkutan. Jika yang dipergunakan bukan daya hantar jenis, tetapi tahanan jenis bahan maka rumus diatas menjadi;

$$I = A \Delta V / \rho L \quad (4)$$

Dalam metode geolistrik ini digunakan definisi – definisi :

$$\text{Resistasi} \quad : R = V / I \text{ ohm } (\Omega)$$

$$\text{Resistivitas} \quad : \rho = E / J \Omega \text{ m}$$

$$\text{Konduktivitas} \quad : \sigma = I / \rho (\Omega \text{ m})^{-1} \quad \text{dengan } \rho = 1 / \sigma$$

Dimana,

I : besar arus listrik yang mengalir

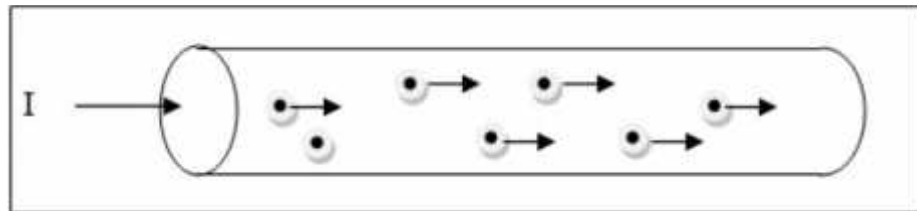
E : medan listrik

J : rapat arus listrik (arus listrik persatuan luas)

V : beda potensial dua buah titik (Kirbani, 2007)

Di dalam batuan dan mineral aliran listrik dapat terjadi apabila batuan atau mineral memiliki banyak elektron bebas sehingga arus listrik dialirkan pada batuan atau mineral oleh elektron-elektron bebas tersebut. Sifat atau karakteristik masing-masing batuan yang akan berpengaruh terhadap arus listrik yang dilewatinya, seperti tahanan jenis (resistivitas) yang menunjukkan kemampuan bahan tersebut untuk menghantarkan arus listrik. Semakin besar

nilai resistivitas suatu bahan maka semakin sulit bahan tersebut menghantarkan arus listrik, begitupula sebaliknya. **Gambar 11** menunjukkan ilustrasi pembawa muatan listrik pada sebuah material.



Gambar 11. Pembawa muatan listrik pada sebuah material (Siti, 2009)

Jika pembawa muatan (q) terpengaruhi medan magnet, maka pembawa muatan akan bergerak memiliki kecepatan rata-rata (v) dan memiliki mobilitas (μ) yang merupakan kecepatan persatuan medan listrik dengan banyak pembawa muatan persatuan volume (n).

$$\mu = \frac{v}{E} \quad (5)$$

Dengan devinisi arus,

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{nqAv\Delta t}{\Delta t} = nqAv \quad (6)$$

Rapat muatan,

$$J = \frac{I}{A} = nqv = nq\mu E \quad (7)$$

Maka,

$$\rho = \frac{1}{nq\mu} \quad (8)$$

Berdasarkan persamaan diatas material yang memiliki banyak pembawa muatan dan mobilitas yang tinggi memiliki nilai resistivitas yang rendah. Material bumi memiliki karakteristik fisika yang bervariasi, dari sifat porositas, permeabilitas, kandungan fluida dan ion-ion didalam pori-porinya, sehingga materi bumi memiliki variasi harga resistivitas. Mineral logam memiliki nilai berkisar 10^{-8} m hingga 10^7 m. Perbedaan komposisi material penyusun akan menghasilkan resistivitas *range* yang bervariasi pula. Sehingga *range* resistivitas maksimum adalah dari $1,6 \times 10^{-8}$ (perak asli) hingga 10^{16} m (belerang murni).

Konduktor didefinisikan sebagai material dengan nilai resistivitas kurang dari 10^{-8} m, sedangkan isolator memiliki nilai resistivitas diatas 10^7 m, dan diantara keduanya merupakan material semikonduktor. Pada konduktor yang memiliki elektron bebas dengan mobilitas yang sangat tinggi. Sedangkan untuk semikonduktor, jumlah elektron bebasnya lebih sedikit. Isolator dicirikan oleh ikatan ionik sehingga elektron-elektron valensi tidak bebas bergerak (Rahma, 2007).

Harga resistivitas berdasarkan bahan penyusun, batuan dan mineral dapat dibagi menjadi tiga, (Telford, 1990) yaitu:

1. Konduktor baik : $10^{-8} < < 1$ m
2. Konduktor pertengahan : $1 < < 10^7$ m
3. Isolator : $> 10^7$ m

Faktor-faktor yang menyebabkan resistivitas batuan menurun:

1. Pori-pori terisi oleh fluida.
2. Peningkatan salinitas fluida.

3. Adanya rekahan pada batuan yang dapat memberikan jalan untuk aliran arus.
4. Terdapat mineral clay.
5. Menjaga agar kandungan fluida tetap, tetapi meningkatkan.

Faktor-faktor yang menyebabkan resistivitas batuan meningkat:

1. Berkurangnya pori-pori fluida.
2. Salinitas rendah.
3. Kompaksi jalan untuk aliran arus berkurang.
4. Litifikasi pori-pori terblok dengan deposit mineral.
5. Menjaga agar kandungan fluida tetap, tetapi menurunkan hubungan antara pori-pori (Rahma, 2007).

Jika batuan memiliki mineral *clay*, maka akan terjadi konduksi *electrical double layer* yang terbentuk pada hubungan mineral *clay* dengan air. Ini secara efektif ion-ion untuk bergerak dengan mobilitas tinggi dibanding pada fasa cair. Aliran arus juga dapat terjadi karena konduksi secara elektrolitik. Sebagian besar batuan adalah konduktor yang buruk dan memiliki resistivitas yang cukup tinggi. Namun pada kenyataannya batuan biasanya bersifat *porous* dan memiliki pori-pori yang terisi oleh fluida terutama air. Akibatnya batuan tersebut menjadi konduktor elektrolitik, sehingga konduksi arus listrik dibawa oleh ion-ion elektrolitik dalam air. Volume dan susunan pori-pori menentukan konduktivitas dan resistivitas batuan *porous*. Jika kandungan air dalam batuan bertambah banyak maka

konduktivitas akan semakin besar, dan sebaliknya jika kandungan air dalam batuan berkurang maka resistivitas akan semakin besar.

Menurut rumus Archie:

$$\rho_w = \rho_{\text{batuan}} a_w^{-m} \quad (9)$$

Dimana ρ_{batuan} adalah resistivitas batuan, a_w merupakan fraksi batuan dengan porositas yang terisi fluida, a dan m dua parameter empiris. Kebanyakan batuan dengan nilai a berkisar 1 apabila m bernilai 2. Untuk sedimen dengan sisipan lempung yang cukup tinggi terhadap persamaan yang telah di ajukan (Olivar dalam Loke, 2004).

3.1.2 Penjalaran Arus Listrik dalam Bumi

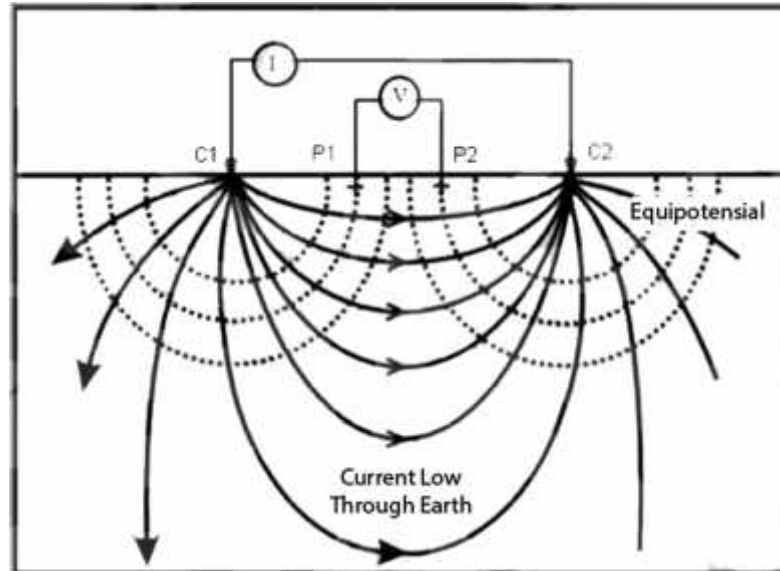
Diasumsikan bumi homogen, yang memiliki resistivitas yang seragam (ρ). Kemudian diinjeksikan arus $+I$ pada titik C_1 , yang mengalir secara radial setengah bola di dalam bumi. Sehingga equipotensial dibelahan tadi akan dipusatkan di titik yang konsentris pada jarak r dan $r+dr$, potensial diantara jarak belahan bumi adalah:

$$-dV = \frac{I\rho}{2\pi r^2} dr \quad (10)$$

Dimana integrasi diberikan potensail V pada jarak r dari sumber arus $+I$ sehingga:

$$V = \frac{I\rho}{2\pi r} \quad (11)$$

Bernilai tetap, pada integrasi bernilai nol ketika $V = 0$ pada $r = \infty$. **Gambar 12** merupakan ilustrasi distribusi arus dalam bumi.



Gambar 12. Distribusi arus dalam bumi (Rahma, 2007).

Jika ada dua elektroda arus dipermukaan sumber $+I$ di titik C_1 dan $-I$ di titik C_2 dan persamaan di atas memungkinkan jumlah distribusi potensial dari kombinasi sumber masukan ditemukan di setiap tempat (**Gambar 12**).

Potensial di titik P_1 diberikan :

$$V_1 = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{c_1F_1} - \frac{1}{c_1F_2} \right) \quad (12)$$

Potensial di titik P_2 diberikan :

$$V_2 = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{c_1F_2} - \frac{1}{c_2F_2} \right) \quad (13)$$

Potensial diantara P_1 dan P_2 kemudian menjadi :

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{c_1F_1} - \frac{1}{c_2F_1} - \frac{1}{c_1F_2} + \frac{1}{c_2F_2} \right) \quad (14)$$

Sehingga diperoleh resistivitas ρ ditulis

$$\rho = \frac{\Delta V}{I} \times \left[\frac{1}{2\pi} \left(\frac{1}{c_1F_1} - \frac{1}{c_2F_1} - \frac{1}{c_1F_2} + \frac{1}{c_2F_2} \right) \right]^{-1} \quad (15)$$

Faktor geometri (K) bergantung pada posisi semua empat titik (posisi setiap elektroda pada penelitian).

3.2 Prinsip Dasar Metode Geolistrik

Geolistrik merupakan salah satu metoda geofisika yang berdasarkan penerapan konsep kelistrikan pada masalah kebumihan. Tujuannya untuk memperkirakan sifat kelistrikan medium atau formasi batuan bawah permukaan terutama kemampuannya untuk menghambat atau menghantarkan listrik (resistivitas atau konduktivitas).

3.2.1 Resistivitas

Resistivitas memiliki pengertian yang berbeda dengan resistansi (hambatan), geometri atau bentuk bahan material menentukan nilai resistansi, sedangkan resistivitas suatu bahan material tidak bergantung pada faktor geometri.

$$R = \rho L/A \quad (16)$$

Dengan :

R = resistansi (Ω)

ρ = resistivitas (Ωm)

L = panjang (m)

A = luas penampang (m^2).

Dimana secara harfiah rumus tersebut diartikan apabila panjang silinder konduktor (L) dinaikkan, maka resistansi akan meningkat, dan jika diameter material silinder konduktor diturunkan yang berarti luas penampang (A)

berkurang maka resistansi akan meningkat. Dimana ρ merupakan resistivitas (tahanan jenis) dalam Ωm . Sedangkan menurut hukum Ohm resistansi dirumuskan :

$$R = V/I \quad (17)$$

Sehingga didapatkan nilai resistivitas (ρ)

$$R = \frac{VA}{IL} \quad (18)$$

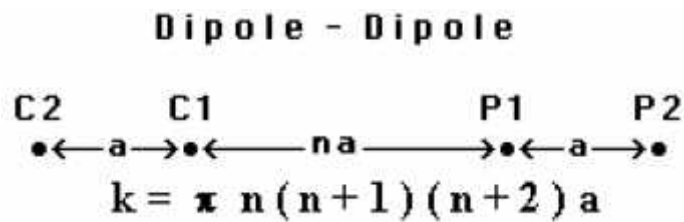
Secara umum komposisi batuan penghantar listrik yang tidak baik walaupun beberapa logam asli dan grafit menghantarkan listrik. Resistivitas terukur dalam material bumi ditentukan berdasarkan pergerakan ion-ion bermuatan pada pori-pori fluida. **Tabel 1** menunjukkan variasi resistivitas material bumi ditunjukkan.

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

Material	Resistivitas (m)
Udara	--
Pirit	3×10^{-1}
Galena	3×10^{-3}
Kwarsa	4×10^{10} s.d 2×10^{14}
Kalsit	1×10^{12} s.d 1×10^{13}
Batuan Garam	30 s.d 1×10^{13}
Mika	9×10^{12} s.d 1×10^{14}
Granit	102 s.d 1×10^6
Gabro	1×10^3 s.d 1×10^6
Basalt	10 s.d 1×10^7
Batuan Gamping	50 s.d 1×10^7
Batuan Pasir	1 s.d 1×10^8

Batuan Serpih	20 s.d 1×10^3
Dolomit	10^2 s.d 10^4
Pasir	1 s.d 10^3
Lempung	1 s.d 10^2
Air Tanah	0.5 s.d 3×10^2
Air Laut	0.2

Berdasarkan letak (konfigurasi) elektroda-elektroda arus, dikenal beberapa jenis konfigurasi metode resistivitas tahanan jenis, namun yang digunakan pada percobaan kali ini adalah konfigurasi dipole-dipole. **Gambar 13** merupakan tipe penembakan sinyal arus konfigurasi dipole-dipole.



Gambar 13. Tipe penembakan sinyal arus konfigurasi dipole-dipole (Loke, 2004)

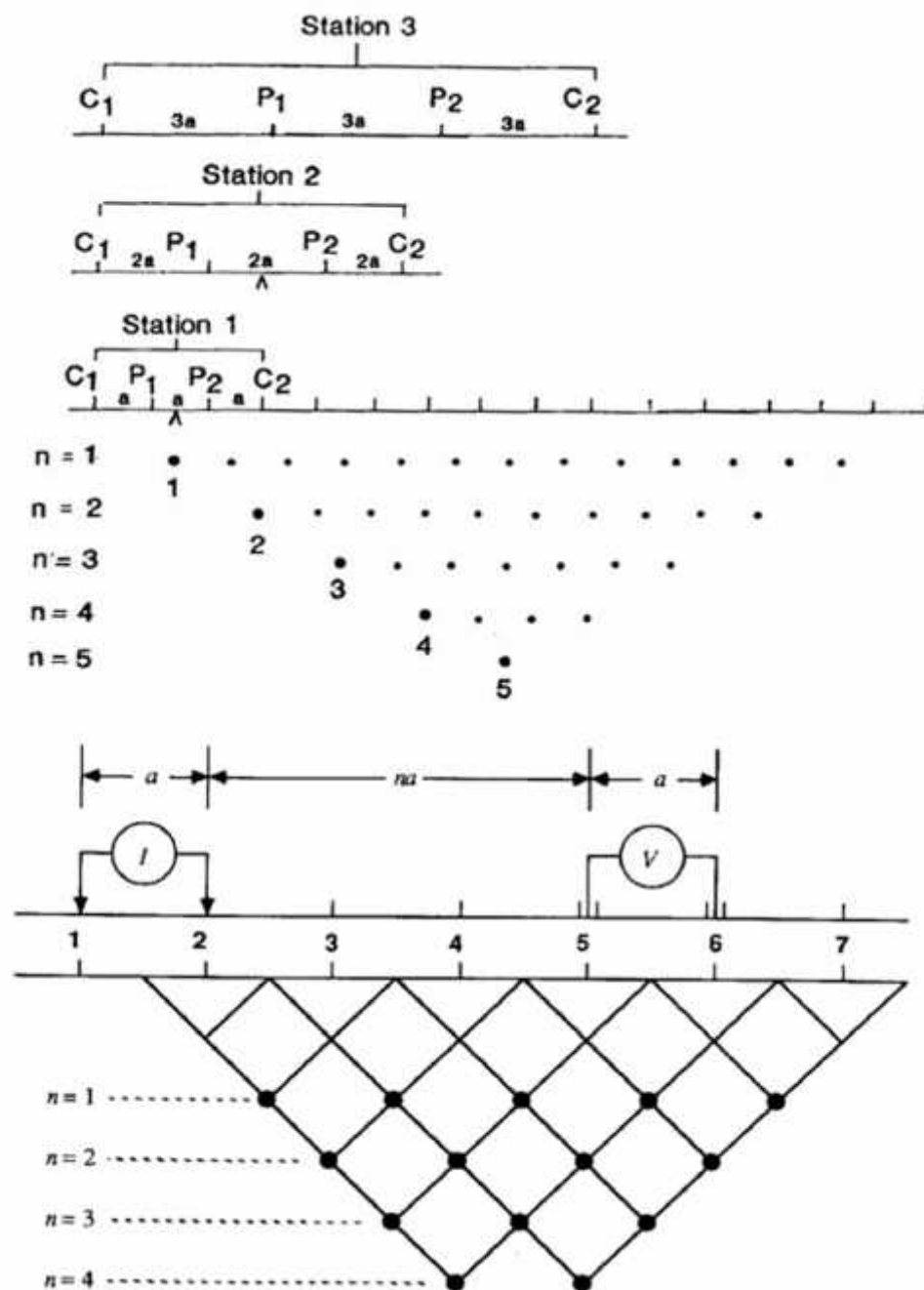
Faktor geometri diturunkan dari beda potensial yang terjadi antara elektroda potensial P1P2 yang diakibatkan oleh injeksi arus pada elektroda arus C1C2. Berikut merupakan penurunan faktor geometri konfigurasi dipole-dipole:

$$K = 2\pi \left(\frac{1}{\left(\frac{1}{R1} - \frac{1}{R2}\right)} - \left(\frac{1}{R3} - \frac{1}{R4}\right) \right)$$

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

$$K = \pi a n(n + 2)(n + 1) \quad (19)$$

Dalam pengukuran, untuk mendapatkan data secara *mapping* dengan memindahkan elektroda arus searah dengan pergerakan elektroda tegangan seperti gambar berikut:



Gambar 14. Plotting point 2D (Telford, 1990).

Model analisis konfigurasi dipole-dipole adalah dengan menjaga jarak antara elektroda (a), lalu menggerakkan elektroda tegangan sebesar na , dengan $n = 1,2,3,\dots$, dst. Metode dipole-dipole dapat memetakan bawah permukaan secara dua dimensi, yaitu *mapping* dan *sounding* secara bersamaan. *Mapping* merupakan pengukuran resistivitas secara horizontal, kearah sumbu x atau y , dengan jarak elektroda tetap (daya tembus tetap). Survei ini bertujuan memperoleh harga resistivitas sebagai fungsi posisi (x,y) , dengan (z) tetap. *Sounding* adalah pengukuran resistivitas di suatu titik tetap, kearah kedalaman (z) , berarti jarak elektroda arus dibuat semakin besar (daya tembus semakin dalam). Tujuan survey ini adalah mengetahui harga resistivitas sebagai fungsi kedalaman (z) dengan posisi (x,y) tetap. Pengukuran dilakukan dengan menggeser elektroda tegangan sejauh na , sehingga didapatkan data secara *sounding*.

Dengan

$$K = \pi an(n + 2)(n + 1) \quad (20)$$

Maka untuk nilai *apparent resistivity* nya adalah:

$$\rho_a = \pi an(n + 2)(n + 1) \left(\frac{\Delta V}{I} \right) \quad (21)$$

3.2.2 Induksi Polarisasi

Induksi Polarisasi sebagai salah satu metode geofisika yang mengukur adanya polarisasi pada medium karena pengaruh arus listrik yang melewatinya. Efek polarisasi yang ada dalam medium merupakan reaksi perpindahan induksi arus elektron antara elektrolit ion dan mineral logam. Pada dasarnya metode Induksi Polarisasi tergolong ke dalam metode tahanan

jenis karena kesamaan dalam mendeskripsikan kondisi bawah permukaan berdasarkan respon sifat kelistrikan batuan. Metode Induksi Polarisasi merupakan pengembangan metode tahanan jenis dengan tambahan parameter lain yaitu polarisasi kelistrikan suatu medium batuan (chargeabilitas). Setiap batuan penyusun bumi mempunyai nilai resistivitas dan chargeabilitas yang bervariasi tergantung dari beberapa faktor yang mempengaruhinya diantaranya adalah perbedaan kandungan mineral logam, perbedaan kandungan mineral non logam, perbedaan kandungan elektrolit padat, perbedaan kandungan air, perbedaan tekstur batuan, perbedaan porositas batuan, perbedaan permeabilitas batuan, suhu, dan fenomena geologi yang terjadi pada daerah tersebut.

Metode Induksi Polarisasi dapat dimanfaatkan untuk menginvestigasi struktur permukaan bumi yang mengandung deposit mineral. Dengan menggunakan prinsip mengalirkan arus listrik kedalam permukaan bumi kemudian mengamati benda potensial yang akan terjadi setelah arus listrik dihentikan. Setelah arus diputus, idealnya beda potensial akan menjadi nol/hilang. Namun pada medium-medium tertentu akan menyimpan energi listrik dan akan dilepaskan kembali. Jadi, walaupun arus sudah diputus, namun beda tegangan masih ada dan akan meluruh terhadap waktu dan berangsur-angsur hilang/nol. Efek ini dinamakan efek *Induced Polarization*. Polarisasi dapat terjadi karena adanya medium yang mengandung mineral logam. Metode Induksi Polarisasi dapat mengidentifikasi mineral yang tersebar namun sulit untuk mineral yang massive (terakumulasi). Hal ini

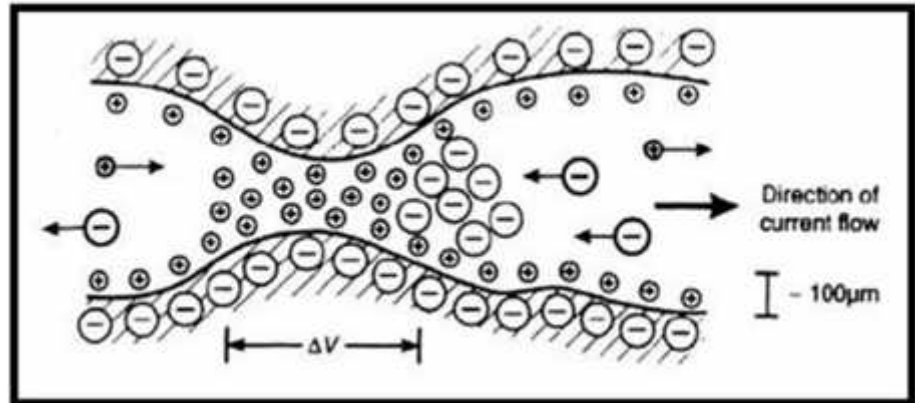
disebabkan mineral yang tersebar lebih mudah terpolarisasi akibat arus yang melewatinya (Rahma, 2007).

3.2.3 Sumber-sumber Penyebab Polarisasi

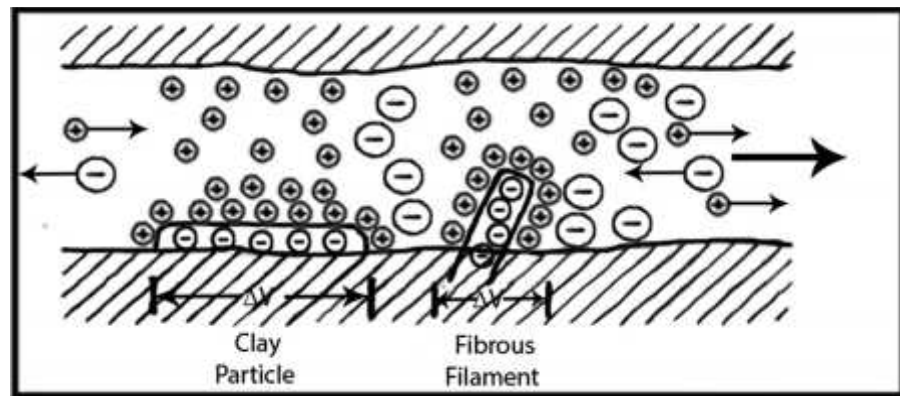
3.2.3.1 Polarisasi Membran

Polarisasi membran dapat disebabkan oleh penyempitan pori-pori atau keberadaan *clay*. Polarisasi membran terjadi dalam pori-pori batuan yang menyempit, ketika arus memasuki pori-pori tersebut, terjadi akumulasi ion (+) di dekat ion (-) pada dinding membran, sehingga ion (-) lainnya terakumulasi juga disebatang ion-ion (+). Sehingga terjadi pembentukan pole (kutub-kutub) (**Gambar 15**).

Selain itu pula dapat juga terjadi pada batuan yang mengandung mineral lempung (mineral bermuatan negatif) yang mengisi batuan berpori. Hal ini menunjukkan fenomena gejala Elektrokinetik yaitu variasi mobilitas ion (+) dan ion (-). Yakni ketika diberi beda potensial maka distribusi ion (+) dapat melalui awan ion (+), tetapi distribusi ion (-) akan terhambat dan terakumulasi pada awan ion (+), (**Gambar 16**). Akibat adanya penumpukan mineral konduktif arus yang diinjeksikan akan mengalami hambatan, sehingga terbentuk membran-membran yang mengurangi mobilitas ion. Pengurangan mobilitas ion akan terlihat jika mengalirkan arus dalam frekuensi rendah. Polarisasi membran mendasari adanya pengukuran *frekuensi domain* (akan dibahas selanjutnya). **Gambar 15** menunjukkan penyempitan pori-pori atau keberadaan *clay*, sedangkan **Gambar 16** menunjukkan *clay particle* menyebabkan arus mengalami hambatan.



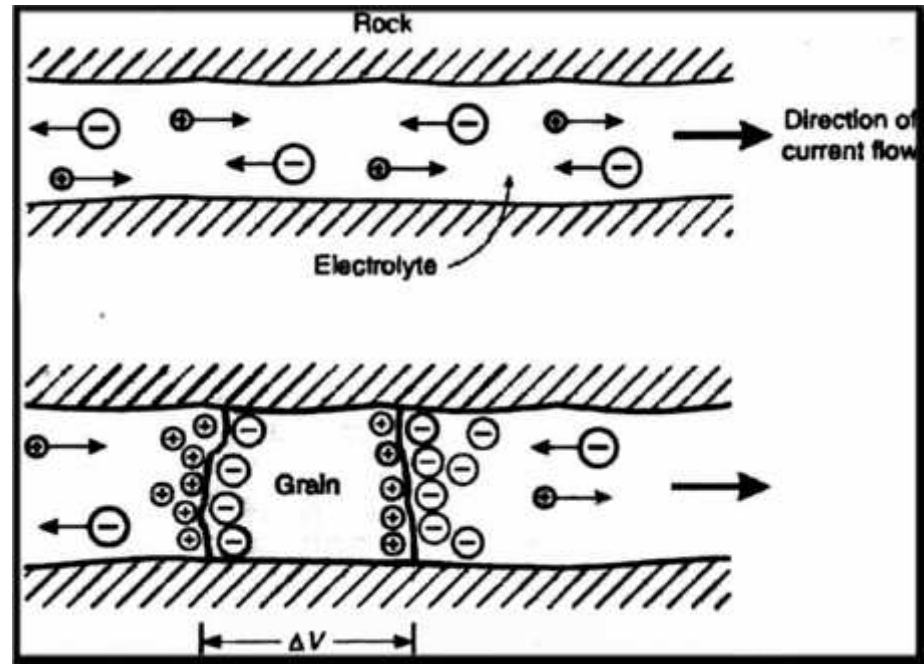
Gambar 15. *Constricted channel* (Reynolds, 2011)



Gambar 16. *Clay particle* (Reynolds, 2011)

3.2.3.2 Polarisasi Elektroda

Polarisasi elektroda terjadi jika terdapat mineral logam dalam batuan. Kehadiran mineral logam dapat menghalangi aliran arus induksi, sehingga muatan tersebut akan terpolarisasi di bidang batas dan menghasilkan beda potensial, (lihat **Gambar 17**). Untuk memaksa arus menembus hambatan elektrokimia diperlukan tegangan tambahan (*overpotential*) yang ditunjukkan pada **Gambar 17**.



Gambar 17. (Atas) adanya elektrolit, (bawah) adanya partikel logam (Reynolds, 2011)

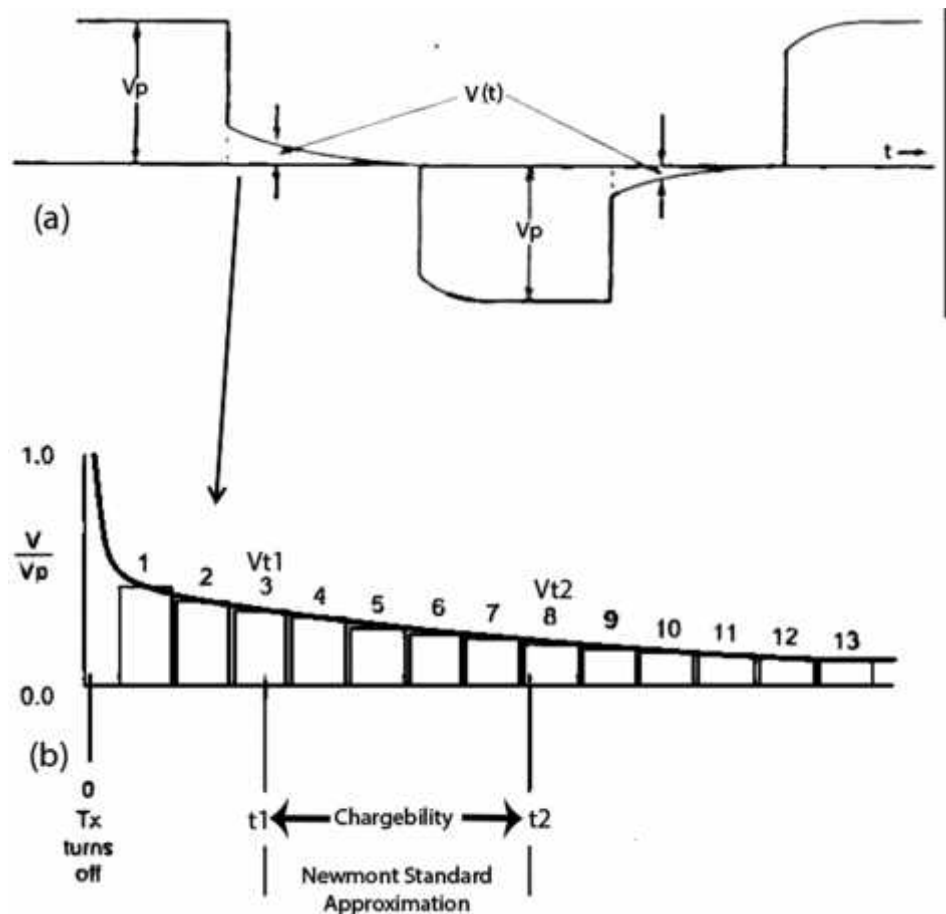
Batuan akan menyimpan muatan (sebagai kapasitor), sehingga ketika arus dimatikan tegangan sisa tidak langsung hilang, tetapi akan berangsur-angsur meluruh terhadap waktu dan muatan akan terdifusi kembali ke keadaan semula/setimbang. Polarisasi elektroda mendasari adanya pengukuran *time domain* (akan dibahas selanjutnya) (Reynold, 2011).

3.2.4 Pengukuran Metode Induksi Polarisasi

3.2.4.1 Time Domain

Prinsip *Time Domain* adalah dengan mengukur perbedaan respon batuan yang mengandung mineral konduktif atau tidak dengan melihat *overvoltage* (pertambahan beda potensial) pada batuan sebagai fungsi waktu akibat efek polarisasi. Ketika arus dimatikan, kemudian diukur *overvoltage delay* per waktu, maka akan diperoleh nilai *apparent*

chargeability (M). **Gambar 18** menunjukkan ilustrasi prinsip *time domain*.



Gambar 18. (a) induksi arus listrik dengan beda potensial yang terukur V_p/V_t , (b) *overtoltage delay* dengan *chargeability*. (Zonge, 2002)

Dengan

$$M\bar{a} = \frac{1}{v} \int_{t_1}^{t_2} V(t) dt \quad (22)$$

(dalam satuan milisekon).

Apparent chargeability akan menunjukkan waktu efek polarisasi untuk menghilang pada sesaat setelah arus dimatikan. Sehingga jika nilai M_a besar maka waktu *delay* nya lama. Dan jika waktu *delay* nya lama maka dapat diasumsikan terdeteksi mineral konduktif.

3.2.4.2 Frequency Domain

Prinsip Frekuensi Domain yaitu dengan mengukur respon batuan yang mengandung mineral konduktif atau tidak dengan pemberian impedansi pada 2 frekuensi yang berbeda (frekuensi rendah dan tinggi). Apabila pada batuan yang terdapat komposisi mineral konduktif, maka resistivitas akan sama pada setiap frekuensi. Tetapi jika dala, batuan yang mengandung mineral konduktif , maka resistivitas pada frekuensi tinggi akan lebih rendah dibanding dengan resistivitas pada frekuensi rendah.

a. Apparent Resistivity

Nilai *apparent resistivity* didapatkan dari hasil observasi berdasarkan konfigurasi yang digunakan saat pengukuran. Pada pengukuran kali ini menggunakan konfigurasi dipole-dipole sehingga untuk menentukan nilai *apparent resistivity* digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\rho_a = \pi a n (n + 2)(n + 1) \left(\frac{\Delta V}{I} \right) \quad (23)$$

b. Frekuensi Effect (FE)

Merupakan perbandingan antar selisih tegangan frekuensi rendah dan frekuensi tinggi dengan tegangan pada frekuensi yang terdeteksi pada dua elektroda potensial.

$$FE = \frac{\Delta V}{V} = \frac{V_l - V_h}{V_h} \quad \text{atau} \quad FE = \frac{\rho_{dc} - \rho_{ac}}{\rho_{ac}} \quad (24)$$

ρ_{dc} = *apparent resistivity* pada frekuensi rendah (0.05-0.5 Hz)

ρ_{ac} = *apparent resistivity* pada frekuensi tinggi (1-10 Hz)

c. *Percent Frekuensi Effect (PFE)*

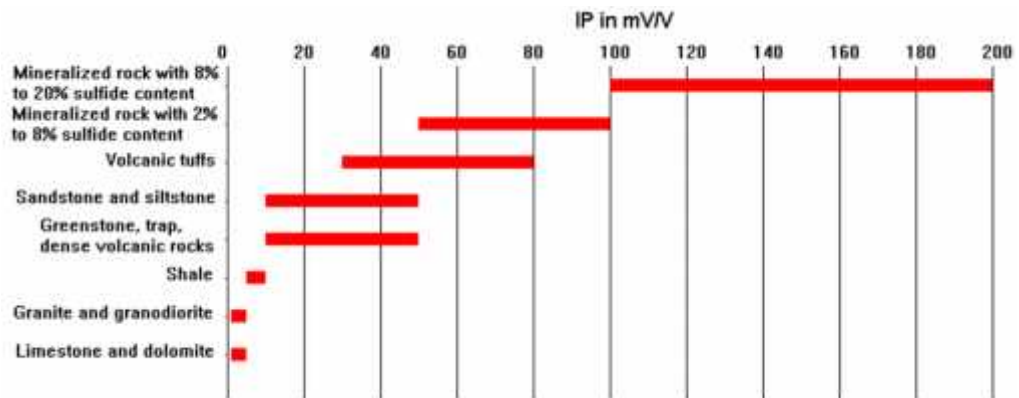
$$PFE = \frac{\rho_{dc} - \rho_{ac}}{\rho_{ac}} \times 100\% \quad (25)$$

d. *Metal Factor*

$$MF = \frac{PFE}{\rho_{dc}} \times 2\pi \cdot 10^3 \text{ (siemens per meter)} \quad (26)$$

Berikut merupakan tabel nilai chargeabilitas beberapa mineral dan batuan:

Tabel 2. Nilai Chargeabilitas Mineral dan Batuan (Loke, 2004)



3.3 Genesa Timah

3.3.1 Proses Pembentukan Timah

Berdasarkan genesanya endapan timah secara umum pulau banka kaya akan timah primer dan sekundernya. Intrusi batuan granit biotit berperan penting pada terbentuknya timah primer, urat kuarsa timah pada zaman Triassic atas dan didukung daerah kontak batuan malihan biasanya berasosiasi dengan *tourmaline*. Kontak terhadap lapisan tanah sebagai lapisan penutup

berupa pasir, lanau, ataupun schist dan membeku secara perlahan-lahan akan membentuk reaksi kimia dalam pembentukan endapan timah primer.



SnO_2 yang dikenal dengan kasiterite, merupakan senyawa Sn yang utama. Seiring proses pembekuan mulailah terbentuk mineral-mineral ikutan, seperti : *zircon* (ZrSiO_4), *ilmenite* (FeTiO_3), *monazite* (CeLaYTh), *tourmaline* ($\text{HgAl}_3(\text{BOH})$), *xenotime* (YPO_4), dan sebagainya. Berikut merupakan proses pengendapan yang dibagi menjadi 3 tahap, yaitu :

A. Tahapan Pendahuluan (*Early Stage*)

Proses pengendapannya terbentuk oleh proses pelapukan kimiawi sehingga terbentuk *Primitive Placer Deposit* yang pada umumnya ditemukan pada kedalaman 0 – 10 meter yang terdiri dari:

- a. *Residual Deposit*, merupakan endapan akibat batuan induk yang mengalami pelapukan namun tidak mengalami transport mineral.
- b. *Elluvial Deposit*, merupakan endapan akibat pelapukan dengan bantuan air hujan namun tidak mengalami transport mineral .
- c. *Colluvial Deposit*, adalah endapan akibat peluncuran tanah, namun terjadi pengayaan pada tempat yang agak rata.
- d. *Kaksa*, adalah endapan biji timah yang bersumber langsung diatas batuan dasar.

B. Tahapan Pertengahan (*Middle Stage*)

Keterdapatannya mineral timah pada tahap ini pada kedalaman kurang dari 30 meter. Proses pengendapan oleh pelapukan yang mengalami pengendapan, hasil pengendapan tersebut meliputi:

- a. *Mincan*, merupakan endapan timah diantara dua overburden sehingga orebody terlihat seperti melayang
- b. *Kaksa*, merupakan endapan langsung bijih timah pada batuan dasar (granit).

C. Tahapan Lanjut (*Advanced stage*)

Proses pengendapan kembali oleh perubahan muka air laut pada masa Pleistosen hingga terbentuk *Modern Placer Deposit* diantaranya:

- a. *Alluvial deposit*, merupakan endapan hasil transportasi yang cukup jauh, proses ini dibantu oleh agen pembentuk seperti aliran sungai dan air hujan kemudian terendapkan pada lembah. Ciri - cirinya, butirannya membulat dan halus.
- b. *Beach Deposit*, merupakan endapan hasil transportasi yang cukup jauh, proses ini dibantu oleh agen pembentuk seperti aliran sungai dan air hujan kemudian terendapkan dipantai dengan bantuan ombak laut (Sukandarrumidi, 2007).

3.3.2 Mineral Utama dan Mineral Asosiasinya

Di Pulau Bangka mineralisasi terjadi disekitar badan granit yang kontak dengan magma asam dan menembus lapisan batuan sedimen sebagai intrusi atau biasa disebut zona kontak. Pada proses pelapukan baik mekanis maupun

kimiawi, dilanjutkan dengan proses erosi, dan tertransportasi lewat sungai. Bijih timah memiliki komposisi mineral *Cassiterite* (SnO_2) sebagai mineral utama di ikuti beberapa mineral assosiasi.

A. Mineral utama

Mineral utama bijih timah adalah *Cassiterite* (SnO_2). Mineral ini secara alami terbentuk dari proses *hydrothermal* magmatik. Bentuk dan system kristal *Cassiterite tetragonal system* dengan warna cokelat atau hitam.

B. Mineral assosiasi

Umumnya sebagai mineral sekunder, mengalami proses pengkayaan dan terendapkan bersamaan dengan pengendapan timah (Priem dalam Baharuddin dkk, 1995).

3.3.3 Manfaat Timah

Logam timah banyak manfaatnya baik digunakan secara tunggal maupun sebagai paduan logam (*alloy*) dengan logam yang lain terutama dengan logam tembaga. Berikut beberapa manfaat timah lainnya;

Timah putih dipergunakan untuk:

- a. Melapisi logam-logam (baja, tembaga dan lain-lain).
- b. *Solder, stabilizer* dalam plastik.
- c. Paduan logam (*alloy*) dengan logam lainnya.

Timah dalam keadaan murni:

- a. Pipa atau tabung yang dapat dilipat.
- b. Pelat lembaran yang dapat dibuat kaleng.
- c. Kontak penghubung dan rel-rel kotak sekering alat listrik dll.

IV. METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Oktober 2016 sampai Mei 2016, bertempat di Laboratorium Teknik Geofisika, Universitas Lampung. Data yang digunakan adalah data sekunder geolistrik *resistivity* dan *chargebility (IP)* daerah Gunung Batubesi, Kecamatan Manggar, Kabupaten Belitung Timur, Kepulauan Bangka Belitung, Indonesia. **Tabel 3** menunjukkan jadwal kegiatan selama penelitian.

Tabel 3. Jadwal Kegiatan

Kegiatan	Bulan					
	1	2	3	4	5	6
Studi Literatur	■	■			■	
Processing Data		■	■	■	■	
Interpretasi Data				■	■	
Penyusunan Laporan				■	■	■
Seminar Proposal					■	
Seminar Hasil						■
Ujian Skripsi						■

4.2 Persiapan Data

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

a. Data *resistivity* dan *chargeability (IP)*

Data yang digunakan merupakan data hasil pengukuran di daerah Gunung Batubesi. *Profiling 2D* digunakan untuk melihat persebaran nilai resistivitas dan *chargeability (IP)* di bawah permukaan. *Profiling 3D* digunakan untuk menghitung volumetrik prospeksi timah primer yang terdapat pada daerah tersebut.

b. *Hardware dan Software*

Hardware yang digunakan adalah seperangkat komputer, sedangkan *software* yang digunakan pada penelitian ini adalah *Microsoft Office*, *RES2Dinv* dan *Voxler4.2.584*.

4.3 Pengolahan Data

a. Pemodelan 2D

Data *resistivity* dan *chargeability (IP)* dengan prinsip *time domain* yang di dapatkan berupa data berformat *.dat*. Data tersebut diinversi dan iterasi untuk mendapatkan nilai *error* paling rendah menggunakan *software RES2Dinv* menjadi penampang *pseudosection 2D* yang merupakan hasil inversi data lapangan. Data hasil inversi ini memiliki format *.inv* dan *.bmp*.

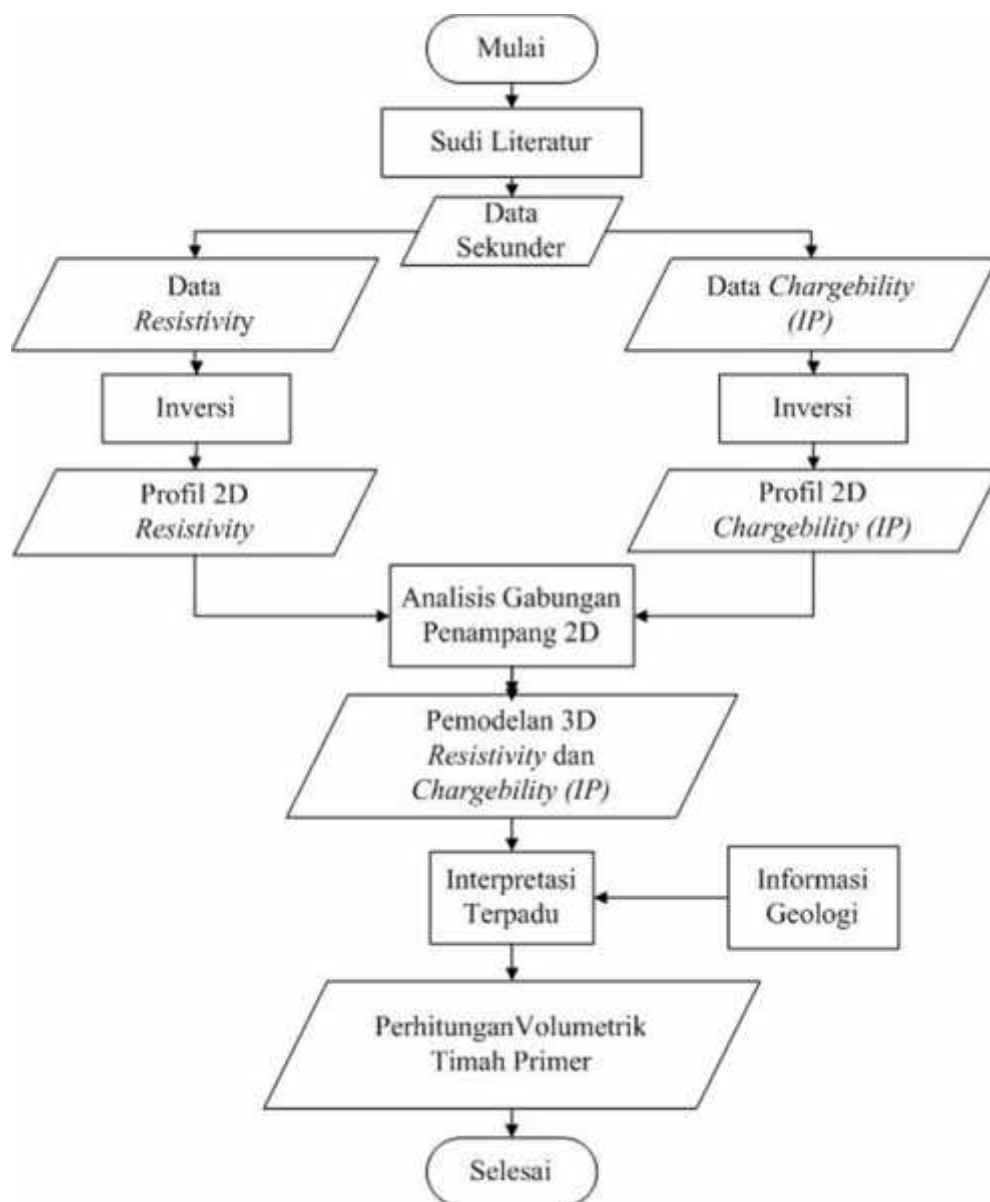
b. Pemodelan 3D

Data hasil inversi di simpan dalam format *.xyz* dalam *software RES2Dinv* untuk kemudian di konversi menjadi data RAW dengan *Ms. Excel* sebagai input data pada *software Voxler4.2.584*. Hasil dari pengolahan ini didapatkan

pemodelan 3D *resistivity* dan *chargeability (IP)* untuk mengetahui volumetrik kandungan timah dalam intrusi granit pada daerah penelitian.

4.4 Diagram Alir

Adapun diagram alir pada penelitian ini ditunjukkan pada **Gambar 19**.



Gambar 19. Diagram alir penelitian

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Daerah penelitian memiliki nilai resistivitas yang cenderung variatif dengan kisaran 100 – 50.000 m.
2. Zona sesar pada daerah penelitian sebagai zona intrusi batuan granit, ditunjukkan oleh nilai resistivitas yang tinggi 10.000 – 50.000 m sebagai tempat terakumulasinya mineral timah primer (insitu).
3. Dugaan potensi *vein* yang mengandung mineral pembawa timah (kasiterit) berada pada nilai resistivitas 700 – 10.000 m dan nilai chargeabilitas 3 – 25 msec.
4. Berdasarkan hasil analisis penampang 2D dan 3D, zona timah primer yang cenderung mengarah ke utara daerah penelitian.
5. Berdasarkan hasil analisis model 3D, Besar sumberdaya hipotetik berupa lapisan mineral kasiterit pembawa timah primer pada daerah penelitian adalah $\pm 24.000.000 \text{ m}^3$.

6.2 Saran

Perlu adanya eksplorasi lebih lanjut untuk melengkapi data penelitian seperti data bor sebagai perhitungan kelayakan daerah penelitian untuk di eksploitasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Baharuddin dan Sidarto. 1995. *Peta Geologi Lembar Belitung, Sumatra*, Bandung : Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Burlian. 2015. *Catatan Survey Geologi Pulau Belitung*. Bandung : Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Darmawansyah, A., Makharani., Syamsuddin. 2017. Penentuan Potensi Sumberdaya hipotetik Timah Primer Daerah Air Inas Kepulauan Bangka Belitung. *Jurnal Geocelbes_* . Vol. 1 No. 2
- Kibrani, M. 2007. *Panduan Workshop Eksplorasi Geofisika*. Yogyakarta: Laboratorium Geofisika UGM. 146-244.
- Loke, M. H. 2011, *Electrical Imaging Surveys for Environmental and Engineering Studies*. Note and Course 2004. 1-14.
- Margono, U., Supanjono dan Partoyo, E. 1995. *Peta Geologi Lembar Bangka Selatan, Sumatra*, Bandung : Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Milsom, J. 2003. *Field Geophysics The Geological Field Guide Series*. London : University of Collegen.
- Pratama, A., Makhrani., Aswad, S. 2015. Identifikasi Potensi Sumberdaya Timah Primer Dengan Menggunakan Induksi Polarisasi Dan Resistivitas Daerah Bukit Puyuh Kecamatan Tembilang Kabupaten Bangka Barat. *Jurnal Geocelbes_* . Vol.1 No. 3

- Rahma, S., 2009. Pencitraan Dua Dimensi Data Resistivity dan Induced Polarization untuk Mendelineasi Deposit Emas Sistem Epithermal di Daerah X. *Skripsi*. FMIPA UI. 21-46.
- Reynolds, J. M. 2011. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics. Second Edition*. John Wiley. 522-552
- Sukandarrumidi. 2007. *Geologi Mineral Logam*. Gajah Mada University Press. 106 – 118.
- Telford, W. M., Geldart and Sheriff. 1990. *Applied Geophysics Second Edition*. Cambridge University Press. 283-292.
- U Ko Ko. 1986. Preliminary synthesis of the geology of Bangka Island Indonesia. *Geosea V proceeding. Vol II*. Geol. Soc . Malaysia : Bulletin 20. pp. 81-96.
- Zonge GDP-32. 2002. *Manual Geophysics Data Processor*. Nevada USA.