

**INTERPRETASI BAWAH PERMUKAAN DAERAH PROSPEK EMAS
LAPANGAN “RAFTEL” MENGGUNAKAN METODE MAGNETIK**

(Skripsi)

Oleh

Muhamad Abil



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS LAMPUNG
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA
2020**

INTERPRETATION UNDER THE SURFACE OF THE "RAFTEL" FIELD PROSPECT AREA USING MAGNETICMETHODS

By
Muhamad Abil

ABSTRACT

This study aims to determine mineralized zones and subsurface geological structures based on 2D Forward modeling and geological data. Data was collected using PMG1 (Proton Magnetometer), in an area of 2.8 km x 1 km, as many as 2810 data. Qualitative interpretation is done by analyzing the results of the reduction anomaly map to the poles using Oasis Montaj. Quantitative interpretation is done by analyzing the results of 2D modeling using GM-SYS. With two cross sections AA 'and BB', the results of the modeling are obtained subsurface geological structures, in the form of fractures in the AA cross section. There are four layers of rock that have a susceptibility value of 0.06 emu, 0.01 respectively. Based on local geological maps that have been studied by PT. Antam, Tbk. The area of the study area is divided into five layers, namely Porphyritic Andesitic, Andesitic Volcanic, Dacitic Volcanic, Limestone and Sedimentary, the constituent rocks of the research area in the first layer are dacitic tuff rocks, and the second layer of Andesitic Volcanic rocks. There is a fault on the cross section of the result of forward modeling, which forms a graben. For B-B incisions, this is almost the same as A-A incisions. There are several faults in the cross section of the results of forward modeling, this supports the characteristics of epithermal gold deposition types at low sulfidation where local control is fault. this is the place where the minerals such as ilite, smectite etc. are deposited, these are Au and Ag carriers.

Keywords: magnetic, susceptibility, GM-SYS, Oasis Montaj

INTERPRETASI BAWAH PERMUKAAN DAERAH PROSPEK EMAS LAPANGAN “RAFTEL” MENGGUNAKAN METODE MAGNETIK

Oleh
Muhamad Abil

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan zona mineralisasi dan struktur geologi bawah permukaan berdasarkan pemodelan 2D *Forward Modeling* dan data geologi. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan PMG1 (Proton Magnetometer), di area seluas 2.8 km x 1 km, sebanyak 2810 data. Interpretasi kualitatif dilakukan dengan menganalisa hasil peta anomali reduksi ke kutub dengan menggunakan Oasis Montaj. Interpretasi kuantitatif dilakukan dengan menganalisa hasil pemodelan 2D dengan menggunakan GM-SYS. Dengan dua penampang AA' dan BB', hasil dari pemodelan tersebut didapatkan struktur geologi bawah permukaan, berupa patahan pada penampang AA'. Terdapat empat lapisan batuan yang memiliki nilai susceptibilitas masing-masing 0.06 emu, 0.01. Berdasarkan peta geologi lokal yang telah diteliti oleh PT. Antam, Tbk daerah penelitian terbagi dari lima lapisan yaitu *Porphyritic Andesitic*, *Andesitic Volcanic*, *Dacitic Volcanic*, *Limestone* dan *Sedimentary*, batuan penyusun daerah penelitian pada lapisan pertama berupa batuan dacitic tuff, dan lapisan kedua batuan *Andesitic Volcanic*. Terdapat sesar pada penampang hasil *forward modeling*, yang membentuk graben. Untuk sayatan B-B' ini hampir sama dengan sayatan A-A'. Terdapat beberapa sesar pada penampang hasil *forward modeling*, hal ini mendukung karakteristik tipe endapan emas epitermal pada sulfidasi rendah dimana kontrol secara lokal adalah sesar. di sini lah tempat terendapkan nya mineral-mineral seperti ilit, smektit dll, ini merupakan mineral-mineral pembawa Au dan Ag.

Kata kunci : Magnetik, Susceptibilitas, GM-SYS, Oasis Montaj

**INTERPRETASI BAWAH PERMUKAAN DAERAH PROSPEK EMAS
LAPANGAN “RAFTEL” MENGGUNAKAN METODE MAGNETIK**

Oleh
Muhamad Abil

Skripsi
Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK

Pada
Jurusan Teknik Geofisika
Fakultas Teknik Universitas Lampung



**KEMENTRIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS LAMPUNG
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA
2020**

Judul Penelitian : **INTERPRETASI BAWAH PERMUKAAN
DAERAH PROSPEK EMAS LAPANGAN
"RAFTEL" MENGGUNAKAN METODE
MAGNETIK**

Nama : **Muhamad Abil**

No. Pokok Mahasiswa : 1515051046

Jurusan : Teknik Geofisika

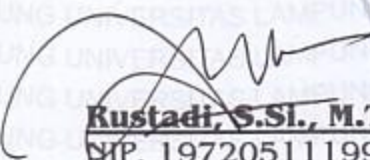
Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

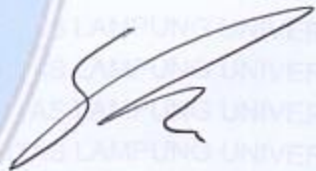
1. Komisi Pembimbing,

Pembimbing I

Pembimbing II

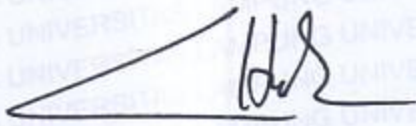

Rustadi, S.Si., M.T.

NIP. 197205111997031002


Ir. Syamsurijal Rasimeng, M.Si.

NIP. 19730716 2000 121002

2. Ketua Jurusan Teknik Geofisika

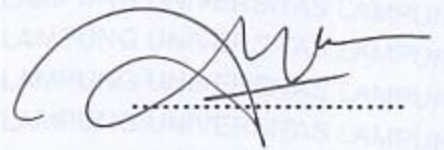

Dr. Nandi Haerudin, S.Si., M.Si.

NIP. 197509112000121002

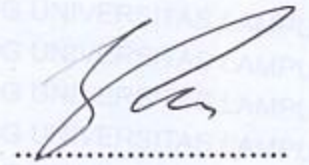
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Rustadi, S.Si, M.T.**



Sekretaris : **Ir. Syamsurijal Rasimeng, M.Si.**



Penguji
Bukan Pembimbing : **Dr. Ir. Muh Sarkowi, M.Si.**



2. Dekan Fakultas Teknik



Prof. Drs. Ir. SUHARNO, Ph.D., IPU., ASEAN.Eng.
NIP. 19620717 198703 1002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: **4 Februari 2020**

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang 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.

Bandarlampung, 13 Februari 2020



Muhamad Abil

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kota Bandar Lampung, pada tanggal 24 Agustus 1997, anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Adenan As dan ibu Wiwik Winarsitah. Alamat Penulis di Jalan Pulau Buru, Gang Teratai No. 48 Rw. 03, Way Halim Permai, Way Halim, Kota Bandar Lampung. Penulis

berkebangsaan Indonesia dan beragama Islam. Pendidikan yang pernah di tempuh oleh Penulis menyelesaikan pendidikan TK (Taman Kanak-kanak) di TK Aisyah 2 Kedaton, Bandar Lampung pada tahun 2003, pendidikan Sekolah Dasar di SDN 2 Way Halim Permai, Bandar Lampung pada tahun 2009, pendidikan Sekolah Menengah Pertama di Mts Al-Muhsin, Metro pada tahun 2012 dan pendidikan Sekolah Menengah Atas di MAN 1 Metro, Metro pada tahun 2015.

Pada tahun 2015, penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung. Pada Tahun 2016, Penulis bergabung menjadi anggota Sosial Budaya Masyarakat di HIMA TG Bhuwana Universitas Lampung dan. Selanjutnya, ditahun 2017, penulis menjabat sebagai Kepala Dinas Internal Sosial Budaya Masyarakat di HIMA TG Bhuwana Universitas Lampung.

Di akhir masa studi, penulis menjadi staff FIELDTRIP di American Association Of Petroleum Geologist (AAPG) SC Unila kepengurusan tahun 2018 sampai April 2019.

Pada Tahun 2018 penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Kebon Damar, Kecamatan Mataram Baru, Lampung Timur, Lampung. Dalam pengaplikasian ilmu di bidang Teknik Geofisika penulis juga telah melaksanakan Kerja Praktek di PT. Aneka Tambang (ANTAM) Tbk. Jakarta dengan mengambil tema “Akusisi, Pengolahan Dan Interpretasi Data Magnetik Pada Lapangan “X” ”. Penulis melakukan Tugas Akhir untuk skripsi di Jurusan Teknik Geofisika, hingga akhirnya penulis menyelesaikan pendidikan sarjana teknik pada tanggal 4 Februari 2020 dengan judul skripsi “Interpretasi Bawah Permukaan Daerah Prospek Emas Lapangan “RAFTEL” Menggunakan Metode Magnetik”.

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur, kan ku persembahkan skripsi ini kepada :

Allah SWT

Atas segala nikmat dan berkah yang senantiasa
aku rasakan dalam menyelesaikan skripsi ini

*Ayahanda Tercinta Adenan AS, S.H.
Ibunda Tercinta Dra. Wiwik Winarsitah
Kakak Terbawel Astri Ilyin Sahputri, S.Psi.*

Berkat Do'a dan kemurnian cinta kasih sayang. Terimakasih atas segala jerih payah ayah dan ibu hingga kebutuhanku dapat dipehuhi. Semuanya takkan terbalas, namun akan selalu ku ingat sampai kapanpun, hingga tak terbatas sampai nyawa lepas dikandung badan.

Teknik Geofisika Universitas Lampung 2015

Suka dan duka telah kita lewati bersama, tawa dan kasih kalian tidak akan pernah aku lupakan. Aku sayang kalian.

MOTTO

“Hidup cuma sekali, ga dua kali, tiga kali, empat kali, dan seterusnya” – Muhamad Abil

“Dengarkan dengan seksama, karena setiap kata-kata yang keluar dari mulut gua, ga akan keluar dari mulut kalian” – Indra Firmawan

“Ya, Bodo Amat. Bodo Amat, lah” – Younglex

“Saya Pamit” – Ria Ricis

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah, Segala puji bagi Allah S.W.T yang telah melimpahkan segala rezeki, petunjuk, dan ilmu kepada penulis, sehingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat dan salam semoga selalu untuk nabiNya yakni Muhammad S.A.W. Sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Interpretasi Bawah Permukaan Daerah Prospek Emas Lapangan “RAFTEL” Menggunakan Metode Magnetik”** ini dengan baik.

Harapan penulis adanya penelitian ini semoga dapat menambah khazanah ilmu di bidang eksplorasi mineral terutama di bidang keilmuan Geofisika. Adapun dalam pelaksanaan dan penulisan laporan ini penulis menyadari bahwa selesainya proses pengerjaan ini tidak lepas dari bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada. Demikian laporan tugas akhir ini disusun dengan sebaik-baiknya, harapan penulis agar laporan ini dapat menjadi acuan dan berguna bagi pembaca. Selain itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun agar menjadi lebih baik lagi kedepannya.

Penulis

Muhamad Abil

SANWACANA

Alhamdulillahirobbil'alamin...

Dengan penuh rasa syukur, penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada Nabi Besar Muhammad SAW, keluarga, sahabat serta pengikut-Nya yang terus menegakkan kalimat tauhid di muka bumi ini.

Penulis menyadari sepenuhnya, bahwa apa yang terjadi dalam Laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari yang diharapkan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak sehingga membawa kearah pemikiran yang lebih maju. Tidak akan terselesaikan Laporan Tugas Akhir ini tanpa bantuan, dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terimakasih kepada :

1. Allah subhanahu wa ta'ala yang telah memberikan kenikmatan, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan inshallah baik.
2. Orang tua, serta keluarga, yang selalu memberikan doa, dukungan, cinta, semangat dan kepercayaan dalam bentuk lahir maupun batin.
3. Bapak Prof. Suharno, M.Sc.,PhD selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.

4. Bapak Dr. Nandi Haeruddin S.Si, M.Si., selaku ketua Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung.
5. Bapak Rustadi, S.Si, M.T. Selaku Pembimbing I Tugas Akhir dari Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung
6. Bapak Ir. Syamsurijal Rasimeng, M.Si.Selaku Pembimbing II Tugas Akhir dari Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung
7. Bapak Dr. ir. Muh Sarkowi, M.Si. selaku Dosen Penguji Tugas Akhir.
8. Seluruh Dosen Teknik Geofisika Universitas Lampung yang telah membekali penulis dengan ilmu dan pengetahuan sehingga dapat terselesaikannya laporan Tugas Akhir ini.
9. Seluruh Staff Fakultas Teknik dan Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung yang telah membantu dalam memperlancar urusan administrasi untuk keperluan Tugas Akhir.
10. Haradeani Harianja yang telah menambah-nambah pikiran saya dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.
11. Yuda Sirait, Agam Aji, Dian Sanjaya dan Angga Reza yang telah menjadi teman diskusi sehingga dapat terselesaikannya laporan Tugas Akhir ini.
12. Serta yang paling di sayangi dan di banggakan, teman-teman Teknik Geofisika 2015 Universitas Lampung yang selalu memberi motivasi dan bantuan, yogi, dian, ade, juli, ozza, renaldi, agam, ravi, monang, yuda, ferdy, ali, fauzan, nurman, fikri, angga, adit, ariyan, satria, brian, dersan, alfin, aldo, ableh, ayu, maul, tiara, dyna, nopi, rindi, sunar, dana, desi, salma, laras, tata, dini, rani, ester, isti, zealin, eka, risma, lia, yang menjadi mahasiswa tingkat akhir dan mulai berpisah satu per satu *TG'15 "TG TG SUKSES", "Trabas*

Babi”, *”Barbar Kampus”*. Terima kasih karena kalian sudah berjuang sampai saat ini untuk menjalani kehidupan di perkuliahan yang sangat berat ini. Semoga kita semakin sukses, solid dan bisa melewati masa-masa akhir kuliah kita di TG Unila ini.

13. Dan Seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Demikian laporan Tugas Akhir ini disusun dengan sebaik-baiknya, harapan penulis agar laporan ini dapat menjadi acuan dan berguna bagi pembaca. Selain itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun agar menjadi lebih baik lagi kedepannya.

Bandarlampung, 13 Februari 2020

Penulis,

Muhamad Abil

DAFTAR ISI

ABSTRACT	i
ABSTRAK	ii
HALAMAN JUDUL	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
HALAMAN PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	ix
MOTTO	x
KATA PENGANTAR	xi
SANWACANA	xii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR TABEL	xxi
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan	3
C. Batasan Masalah	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
A. Geologi Regional Daerah Penelitian	4
1. Fisiografi Regional	5
2. Stratigrafi Regional	6
3. Struktur Geologi Regional	7
4. Mineralisasi Regional	8

B.	Geologi Lokal Daerah Penelitian	10
C.	Alterasi dan Karakteristik Endapan Epitermal	11
1.	Alterasi.....	11
2.	Karakteristik Endapan Epitermal.....	12
III.	TEORI DASAR	14
A.	Gaya Magnetik	14
B.	Kuat Medan Magnetik.....	15
C.	Momen Magnetik	15
D.	Intensitas Magnetik	16
E.	Suseptibilitas Magnetik	16
F.	Induksi Magnetik	17
G.	Anomali Magnetik.....	18
H.	Kemagnetan Bumi	20
1.	Sumber Kemagnetan Bumi.....	20
2.	Medan Magnet Bumi	21
I.	Komponen-Komponen Medan Magnet Bumi.....	23
1.	Sudut Deklinasi.....	24
2.	Sudut Inklinasi	25
3.	Medan Magnet Total.....	26
4.	Medan Magnet Horisontal	26
J.	Kemagnetan pada Batuan dan Mineral	27
1.	Proses Pembentukan Sifat Kemagnetan pada Batuan.....	27
2.	Suseptibilitas Magnetik Batuan dan Mineral.....	29
K.	Pengolahan Data magnetik.....	33
1.	Koreksi Data Magnetik.....	33
2.	Transformasi Fourier	35
3.	<i>Butterworth Filter</i>	36
4.	Reduksi Ke Kutub (<i>Reduction to the pole</i>).....	36
5.	<i>Forward Modeling</i>	40
L.	Interpretasi Data Magnetik.....	40
M.	Ganesa Zona Mineralisasi Emas Tipe Endapan Epitermal	41

IV. METODOLOGI PENELITIAN

A.	Waktu dan Tempat Penelitian	45
B.	Alat dan Bahan	45
C.	Jadwal Kegiatan Penelitian.....	46
D.	Prosedur Penelitian.....	47
1.	Tahap Persiapan.....	47
2.	Tahap Akuisisi Data.....	47
3.	Tahap Pengolahan Data	50
4.	Tahap Interpretasi	50
E.	Diagram Alir.....	52

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

A.	Titik Pengukuran Geomagnetik.....	54
B.	Peta Intensitas Medan Magnetik Total Daerah Penelitian	55
C.	Analisis Spektrum	58
D.	Pemisahan Anomali Regional Residual	65
E.	Anomali Regional.....	67
F.	Anomali Residual.....	67
G.	Reduksi Ke Kutub	69
H.	Forward Modeling	72
I.	Interpretasi Data Geomagnetik	74

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

A.	Kesimpulan.....	80
B.	Saran	81

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Peta lokasi penelitian.....	4
Gambar 2. Zona Fisiografi Jawa Barat.	6
Gambar 3. Peta Geologi Regional Lembar Cikarang.....	8
Gambar 4. Geologi Regional Cibaliung.....	9
Gambar 5. Peta geologi lokal daerah penelitian.....	10
Gambar 6. Peta alterasi daerah penelitian	11
Gambar 7. Skema induksi magnetik pada batuan	18
Gambar 8. Ilustrasi anomali magnetik pada batuan	19
Gambar 9. Deskripsi medan magnetik bumi dan kutub-kutubnya.....	20
Gambar 10. Ilustrasi proses terjadinya medan magnet bumi akibat arus konveksi.	21
Gambar 11. Peta nilai medan utama magnetik bumi berdasarkan IGRF (dalam ribuan nano Tesla)	22
Gambar 12. Medan magnet bumi pada suatu permukaan (a), komponen- komponen medan magnet bumi (b).....	24
Gambar 13. Peta sudut deklinasi medan magnetik bumi	25
Gambar 14. Peta sudut inklinasi medan magnetik bumi.....	26
Gambar 15. Ilustrasi momen magnetik pada bahan diamagnetik sebelum dan sesudah diberi medan magnet luar	30
Gambar 16. Ilustrasi momen magnetik pada bahan paramagnetik sebelum dan sesudah diberi medan magnet luar	30
Gambar 17. Ilustrasi momen magnetik pada bahan ferromagnetik	31
Gambar 18. Peta Total magnetic intensity (TMI) sebelum dilakukan proses reduksi ke kutub	38

Gambar 19. Peta Total magnetic intensity (TMI) sesudah dilakukan proses reduksi ke kutub	39
Gambar 20. Sistem epitermal secara keseluruhan.....	44
Gambar 21. Ilustrasi metode base rover dalam pengambilan data magnetik	48
Gambar 22. Kurva Base Station di daerah penelitian yang digunakan sebagai koreksi harian	49
Gambar 23. Peta isodinamis yang menunjukkan nilai medan magnet utama bumi berdasarkan IGRF	50
Gambar 24. Peta Intensitas medan magnetik total	51
Gambar 25. Kurva Penampang daerah pemodelan	51
Gambar 26. Diagram alir penelitian.....	53
Gambar 27. Peta lokasi titik pengukuran	54
Gambar 28. Mengimport data dari Microsoft Excel ke Oasis Montaj	56
Gambar 29. Peta intensitas medan magnetik total	58
Gambar 30. Grafik spektrum pada line 1	59
Gambar 31. Grafik spektrum pada line 2	60
Gambar 32. Grafik spektrum pada line 3	61
Gambar 33. Grafik spektrum pada line 4	62
Gambar 34. Grafik spektrum pada line 5	63
Gambar 35. Grafik spektrum pada line 6	64
Gambar 36 Kontur fft pada proses <i>butterworth</i>	66
Gambar 37. Kontur anomali regional.....	67
Gambar 38. Kontur anomali residual	68
Gambar 39 kontur fft pada proses reduksi ke kutub	70
Gambar 40. Peta anomali medan magnet residual sebelum dilakukan proses reduksi ke kutub.	71
Gambar 41. Peta anomali medan magnet residual setelah dilakukan proses reduksi ke kutub.	71
Gambar 42. <i>Forward modeling</i> lintasan 1	72
Gambar 43. <i>Forward modeling</i> lintasan 2	73
Gambar 44. Overlay peta anomali residual monopole terhadap peta geologi	75

Gambar 45. Overlay peta anomali residual monopole terhadap peta alterasi.....	75
Gambar 46. Peta overlay geologi daerah penelitian dengan peta anomali residual	77

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Karakteristik endapan epitermal daerah penelitian.....	12
Tabel 2. Jenis batuan dan mineral berdasarkan nilai suseptibilitas	31
Tabel 3. Ciri-ciri sistem epitermal	42
Tabel 4. Karakteristik tipe endapan emas epitermal	43
Tabel 5. Jadwal Penelitian.....	46
Tabel 6. Lebar Jendela Analisis Spektral.....	65

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Emas merupakan logam mulia yang memiliki nilai ekonomi tinggi, baik sebagai perhiasan maupun untuk alat investasi. Di dunia ini emas merupakan komoditi perdagangan yang sangat mahal sehingga permintaan emas senantiasa mengalami kenaikan. Indonesia merupakan salah satu negara di dunia yang memiliki cadangan emas sepanjang jalur magmatis, lapangan yang sudah di produksi antara lain Grasberg, Papua dan di daerah Batu Hijau, NTT.

Wilayah Indonesia merupakan wilayah yang memiliki kandungan emas yang melimpah karena berada pada daerah pembentukan mineral *South Pacific* (Corbett, 2002) yaitu suatu daerah pembentukan mineral karena berada pada jalur gunung api pasifik, dimana banyak terdapat gunung berapi dan jalur vulkanik yang berasosiasi dengan daerah pembentukan mineral. Salah satu daerah yang memiliki potensi kandungan mineral terutama di Jawa bagian barat dimana sudah terbukti dengan adanya daerah operasi tambang yang berada di Cikotok dan Pongkor. Sedangkan lokasi lainnya daerah di Jawa Barat yang memiliki potensi kandungan mineral adalah Lapangan "RAFTEL"

Metode magnetik merupakan salah satu metode geofisika yang sering digunakan dalam survei pendahuluan pada eksplorasi minyak bumi (Odunaike dkk, 2009), gas bumi dan penyelidikan kandungan mineral (Johnson, 2009)

Metode ini memiliki akurasi pengukuran yang relatif tinggi, biaya pengoprasian yang relatif murah, pengoperasian relatif mudah, dan cepat dibandingkan dengan metode geofisika yang lainnya.

Metode magnetik secara umum dimanfaatkan untuk mendeteksi batuan atau mineral yang memiliki suseptibilitas magnetik. Selain dipengaruhi oleh mineral-mineral feromagnetik yang terkandung di dalamnya, sifat-sifat kemagnetan batuan juga sangat dipengaruhi oleh proses pembenturan batuan tersebut. Pada batuan sedimen misalnya struktur dan teksturnya sangat dipengaruhi oleh gaya hidrolis saat terjadi proses deposisi sedimen. (Rasimeng, 2008)

Metode magnetik penting dilakukan dalam eksplorasi mineral terutama emas karena sebagai langkah awal untuk menentukan area prospek, sebagai data awal dilakukan survei lanjutan untuk memastikan adanya sumber emas pada daerah tersebut. Area yang dicari dalam survei kandungan mineral terutama emas yaitu di area-area yang memiliki anomali magnetik, yaitu memiliki intensitas magnetik tinggi dengan daerah sekeliling rendah (Khafi dan Yulianto, 2008).

Area-area yang memiliki intensitas magnet tinggi, merupakan salah satu indikasi awal adanya potensi kandungan batuan yang mengandung mineral (Au, Cu, dan Ag). Daerah yang memiliki intensitas magnetik tinggi tersebut tidak cukup hanya dengan melakukan interpretasi berdasarkan anomali medan magnet dari peta kontur anomali magnetik (interpretasi kualitatif), tetapi juga diperlukan interpretasi secara kuantitatif yaitu interpretasi dengan melakukan pemodelan pada daerah target. Interpretasi secara kuantitatif didasarkan pada nilai suseptibilitas batuan dan bentuk yang didapat dari pemodelan dengan bantuan

software. Dari nilai suseptibilitas dapat ditentukan jenis batuan pada daerah tersebut. Pemodelan yang dilakukan adalah pemodelan 2D menggunakan *software Oasis Montaj*, pemodelan ini penting agar dapat diketahui struktur bawah permukaan.

B. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah ;

1. Menentukan zona mineralisasi dan struktur geologi bawah permukaan berdasarkan data magnetik.
2. Menentukan penampang struktur geologi dari hasil pemodelan 2D *Forward Modeling* data magnetik.

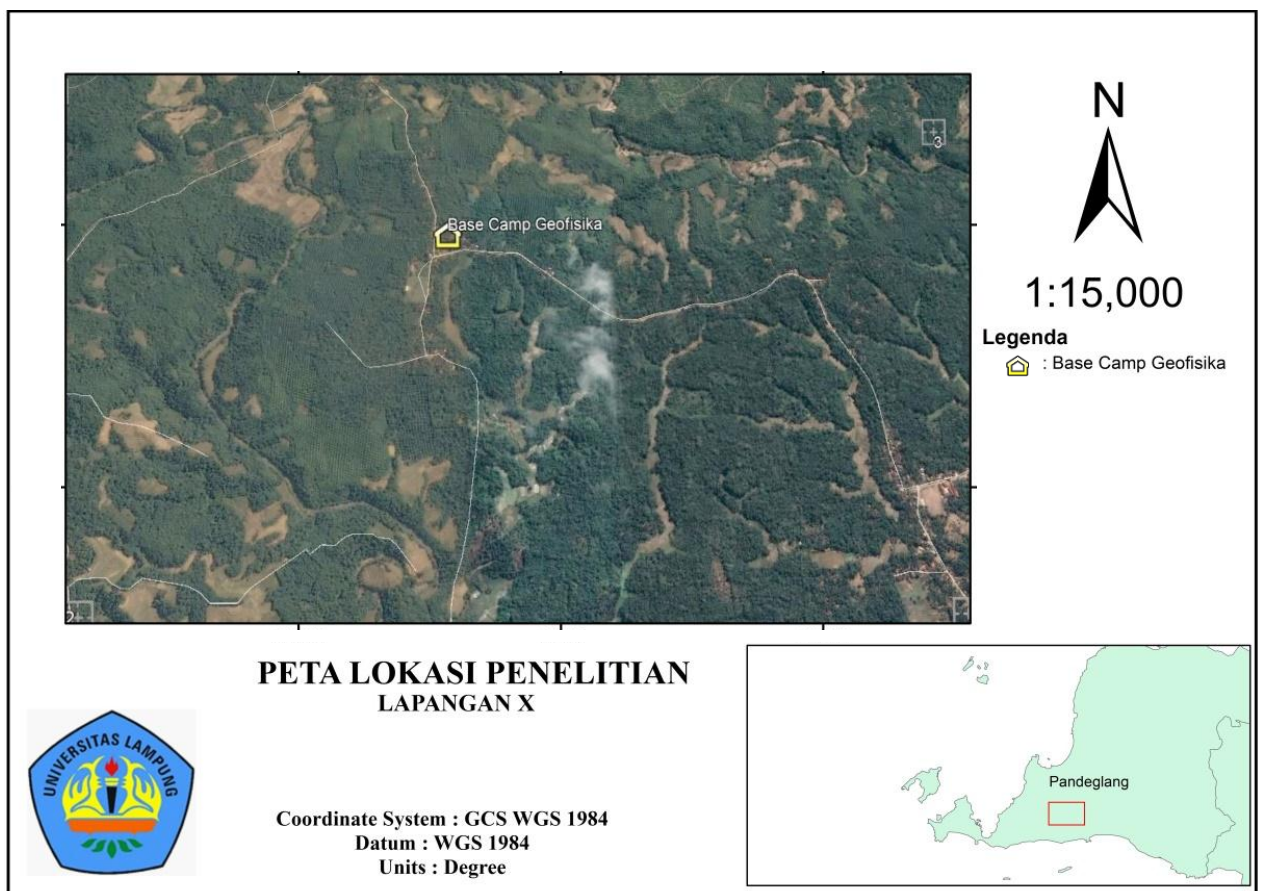
C. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah penentuan struktur bawah permukaan sebagai zona prospek mineralisasi berdasarkan analisis penampang 2D data geomagnetik.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Geologi Regional Daerah Penelitian

Lokasi penelitian terletak di, Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten, diperlihatkan pada **Gambar 1**. Daerah penelitian secara geografis terletak pada $6^{\circ}46'5.77''$ LS dan $105^{\circ}39'45.59''$ BT.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

1. Fisiografi Regional

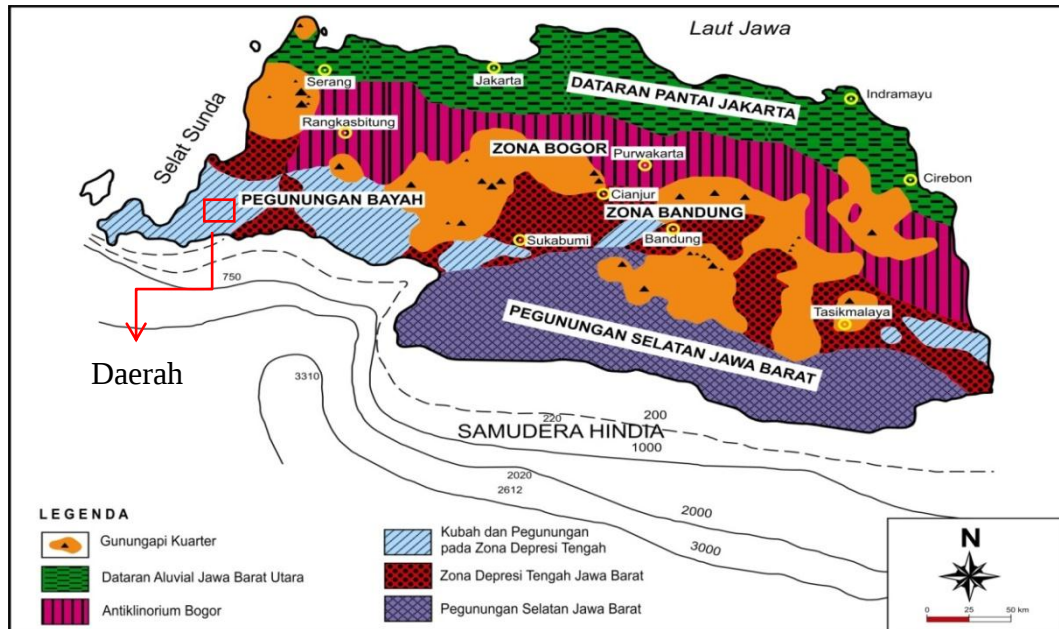
Pulau Jawa secara fisiografi merupakan bagian dari *Sundaland* bagian tengah dan merupakan bagian dari sistem busur Neogen Sunda-Banda. Daerah penelitian terletak di Pulau Jawa Bagian Barat. Zona ini terbagi ke dalam tujuh fisiografi utama (van Bemmelen, 1949), yaitu :

1. Vulkan-vulkan berusia kuartar (*Quaternary volcanoes*)
2. Daratan Aluvial Jawa Utara (*Aluvial Plains Northern Java*)
3. Antiklinorium Rembang – Madura (*Rembang – Madura Anticlinorium*)
4. Antiklinorium Bogor, Serayu Utara dan Antiklinorium Kendeng (*Bogor, North – Serayu, and Kendeng – Anticlinorium*)
5. Kubah dan Punggungan Zona Depresi Tengah,
6. Zona Depresi Tengah Jawa Barat, dan
7. Pegunungan Selatan Jawa Barat.

Mengacu pada klasifikasi di atas, Cibaliung termasuk dalam fisiografi Zona Pegunungan Bayah yang merupakan bagian dari zona kubah dan punggungan pada zona depresi tengah Jawa Barat (**Gambar 2**). Kubah dan zona depresi tengah merupakan daerah pegunungan yang memperlihatkan bentuk-bentuk kubah. Zona ini dikontrol oleh struktur dan litologi. Jenis litologi pembentuk morfologi zona ini terdiri atas batuan sedimen dan batuan beku. Morfologi zona ini juga dipengaruhi oleh struktur geologi seperti lipatan, sesar, dan kekar.

Van Bemmelen (1949) menyatakan daerah penelitian sebagai *Banten Block* yang terdiri dari endapan neogen dan terlipat kuat disertai terobosan batuan beku. Daerah ini merupakan daerah yang relatif stabil sejak tersier. Terdapat

perbedaan arah struktur yang mencolok antara struktur-struktur di *Banten Block* yang didominasi arah utara-selatan dengan struktur-struktur Jawa yang didominasi arah barat-timur.



Gambar 2. Zona Fisiografi Jawa Barat (Van Bemmelen, 1949).

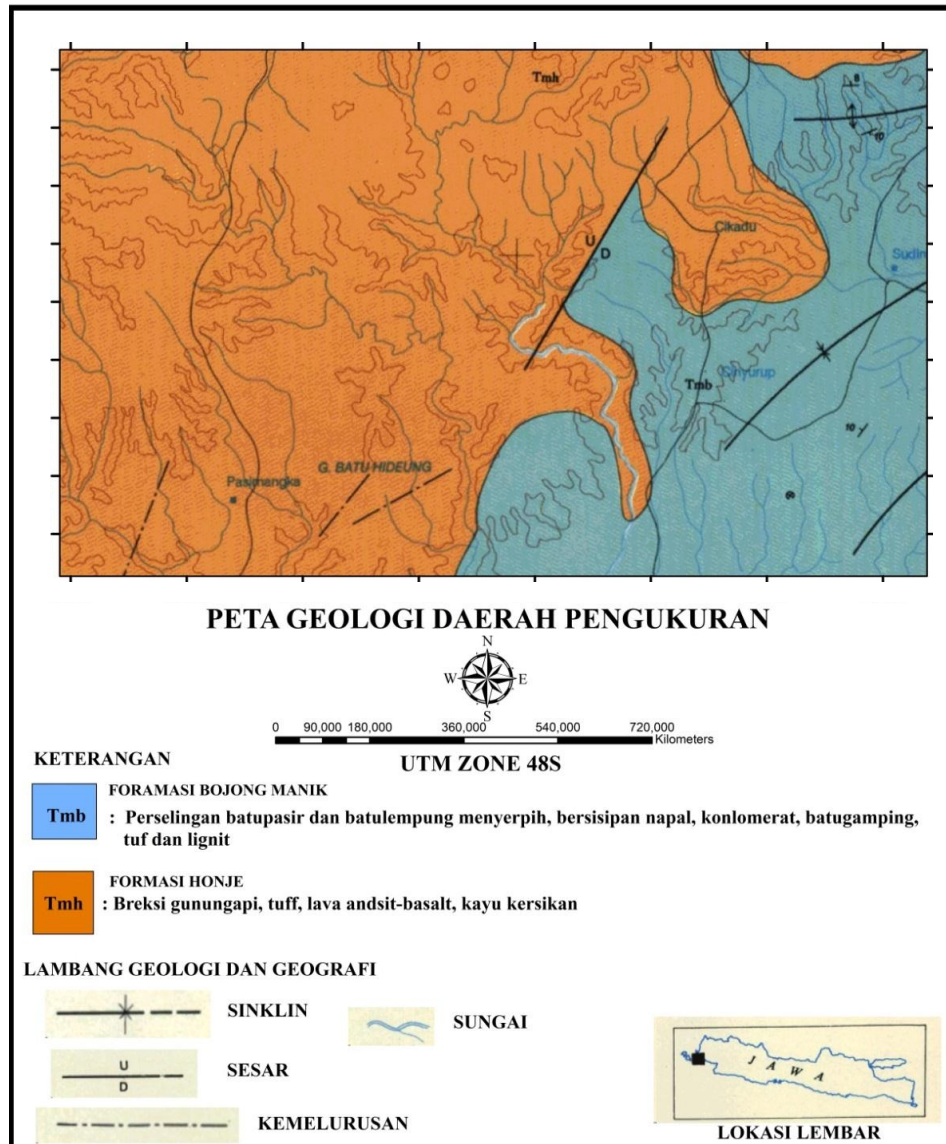
2. Stratigrafi Regional

Berdasarkan peta geologi lembar Cikarang (Sudana dkk. 1992) stratigrafi regional daerah penelitian tersusun oleh Formasi Honje, tersusun atas lava basaltik dan andesitik, breksi gunungapi, aglomerat, tuf lapili, tuf batupungung dan breksi tuf. Lava basaltik berwarna abu-abu gelap, afanitik kadang porfiritik berfenokris plagioklas, berukuran sangat kasar. Lava andesitik berwarna abu-abu kehijauan, porfiritik dengan fenokris plagioklas berukuran menengah, dengan masa dasar gelas, menyisip diantara lava basalt, breksi gunungapi atau aglomerat. Breksi gunungapi berwarna abu-abu gelap, berfragmen basalt dengan matrik tuf pasir. Aglomerat berwarna abu-abu gelap hingga kehijauan, berfragmen basalt dan andesit porfiri. Breksi maupun aglomerat bertekstur laharik dan fragmen

berukuran kerakal-bongkah, menyudut tanggung. Tuf lapili bersifat litik mengandung komponen andesit, berwarna putih kecoklatan, struktur perlapisan sejajar, bersusunan andesitik. Tuf batuapung berwarna abu-abu keputihan, struktur perlapisan sejajar, berbutir halus. Breksi tuf berwarna kehijauan, berfragmen tuf dengan struktur perlapisan sejajar, berukuran kerakal-bongkah menyudut tanggung. Jurus dan kemiringan batuan berarah timurlaut-baratdaya dengan kemiringan kearah tenggara. Formasi Honje diperkirakan berumur Miosen Tengah (Angeles, 2002). Peta Geologi Regional Lembar Cikarang, diperlihatkan pada **Gambar 3**.

3. Struktur Geologi Regional

Pada bagian tengah busur Magmatik Sunda – Banda dilewati oleh pergerakan transisi dari sesar geser mendatar (lateral) dari arah barat laut sepanjang busur Sumatera dan sesar – sesar kompresi berarah timur – barat di Jawa (Mitchell, 1994 dalam Angels Dkk, 2002). Berdasarkan peta geologi lembar Cikarang (Sudana dkk, 1992) terdapat sesar normal dan pelurusan dengan arah timur laut – barat daya yang diasumsikan berhubungan dengan zona graben di Krakatau pada Selat Sunda dari hasil depresi tektonik prospek emas di Daerah Cibaliung berada pada zona struktural yang terbuka selebar 3,5 km sepanjang 6 km dengan arah NW .

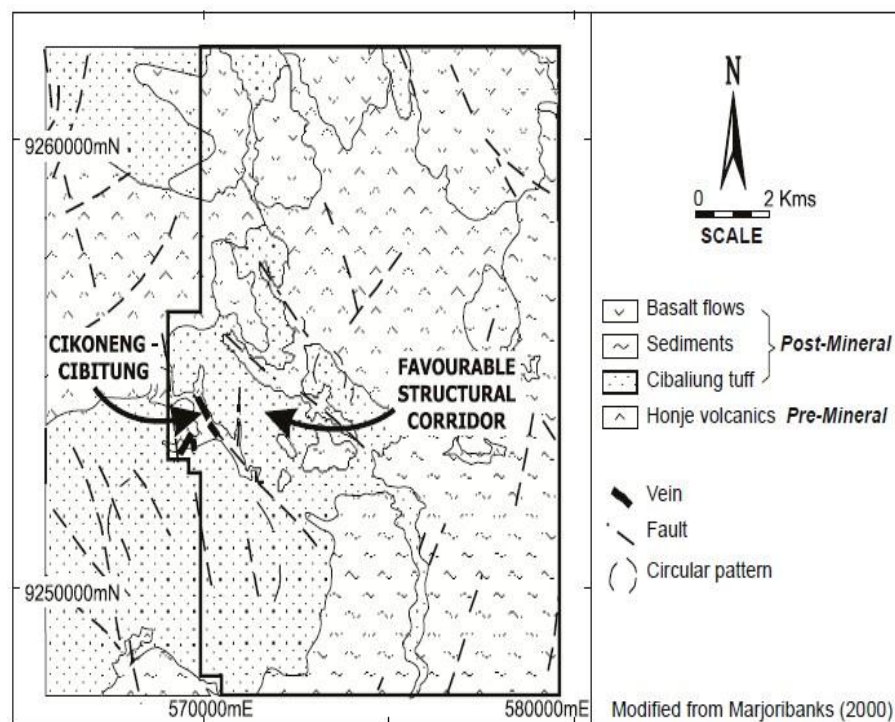


Gambar 3. Peta Geologi Regional Lembar Cikarang (Modifikasi Sudana dan Santosa, 1992)

4. Mineralisasi Regional

Mineralisasi Au – Ag yang terlihat pada urat kuarsa di daerah Cibaliung memperlihatkan karakteristik endapan ephitermal *Low Sulfidation*. Proses mineralisasi pada daerah penelitian Cibaliung dibagi menjadi 2 (dua) unit berdasarkan proses mineralisasinya dari *Late Miocene* hingga Quarter diperlihatkan pada **Gambar 4**.

- a) *Pre-mineral* batuan tertua pada unit *pre-mineral* berada pada Formasi Honje diperkirakan berumur *Late Miocene*. Terdapat batuan atau tumpukan vulkanik yang berasal dari hasil aliran vulkanik basaltik andesit dan breksi vulkanik yang sesekali diselengi oleh tufa sedimen. Pada *pre-mineral* terdapat *fluidze breccia*, *quartz vein stockwork*, *massive vein*, *crustiform vein*, *colloform-crustiform vein* dengan klorit yang melimpah, *clay-quartz milled matrix breccia*.
- b) *Post-mineral* terdapat *fault gauge* dan *vein clast*. Proses mineralisasi selanjutnya terjadi akibat intrusi yang memotong Formasi Honje. Intrusi berupa *dikes* dan juga bersifat *plugs* (penyumbat) dengan litologi berupa andesit porfir. *Heterolithic milled matrix breccias* (HMMB) merupakan batuan breksi diatreme yang muncul saat andesit mengintrusi batuan diatasnya.

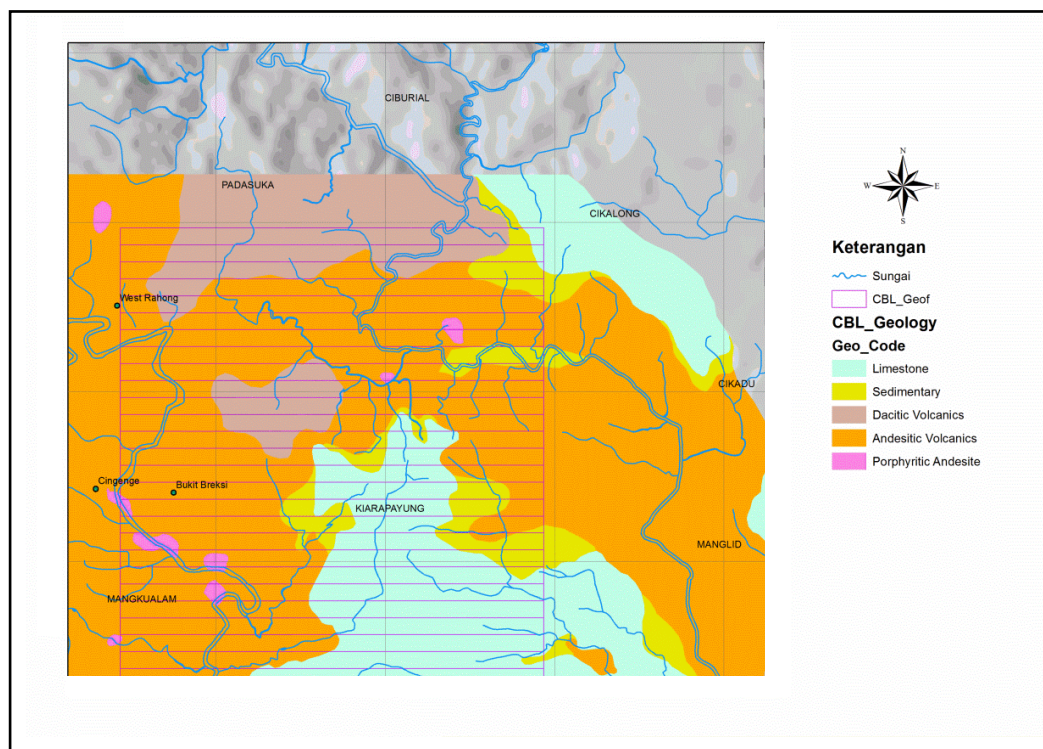


Gambar 4. Geologi Regional Cibaliung (Angels, 2002)

B. Geologi Lokal Daerah Penelitian

Daerah penelitian terletak pada morfologi bergelombang lemah dan perbukitan sedang dengan elevasi 150 mdpl sampai 250 mdpl dengan kemiringan lereng 7-20% perbukitan tertinggi terletak disebelah barat kawasan tambang, yaitu Gunung Honje dengan ketinggian 620 m di atas permukaan laut. Umumnya sungai-sungai pada daerah ini membentuk pola pengaliran rektangular dengan sungai utama yang mengalir di daerah ini adalah Sungai Citeluk, Sungai Cikoneng dan Sungai Cibeber yang mengalir dari utara ke selatan dan bermuara sampai di pantai selatan.

Pada peta geologi lokal daerah penelitian yang telah diteliti PT. Antam, Tbk (**Gambar 5**) diperlihatkan batuan-batuan yang terdapat di daerah penelitian yaitu andesit vulkanik, dasite vulkanik porpiritik andesitik *limestone* dan *sedimentary*.



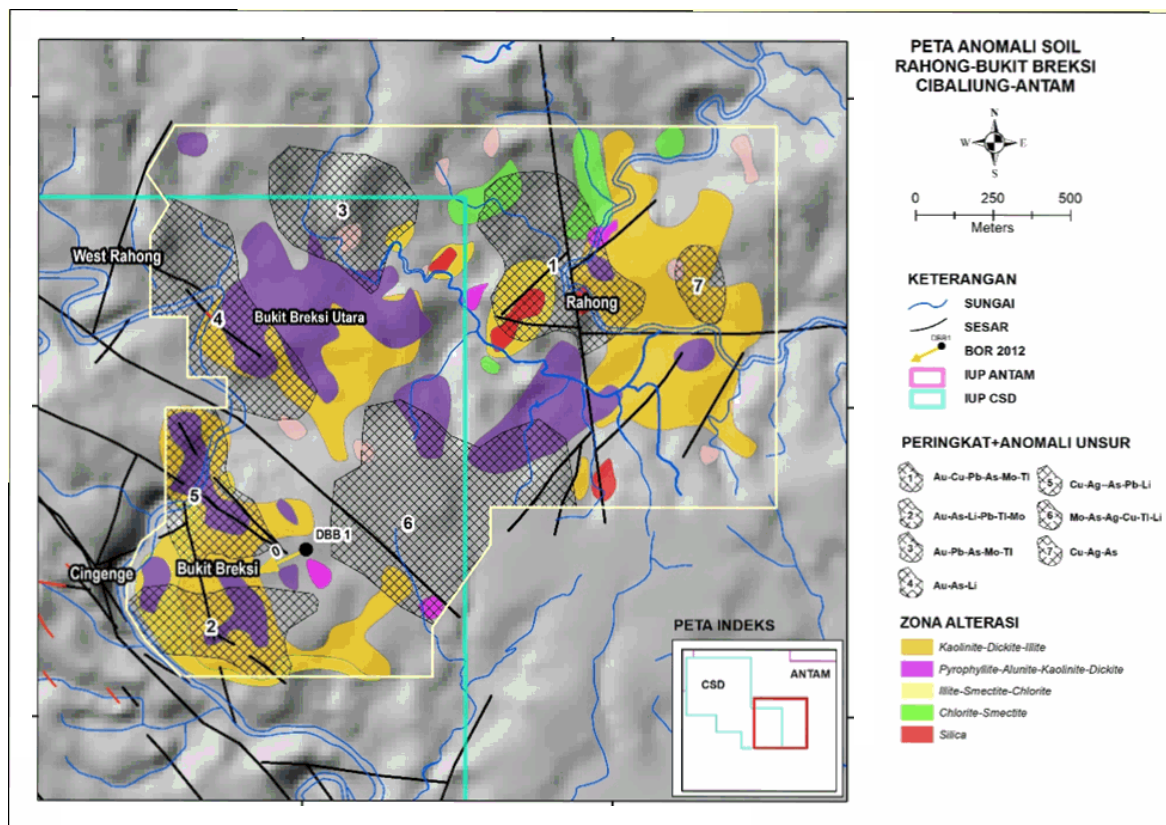
Gambar 5. Peta geologi lokal daerah penelitian

C. Alterasi dan Karakteristik Endapan Epitermal

1. Alterasi

Dapat dilihat pada **Gambar 6** alterasi yang terdapat pada daerah penelitian terbagi menjadi 5 :

- a. Kalonite-dicktie-illite
- b. Pyrophyllite-alunite-kaolinite-dickite
- c. Ilite-smectite-chlorite
- d. Chlorite-smectite
- e. silica



Gambar 6. Peta alterasi daerah penelitian

2. Karakteristik Endapan Epitermal

Endapan epitermal merupakan endapan hasil dari proses hidrotermal yang terbentuk pada kedalaman yang dangkal berkisar 1 km dengan temperatur berkisar 200 – 500⁰C (Corbett dkk, 1997). Pada daerah penelitian diasumsikan merupakan hasil dari endapan epitermal yang diindikasikan dari adanya mineral ubahan atau alterasi pada batuan yang ditemui serta tekstur khusus penciri endapan epitermal pada daerah pemetaan berdasarkan (White dkk, 1995)

Tabel 1. Karateristik endapan epitermal daerah penelitian

No	Karakteristik	Daerah Penelitian
1	Tempat terbentuk	Terbentuk pada batuan vulkanik Terbentuk pada <i>seting</i> vulkanik proximal
2	Pembentukan deposit	Dominan terbentuk pada urat-urat pengisi rekahan Mineral ubahan umum ditemui sebagai mineral dengan tekstur penggantian (<i>replacemaent</i>) dan pola penyebaran secara acak (<i>diseminated</i>)
3	Tekstur urat	Tekstur urat yang ditemui membentuk lapisan (<i>banded</i>) dan membentuk krustifikasi (<i>crustiform-colloform</i>)
4	Mineral penciri (<i>gangue</i>)	Mineral yang ditemui berupa: klorit (dominan), smektit, muskovit, kaolinit (umum), montmorilonit, epidot, dickit, diaspore, kristobalt, kuarsa, ilmenit, siderit, antase albit Mineral diatas terbentuk dari ph asam hingga intermediet dengan rata-rata temperatur pembentukanya berkisae 200 ⁰ C

Dilihat dari tempat pembentukannya batuan terbentuk dari proses vulkanik dan berada pada *setting* vulkanik proksimal. Hal ini merupakan penciri endapan epitermal sulfida tinggi. Kemudian, dilihat dari pembentukan depositnya, terdapat urat-urat pengisi rekahan dan mineral yang terbentuk merupakan mineral penganti (*replacement*) dan tersebar (*disseminated*) hal ini merupakan penciri dari tipe endapan *low sulfidation* dan *high sulfidation*. Dari tekstur uratnya yang membentuk lapisan (*banded*) dan tekstur khusus krustifikasi (*crustiform-colloform*) dapat diketahui bahwa daerah penelitian merupakan daerah penciri endapan epitermal *low sulphidation*. Setelah itu, dilihat dari mineral sekunder (*gangue*) terdapat mineral klorit, smekti, kaolint, montmorilonit, muskovit, epidot, dickit diaspor, kuarsa, kristobalt, ilmenit, siderit, antase dan albit diinterpretasi bahwa batuan ini terbentuk pada pH asam hingga intermediet dengan suhu pembentukan berkisar 200⁰C menurut tabel kestabilan mineral Hedenqueist dan White, 1995. Dari hasil **Tabel 1** dapat disimpulkan bahwa daerah penelitian merupakan hasil dari tipe endapan *low sulphidation* hingga *Intermediate sulphidation* dilihat dari tekstur batuan serta mineral dominan yang terbentuk pada pH asam hingga intermediet. Endapan ini terbentuk akibat pengaruh air magmatik yang tercampur saat proses hidortermal.

III. TEORI DASAR

A. Gaya Magnetik

Dasar dari survei geofisika metode magnetik adalah Hukum Coloumb tentang gaya elektrostatik (Telford dkk, 1990). Gaya magnetik analog dengan gaya elektrostatik pada Hukum Coloumb yaitu apabila dua kutub magnetik p_1 dan p_2 terpisah pada jarak r_1 , maka akan terjadi gaya magnetik antara kedua kutub tersebut, interaksi yang terjadi yaitu tolak-menolak apabila kedua kutub tersebut bermuatan sama atau tarik-menarik apabila kedua kutub tersebut bermuatan berbeda. Secara matematis hal ini dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\vec{F} = \frac{p_1 p_2}{\mu_0 r^2} \hat{r}_1 \quad 1$$

Dimana $\vec{F}$ adalah gaya dalam satuan newton atau dyne (dalam sistem cgs). Terhadap kutub magnet p_2 , r adalah jarak antara dua kutub magnet p_1 dan p_2 , $\hat{r}_1$ adalah vektor satuan dari kutub p_1 ke p_2 dan μ_0 adalah permeabilitas di ruang hampa.

B. Kuat Medan Magnetik

Kuat medan magnet ($\vec{H}$) ialah besarnya medan magnet pada suatu titik dalam ruangan yang timbul sebagai akibat adanya kuat kutub yang berada sejauh r dari titik p_1 tersebut. Kuat medan magnet ($\vec{H}$) didefinisikan sebagai gaya persatuan kuat kutub magnet (Telford dkk, 1990). Persamaan matematika dari definisi di atas dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\vec{H} = \frac{\vec{F}}{p_2} = \frac{p_1}{\mu_0 r^2} \hat{r}_1 \quad 2$$

Dimana satuan untuk kuat medan magnet adalah *Oersted* (1 *Oersted* = 1 dyne / unit kutub (dalam cgs)) atau A/m (dalam SI).

C. Momen Magnetik

Jika dua buah kutub magnetik yang berlawanan mempunyai kuat kutub $+p$ dan $-p$ dan keduanya terpisah pada jarak l maka momen magnetiknya dapat dituliskan dengan persamaan (Telford dkk, 1990).

$$\vec{m} = lp\hat{r}_1 \quad 3$$

Dengan $\vec{m}$ adalah sebuah vektor dalam arah vektor satuan $\hat{r}_1$ berarah dari kutub negatif ke kutub positi. Momen magnet mempunyai satuan dalam sistem cgs adalah gauss.cm³ atau emu SI mempunyai satuan A.m².

D. Intensitas Magnetik

Sejumlah benda-benda magnet dapat dipandang sebagai sekumpulan benda magnetik. Apabila benda magnet tersebut diletakkan dalam medan luar, benda tersebut menjadi termagnetisasi karena induksi. Dengan demikian, intensitas kemagnetan dapat didefinisikan sebagai tingkat kemampuan menyearahkan momen-momen magnetik dalam medan magnetik luar, dapat pula dinyatakan sebagai momen magnetik persatuan volume (Telford dkk, 1990), persamaanya adalah :

$$\vec{M} = \frac{\vec{m}}{v} \quad 4$$

Dimana $\vec{M}$ adalah intensitas magnetik (dalam buku lain disimbolkan dengan I) yang mempunyai satuan Am^{-1} . Sedangkan $\vec{m}$ adalah momen magnetik dan v adalah volume (m^3).

E. Suseptibilitas Magnetik

Suseptibilitas magnetik yang disini disimbolkan dengan k (dalam buku lain disimbolkan dengan χ) merupakan salah satu parameter dasar yang didapat pada survei dengan metode magnetik. Suseptibilitas dapat didefinisikan sebagai tingkat kemampuan suatu bahan untuk dapat termagnetisasi. Persamaan matematis dari suseptibilitas magnetik dapat dituliskan sebagai berikut (Telford dkk, 1990) :

$$\vec{M} = k\vec{H} \quad 5$$

Dimana $\vec{M}$ merupakan intensitas kemagnetan (A/m) dan $\vec{H}$ medan magnet (A/m).

F. Induksi Magnetik

Medan induksi yang terukur di permukaan bumi ditimbulkan oleh batuan di bawah permukaan akibat medan utama bumi (*main field*), medan magnet anomali dan medan luar diukur menggunakan alat ukur magnetik tipe *fluxgate*. Fluxgate magnetometer adalah sensor yang mampu melakukan pengukuran dengan metode non-kontak (Rasimeng, 2008).

Induksi magnetik merupakan medan total dari suatu bahan terinduksi termasuk efek dari pemagnetan (*magnetization*). Dapat dituliskan sebagai berikut (Telford dkk, 1990) :

$$\vec{B} = \mu_0(\vec{H} + \vec{M})$$

$$\vec{B} = \mu_0(\vec{H} + k\vec{H})$$

$$\vec{B} = \mu_0(1 + k)\vec{H}$$

Dimana :

$\vec{B}$: Induksi magnetik (Tesla)

$\vec{H}$: Medan Magnetik (A/m)

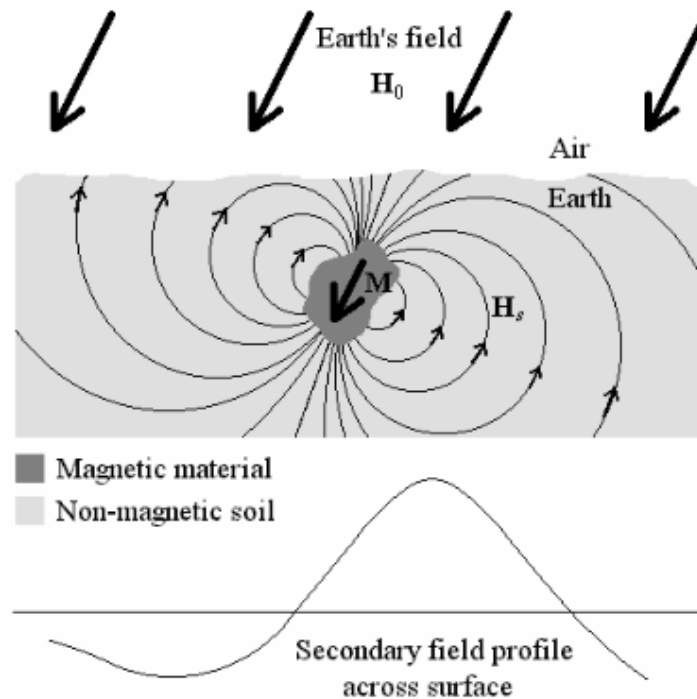
$\vec{M}$: Intesnitas Magnetik (A/m)

μ_0 : Permeabilitas di ruang hampa (T.m/A)

k : Suseptibilitas magnetik

Pada sistem SI (yang digunakan pada laporan ini), $\vec{H}$ dan $\vec{M}$ mempunyai satuan A/m. $\vec{B}$ mempunyai satuan Tesla ($1\text{T} = 1\text{ Wb/m}^2$).

Induksi magnetik yang terjadi pada suatu batuan diilustrasikan pada **Gambar 7**.



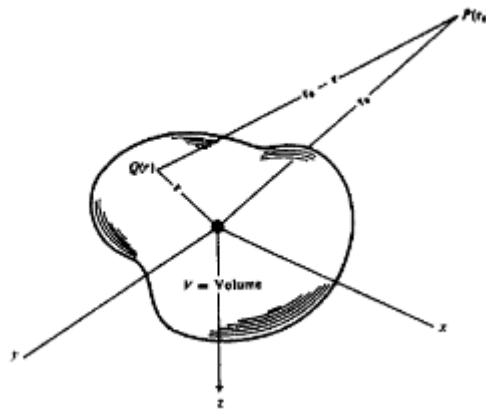
Gambar 7. Skema induksi magnetik pada batuan (Lelivere, 2003)

G. Anomali Magnetik

Medan induksi yang terukur di permukaan bumi ditimbulkan oleh batuan di bawah permukaan akibat medan utama bumi (*main field*), medan magnet anomali dan medan luar diukur menggunakan alat ukur magnetik tipe *fluxgate*. Fluxgate magnetometer adalah sensor yang mampu melakukan pengukuran dengan metode non-kontak. Besarnya harga medan magnet total pada suatu tempat di permukaan bumi sangat bergantung pada ke-heterogen-an batuan

termagnetisasi di bawah permukaan. Variasi batuan termagnetisasi yang ada di bawah permukaan inilah yang disebut anomali medan magnet (Rasimeng, 2008).

Suatu volume batuan atau benda yang terdiri dari bahan-bahan magnetik yang dianggap sebagai dipol magnetik (Telford dkk, 1990). Magnetisasi yang terdapat dalam batuan ini tergantung dari perjalanan sejarah batuan tersebut berada di dalam medan magnet bumi saat itu, atau dengan kata lain tergantung dari besar magnet induksi yang diterimanya. Ilustrasi magnetik yang terjadi pada batuan diilustrasikan pada **Gambar 8**.



Gambar 8. Ilustrasi anomali magnetik pada batuan (Telford dkk, 1990)

sifat kemagnetan, sehingga besarnya medan magnetik (sering disebut anomali magnetik batuan) pada titik p dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\vec{F}(r_0) = \vec{M} \frac{\partial^2}{\partial f^2} \int_V \frac{dv}{|r_0 - r|} = k \vec{F}_e \frac{\partial^2}{\partial f^2} \int_V \frac{dv}{|r_0 - r|} \quad 7$$

Dimana :

$\vec{F}(r_0)$: Medan magnetik batuan (nT)

$\vec{M}$: Intesitas magnetik (A/m)

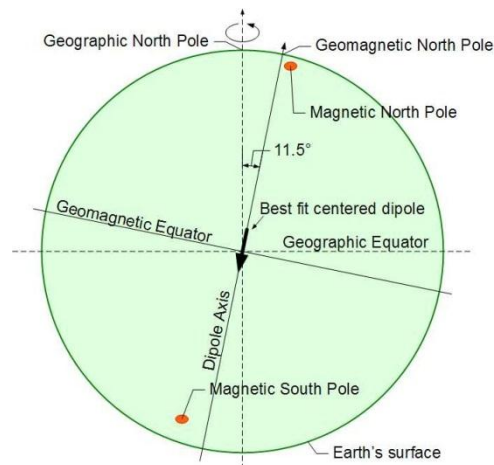
$\vec{F}_e$: Medan magnetik bumi (nT)

k : Suseptibilitas batuan

H. Kemagnetan Bumi

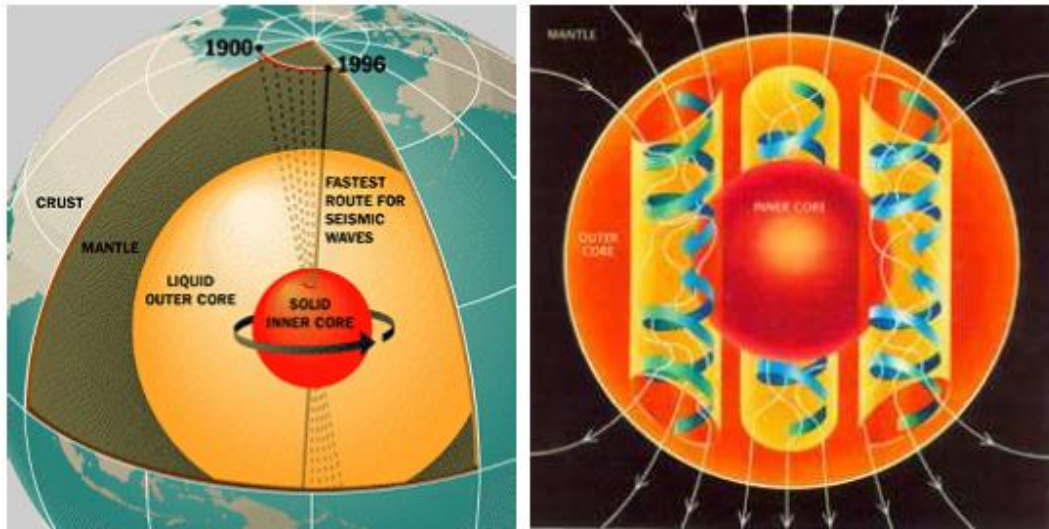
1. Sumber Kemagnetan Bumi

Keberadaan Bumi sebagai benda magnetik sudah lama diketahui orang bahkan dalam perkembangan ilmu pengetahuan, Bumi dapat dianggap sebagai benda magnetik besar yang bersifat *dipole* (**Gambar 9**). Sumbu-sumbu *dipole* menembus bidang permukaan bumi di dua titik yang disebut sebagai Kutub Geomagnetik.



Gambar 9. Deskripsi medan magnetik bumi dan kutub-kutubnya (Reeve, 2010)

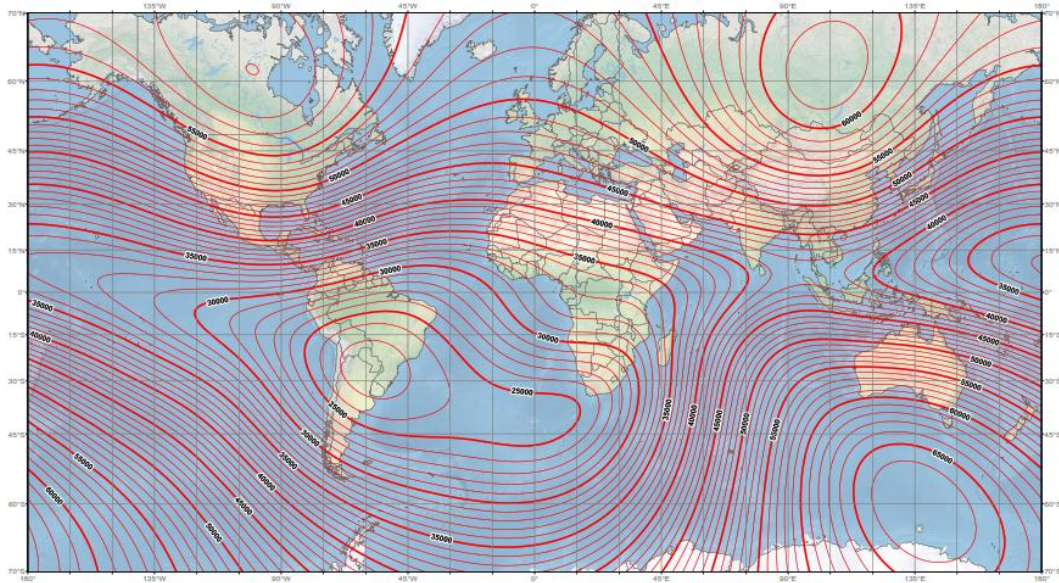
Penyebab terjadinya medan magnet bumi karena adanya arus konveksi. Hal ini dapat dijelaskan dengan teori dinamo yang menjelaskan bahwa adanya konveksi arus bawah permukaan bumi akibat reaksi nuklir pada inti luar bumi yang mayoritas merupakan mineral besi (*Fe*) dan *nikel* (*Ni*) cair. Konveksi menyebabkan adanya arus listrik pada inti bumi, dan arus tersebut memunculkan medan magnet bumi dimana kedua kutubnya berada dekat dengan kutub-kutub bumi seperti ditunjukkan pada **Gambar 10**.



Gambar 10. Ilustrasi proses terjadinya medan magnet bumi akibat arus konveksi. (Reeve, 2010)

2. Medan Magnet Bumi

Bumi memiliki medan magnetik utama yang nilainya berubah terhadap waktu. Untuk menyeragamkan nilai-nilai medan utama magnet bumi, dibuat standar nilai yang disebut sebagai *Internasional Geomagnetics Reference Field* (IGRF) yang diperbaharui setiap 5 tahun sekali. Sedangkan badan yang menghitung nilai medan magnetik utama bumi yaitu *International Association of Geomagnetism and Aeronomy* (IAGA). Nilai-nilai IGRF tersebut diperoleh dari hasil pengukuran rata-rata pada daerah luasan sekitar 1 juta km² yang dilakukan dalam waktu satu tahun. **Gambar 11** Memperlihatkan nilai medan magnetik utama bumi. Pada gambar tersebut terlihat bahwa pada masing-masing daerah di bumi memiliki nilai medan magnet yang berbeda-beda.



Gambar 11. Peta nilai medan utama magnetik bumi berdasarkan IGRF (dalam ribuan nano Tesla)(<http://geophysics.ou.edu>)

Selain medan magnet utama bumi, juga terdapat medan magnetik lain yang mempengaruhi besarnya nilai medan magnetik di bumi, yaitu medan magnetik luar (*external magnetic field*), dan anomali magnetik lokal.

Keberadaan medan magnet bumi akibat adanya pengaruh medan magnet luar (*external field*) dan dari bumi itu sendiri berupa medan utama bumi dan medan anomali (*anomaly field*) dilakukan oleh Gauss pada tahun 1838, yang menyimpulkan bahwa medan magnet utama bumi (*main field*) bersumber dari dalam inti bumi (*internal original*) (Rasimeng, 2008).

Medan luar (*external field*) bersumber dari luar bumi yang merupakan hasil ionisasi di atmosfer yang ditimbulkan oleh sinar ultraviolet dari matahari. Sumbangan medan luar ini terhadap medan magnet bumi hanya sebesar 1% dari keseluruhan. Sedangkan medan anomali (*anomaly field*) sebagian besar berasal dari batuan yang mengandung mineral magnetik. Batuan tersebut mempunyai

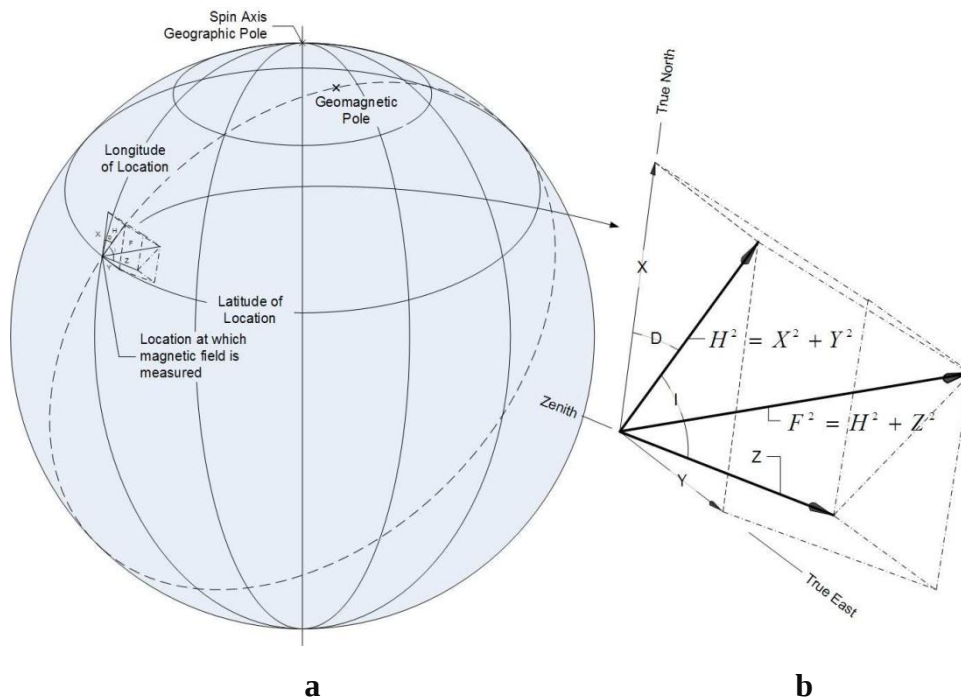
suseptibilitas magnetik yang menunjukkan kemampuannya untuk termagnetisasi (Rasimeng, 2008).

Medan magnetik luar berasal dari interaksi antara partikel-partikel yang di pancarkan oleh matahari yang berinteraksi dengan lapisan atmosfer bumi, sehingga menimbulkan medan magnet. Jangkauan variasi ini hingga mencapai 30 gamma ($1 \text{ gamma} = 1 \text{ nT}$) dengan periode 24 jam. Aktivitas matahari sangat berpengaruh terhadap medan magnet luar bumi, salah satunya yaitu bintik matahari yang menyebabkan badai matahari yang mempengaruhi medan magnet bumi. Untuk menghilangkan efek medan magnet luar yang terukur oleh alat maka harus dilakukan koreksi harian (*diurnal corection*) (Telford dkk, 1990).

Anomali magnetik lokal berasal dari batuan di dekat permukaan bumi. Medan magnet anomali sering juga disebut medan magnet lokal (*crustal field*). Medan magnet ini dihasilkan oleh batuan yang mengandung mineral bermagnet seperti *magnetite* (Fe_7S_8), titanomagnetic (Fe_2TiO_4) dan lain-lainnya yang berada dikerak bumi. Medan magnetik lokal ini merupakan target dari survei magnetik (Telford dkk, 1990).

I. Komponen-Komponen Medan Magnet Bumi

Medan magnet bumi memiliki komponen-komponen. Telford yang menyebutkan penelitian yang dilakukan oleh Whitman pada tahun 1960, bahwa apabila kita mengatur besarnya medan magnet bumi pada suatu tempat di permukaan bumi maka yang terukur adalah medan magnet bumi total seperti yang terlihat pada **Gambar 12**.

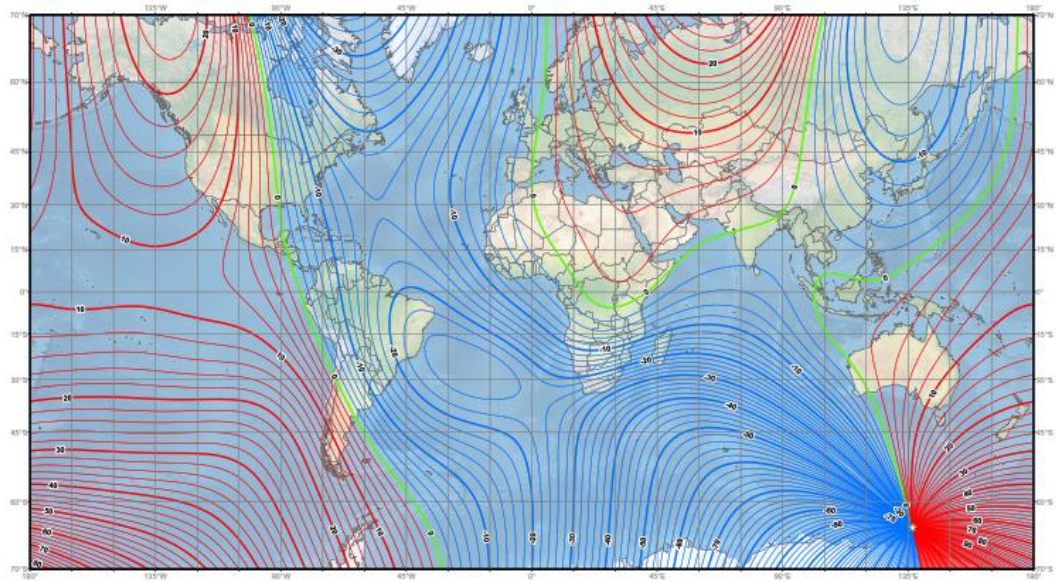


Gambar 12. Medan magnet bumi pada suatu permukaan (a), komponen-komponen medan magnet bumi (b) (Reeve, 2010)

Medan magnet utama bumi memiliki komponen-komponen yaitu :

1. Sudut Deklinasi

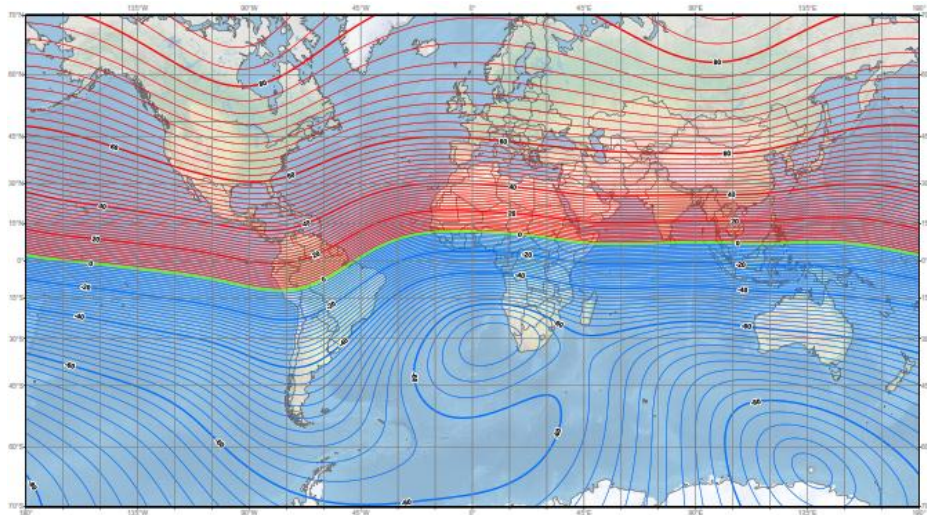
Sudut deklinasi (disimbolkan dengan huruf D) merupakan sudut antara kutub magnetik bumi dengan kutub utara geografis bumi (Reeve, 2010). Seperti pada **Gambar 12 b** kutub magnetik bumi yang juga merupakan medan magnetik horisontal disimbolkan dengan H dan kutub utara geografis bumi disimbolkan X dimana diantara kedua sumbu tersebut terdapat sudut deklinasi. **Gambar 13** menunjukkan nilai sudut deklinasi pada masing-masing wilayah di bumi.



Gambar 13. Peta sudut deklinasi medan magnetik bumi (<http://geophysics.ou.edu>)

2. Sudut Inklinasi

Sudut inklinasi (disimbolkan dengan I), yaitu sudut vertikal antara medan magnet total disini disimbolkan dengan F (dalam buku lain disimbolkan dengan B) dengan medan magnetik horisonatal bumi (H) (Reeve, 2010). Sama halnya dengan sudut deklinasi, sudut inklinasi memiliki nilai yang berbeda-beda hal ini tergantung dari letak geografis suatu wilayah. **Gambar 14** menunjukkan besarnya nilai sudut inklinasi pada masing-masing daerah di bumi.



Gambar 14. Peta sudut inkliasi medan magnetik bumi (<http://geophysics.ou.edu>)

3. Medan Magnet Total

Medan magnet total merupakan medan magnet yang terukur pada suatu titik di permukaan bumi, yang terdiri atas 3 komponen yaitu komponen medan berarah utara-selatan (disimbolkan dengan X), komponen medan berarah timur-barat (disimbolkan dengan Y) dan komponen ke arah vertikal (disimbolkan dengan Z). Besarnya (*magnitude*) intensitas medan magnet total dapat dirumuskan seperti berikut ini :

$$|F| = \sqrt{H^2 + Z^2} = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$$

4. Medan Magnet Horizontal

Komponen medan magnet horizontal merupakan komponen medan magnetik bumi yang sumbunya berada pada permukaan bumi dan mengarah ke kutub magnetik (Telford dkk, 1990). Komponen horizontal medan magnet bumi terdiri dari dua buah komponen yaitu komponen ke arah timur (Y) dan komponen

ke arah utara (X). Besarnya nilai medan magnetik horisontal dapat ditulis sebagai berikut :

$$|H| = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

J. Kemagnetan pada Batuan dan Mineral

Batuan merupakan salah satu penyusun kerak bumi yang memiliki beberapa sifat fisis diantaranya adalah sifat kemagnetan yang ditandai dengan adanya nilai suseptibilitas. Nilai suseptibilitas bergantung kepada jenis mineral penyusun batuan tersebut dan proses pembentukan sifat kemagnetan pada batuan tersebut. Tinjauan yang perlu dibahas dalam kemagnetan batuan dan mineral.

1. Proses Pembentukan Sifat Kemagnetan pada Batuan

Proses pembentukan sifat kemagnetan atau magnetisasi pada batuan disebabkan oleh induksi medan magnet bumi dan mineral penyusun batuan tersebut, selain itu juga terdapat kemagnetan sisa (*magnetic remanent*) (Telford dkk, 1990) yang juga mempengaruhi sifat kemagnetan pada batuan. Proses terjadinya disebabkan oleh kemagnetan sisa tersebut dipengaruhi gaya dari dalam bumi maupun dari luar bumi. Menurut Telford dkk, (1990) ada 5 proses penyebab terjadinya kemagnetan sisa yang menyebabkan terbentuknya magnetisasi pada batuan, 5 proses tersebut yaitu :

a. TRM (Thermo Remanent Magnetic)

Proses ini terjadi akibat pendinginan dari suhu tinggi, umumnya terbentuk pada magma yang keluar dari perut bumi dan kemudian membeku, cepat lambatnya magma tersebut membeku mempengaruhi sifat kemagnetan

batuan tersebut. Sifat kemagnetan ini akan hilang jika dipanaskan melebihi suhu *Currie* ($>600^{\circ}\text{C}$).

b. IRM (Isothermal Remanent Magnetic)

Pada proses ini terjadi adanya perubahan temperatur yang signifikan. Gaya magnetisasi ini bekerja dalam waktu yang singkat, misalnya batuan tersebut terkena sambaran petir, sehingga menyebabkan adanya sifat kemagnetan pada batuan itu.

c. VRM (Viscous Remanent Magnetic)

Proses ini terjadi akibat adanya pengaruh medan magnet yang lemah, namun berlangsung dalam kurun waktu yang sangat lama. Sehingga membuat arah spin magnet dan spin elektron menjadi searah secara perlahan-lahan dan menimbulkan sifat magnet pada batuan secara perlahan.

a. DRM (Detrital / Depositional Remanent Magnetic)

Proses ini umumnya terjadi pada batuan sedimen, batuan sedimen terbentuk dari serpihan batuan-batuan yang berukuran kecil, sehingga pada daerah tertentu butiran batuan kecil tersebut terakumulasi dan mengalami kompaksi akibat gaya eksogen. Gaya eksogen ini juga berpengaruh terhadap kenaikan suhu (dibawah suhu *Currie*).

b. CRM (Chemical Remanent Magnetic)

Proses ini terbentuk akibat reaksi kimia yang terjadi di bawah suhu *Currie*. Reaksi kimia tersebut dapat mengubah arah spin magnet dan spin elektron. Dari reaksi tersebut dapat menyebabkan timbulnya dan bahkan hilangnya sifat magnetisasi suatu batuan.

2. Suseptibilitas Magnetik Batuan dan Mineral

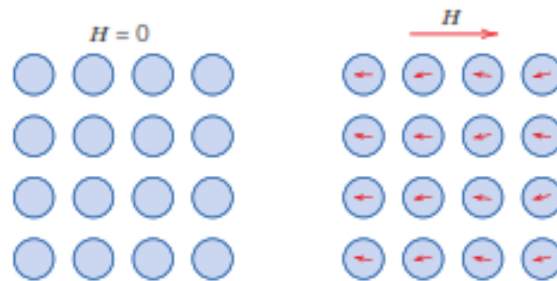
Suseptibilitas magnetik di definisikan sebagai tingkat kemampuan suatu benda untuk dapat termagnetisasi (Telford dkk, 1990). Nilai suseptibilitas magnetik (k) akan berpengaruh terhadap intensitas magnetik ($\vec{M}$) yang juga berhubungan dengan kuat medan magnet ($\vec{H}$). Hubungan antara suseptibilitas magnetik, intensitas magnetik dan kuat medan magnet dapat dilihat pada persamaan 2.5. dimana semakin besar medan magnet suatu bahan maka akan semakin besar pula nilai suseptibilitas magnetik bahan tersebut. Suseptibilitas merupakan besaran tak berdimensi yang menggambarkan tingkat kemampuan suatu bahan untuk bersifat magnet.

Apabila nilai suseptibilitas magnetiknya bernilai positif maka akan mengakibatkan intensitas magnetik yang terinduksi akan searah medan magnet penginduksinya, sehingga menyebabkan intensitas magnetiknya bernilai positif. Sedangkan apabila suseptibilitas magnetiknya bernilai negatif maka mengakibatkan intensitas magnetik yang terinduksi akan berlawanan arah dengan medan magnet penginduksinya, sehingga menyebabkan intensitas magnetiknya bernilai negatif. Berdasarkan suseptibilitas magnetiknya batuan dan mineral dapat dikelompokkan sebagai berikut (Telford dkk, 1990):

a. Diamagnetik

Diamagnetik merupakan suatu bahan yang memiliki nilai suseptibilitas negatif, hal ini disebabkan karena atom-atom pada bahan ini memiliki momen magnetik sangat kecil bahkan hampir tidak ada akibat momen magnetik yang dihasilkan oleh elektron di dalam atom saling menghilangkan. Contoh: *graphite*,

gypsum, marmer, quartz, marbel dan *garam*. **Gambar 15** merupakan ilustrasi momen magnetik atom-atom penyusun bahan yang bersifat diamagnetik.



Gambar 15. Ilustrasi momen magnetik pada bahan diamagnetik sebelum dan sesudah diberi medan magnet luar (Callister, 2007)

b. Paramagnetik

Pada bahan dengan sifat paramagnetik ini momen magnetik atom-atom mempunyai arah yang acak. Medan magnetiknya hanya akan ada jika dimagnetisasi oleh medan magnet dari luar saja, sehingga jika pengaruh medan magnet dari luarnya dihilangkan, maka pengaruh medan nya mengilang juga.

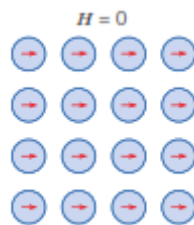
Gambar 16 merupakan ilustrasi momen magnetik atom-atom penyusun bahan yang bersifat paramagnetik.



Gambar 16. Ilustrasi momen magnetik pada bahan paramagnetik sebelum dan sesudah diberi medan magnet luar (Calister, 2007)

c. Ferromagnetik

Pada ferromagnetik sebagian besar elektron tidak memiliki pasangan, sehingga sangat mudah terinduksi medan magnet dari luar serta memiliki sifat suseptibilitas magnetik yang besar. Pada ferromagnetik ini apabila ada pengaruh medan magnet dari luar, pengaruh ini juga dipengaruhi kuat medan magnet dari luar serta lingkungan sekitarnya spin magnetik hasil penyearahan cenderung mengikuti arah medan magnet pengaruh dari luar, dan arah spin magnet cenderung tidak akan berubah ke keadaan awal. Pada **Gambar 17** merupakan ilustrasi momen magnetik atom-atom penyusun bahan yang bersifat ferromagnetik.



Gambar 17. Ilustrasi momen magnetik pada bahan ferromagnetik (Callister, 2007)

Para peneliti di bidang geofisika telah menggolongkan jenis batuan dan mineral berdasarkan nilai suseptibilitasnya berdasarkan peneliti terdahulu. Pada **Tabel 2** merupakan jenis batuan dan mineral berdasarkan suseptibilitas yang dikeluarkan oleh Blum pada tahun 1997.

Tabel 2. Jenis batuan dan mineral berdasarkan nilai suseptibilitas (Blum, 1997)

Jenis Batuan/ Mineral	k (10^{-6} SI unit)
Sedimen	
Dolomite	0-70
Limestone	2-280
Sandstone	0-1660
Shale	5-1480
Metamorf	
Amphibolites	60
Schist	25-240

Jenis Batuan/ Mineral	k (10^{-6} SI unit)
Phyllite	130
Gnesis	10-2000
Quartzite	350
Serpentine	250-1400
Slate	0-3000
Av.61 metamorphic	0-700000
Batuan Beku (igneous)	
Granite	0-4000
Rhyolite	20-3000
Dolerite	100-3000
Augite-syenite	2700-3600
Olivin-Diabase	80-13000
Porphyri	250-300
Gabbro	80-13000
Basalt	100-6000
Diorite	50-7000
Batuan Beku (igneous)	
Andesite	13500
Tuff	25-370
Breccia	300-500
Av. acidic igneous	8000-80000
Av. basic igneous	500-97000
Mineral	
Clay	170-250
Coal	25-50
Calcopyrite	400-10000
Anhydrite, gypsum	-10- -100
Graphite	-3- -8
Quartz	-25- -37
Rock salt	-10- -15
Calcite	-5- -12
Siderite	100-310
Arsenopyrite	300-350
Pyrite	50-1500
Limonite	1500-2500
Hematite	500-3500
Chromite	3000-11000
Franklinite	400000-430000
Magnetite	1200000-19200000

K. Pengolahan Data magnetik

Data magnetik yang diperoleh dari hasil pengukuran merupakan medan magnetik gabungan dari medan magnet utama, medan magnet luar, anomali magnet lokal. Target dari survei magnetik merupakan anomali lokal yang merupakan data pada daerah survei. Untuk mendapatkan nilai medan magnet anomali lokal maka perlu dilakukan koreksi data magnetik.

1. Koreksi Data Magnetik

Data magnetik yang terukur oleh alat survei terdiri dari beberapa medan magnet, yaitu medan magnet utama bumi, medan magnet luar dan medan magnet lokal. Dimana persamaanya dinyatakan oleh.

$$H_T = H_0 + H_L + H_A$$

Dimana : H_T : Medan magnet total pengukuran (nT)

H_0 : Medan magnet utama bumi (nT)

H_L : Medan magnet luar (nT)

H_A : Medan magnet anomali lokal (nT)

Untuk mendapatkan nilai anomali medan magnetik lokal yang menjadi target survei, maka data magnetik yang diperoleh harus dikoreksi dari pengaruh beberapa medan magnet yang lain. Secara umum beberapa koreksi yang dilakukan dalam survei magnetik meliputi ;

a. Koreksi Harian (diurnal correction)

Koreksi ini dilakukan terhadap data magnetik terukur untuk menghilangkan pengaruh medan magnet luar atau variasi harian. Koreksi harian

(*diurnal correction*) merupakan penyimpangan nilai medan magnetik bumi akibat adanya perbedaan waktu dan efek radiasi matahari dalam satu hari. Waktu yang dimaksudkan harus mengacu atau sesuai dengan waktu pengukuran data medan magnetik di setiap titik lokasi (stasiun pengukuran) yang akan dikoreksi (Santosa, dkk. 2012). Persamaanya dinyatakan oleh:

$$H_A = H_T \pm H_L$$

Dimana : H_A : Medan magnet lokal (nT)

H_T : Medan magnet total pengukuran (nT)

H_L : Medan magnet luar (nT)

b. Koreksi International Geomagnetic Reference (IGRF)

Koreksi ini dilakukan terhadap data medan magnet terukur untuk menghilangkan pengaruh medan magnetik utama bumi. Medan magnetik utama bumi yang didapatkan berasal dari nilai IGRF. Koreksi IGRF dapat dilakukan dengan cara mengurangi nilai IGRF terhadap nilai medan magnetik total yang telah terkoreksi harian pada setiap titik pengukuran pada posisi geografis yang sesuai magnet bumi (H_m). Persamaanya dinyatakan oleh:

$$H_A = H_T - H_0 \pm H_L$$

Dimana : H_A : Medan magnet anomali lokal (nT)

H_T : Medan magnet total pengukuran (nT)

H_0 : Medan magnet utama bumi (nT)

H_L : Medan magnet luar (nT)

2. Transformasi Fourier

Pada dasarnya *Transformasi Fourier* adalah pendekatan fungsi Kompleks sebagai hasil penjumlahan dari basis fungsi sinusoidal. Basis tersebut dapat memberikan informasi dari sinyal yang di analisis dalam domain frekuensi dengan domain waktu yang infinitif, dengan representasi tersebut *fourier transform* memiliki kekurangan utama, jika diaplikasikan untuk kasus sinyal *non-stationary* dimana komponen spektralnya sensitif terhadap perubahan waktu. Dengan *fourier transform* diperoleh informasi spektrum dari sinyal asli dalam domain frekuensi dimana dengan representasi tersebut tidak mengindikasikan lokalisasi frekuensi-waktu dalam bentuk komponen spektral. Transformasi fourier dari suatu fungsi $x(t)$ dinyatakan sebagai :

$$X(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-j\omega t} dt$$

Fast Fourier Transform merupakan cara langsung untuk mendapatkan spektral langsung dari transformasi fourier. Persamaan yang digunakan dalam bentuk diskrit adalah:

$$X(\omega)^n = \sum_{k=-(n-1)}^{n-1} x(k) e^{-i\omega k}$$

Dimana X mempunyai bagian riil dan imajiner:

$$X(\omega) = x_1(\omega) - ix_2(\omega)$$

Spektral amplitudonya adalah:

$$X(\omega) = \sqrt{(x_1(\omega))^2 - (ix_2(\omega))^2}$$

Dan spektral dayanya adalah:

$$P_{xx}(\omega) = |X(\omega)|^2$$

3. *Butterworth Filter*

Butterworth filter adalah jenis pemerosesan sinyal yang memiliki respon frekuensi datar dalam passband dapat disebut sebagai filter Butterworth dan juga disebut filter magnitudo maksimum yang datar. Pada tahun 1930 fisikawan dan insinyur inggris Stephen Butterworth mengambakan tentang filter Butterworth. Ada berbagai jenis filter Butterworth seperti low pass buterworth filter dan digital Buterworth filter.

Filter digunakan untuk membentuk spektrum frekuensi sinyal dalam sistem komunikasi atau sistem kontrol.

Low pass Buterworth Filter

$$L(k) = \frac{1}{\left[1 + \left(\frac{k}{k_c}\right)^n\right]}$$

High pass Buterworth Filter

$$L(k) = \frac{\frac{k}{k_c}}{\left[1 + \left(\frac{k}{k_c}\right)^n\right]}$$

Dimana k_c : Titik belok cutoof bilangan gelombang dalam unit siklus/ tanah.

n : Nilai integer positif menentukan tingkat ketajaman cutoff.

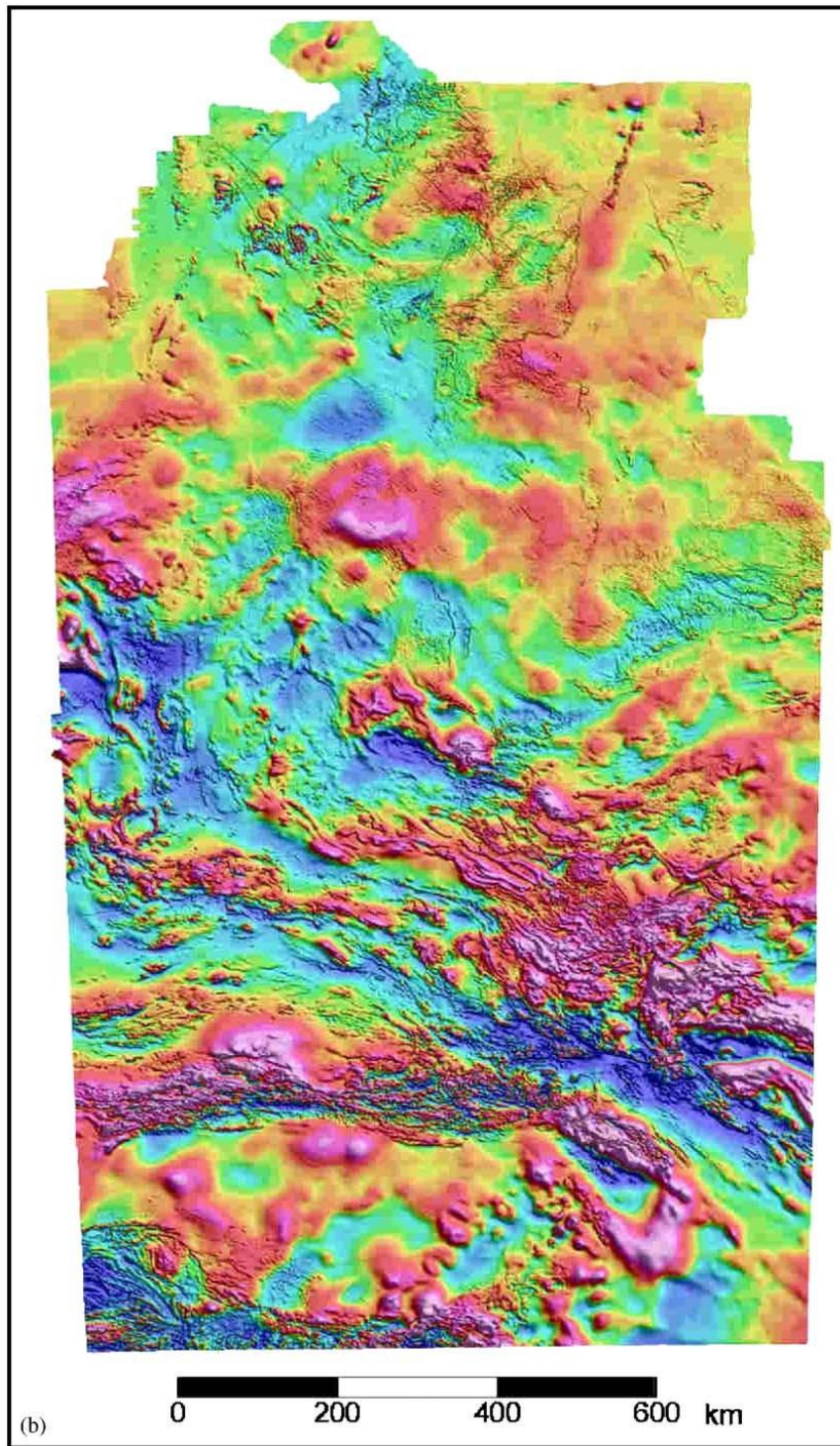
4. *Reduksi Ke Kutub (Reduction to the pole)*

Reduksi ke kutub (*Reduction to the pole* atau sering di singkat RTP) merupakan salah satu proses penting dalam pengolahan data magnetik. Proses ini bertujuan untuk melokalisasi daerah-daerah anomali maksimum tepat berada di atas tubuh dari sumber anomali tersebut (Nurdiyanto dkk, 2004). Hal ini diakibatkan oleh adanya efek sudut inklinasi dan sudut deklinasi yang

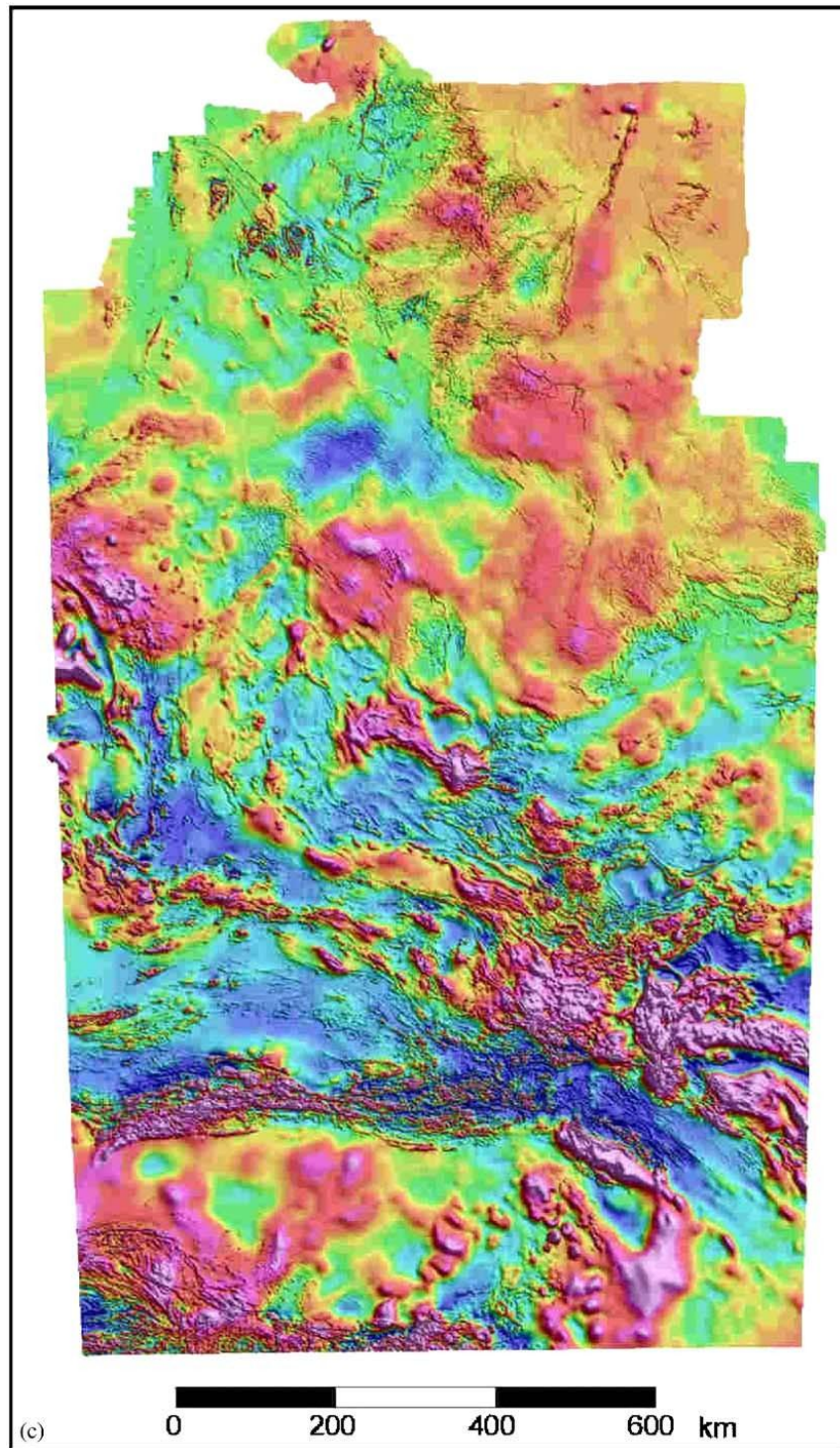
menyebabkan anomali benda tidak berada di atas sumber anomali tersebut (Cooper dan Cowan, 2005). Teori reduksi ke kutub dikembangkan oleh Baranov (1957) yang dijelaskan kembali oleh Copper dan Cowan dalam jurnalnya yang diterbitkan pada tahun 2005 mengenai *Differential Reduction To The Pole*. Persamaan tersebut merupakan awla mula dari teori reduksi ke kutub yang sampai saat ini digunakan dalam pengolahan data magnetik. Persamaan teori tersebut dapat dituliskan sebagai berikut :

$$A'(u, v) = \frac{A(u, v)}{(\sin \theta + \cos \theta \sin(\phi + \alpha))^2}$$

Dimana $A'(u, v)$ merupakan amplitudo pada frekuensi (u, v) , θ dan ϕ merupakan sudut inklinasi (disimbolkan dengan θ) dan sudut deklinasi (disimbolkan dengan ϕ), dan α substitusi dari $\tan^{-1}(v/u)$. Contoh hasil dari proses reduksi ke kutub sebelum dan sesudah dapat dilihat pada **Gambar 18** dan pada **Gambar 19**.



Gambar 18. Peta Total magnetic intensity (TMI) sebelum dilakukan proses reduksi ke kutub (Cooper dan Cowan, 2005)



Gambar 19. Peta Total magnetic intensity (TMI) sesudah dilakukan proses reduksi ke kutub (Cooper dan Cowan, 2005)

5. *Forward Modeling*

Forward modeling (pemodelan ke depan) adalah suatu metode interpretasi yang memperkirakan suspetibilitas bawah permukaan dengan membuat terlebih dahulu benda geologi bawah permukaan. Kalkulasi anomali dari model yang dibuat kemudian dibandingkan dengan anomali magnetik yang telah diperoleh dari survei geomagnetik. Prinsip umum pemodelan ini adalah meminimumkan selisih anomali pengamatan untuk mengurangi ambiguitas.

Yang dimaksud benda dua dimensi adalah benda tiga dimensi yang mempunyai penampang yang sama dimana saja sepanjang tak berhingga pada satu koordinatnya. Pada beberapa kasus, pola kontur anomali magnetik adalah bentuk berjajar yang mengidentifikasikan bahwa penyebab anomali tersebut adalah benda yang memanjang. Pemodelan dinyatakan dalam bentuk dua dimensi karena efek gravitasi dua dimensi dapat ditampilkan dalam bentuk profil tunggal (Grandis, 2008).

L. Interpretasi Data Magnetik

Secara umum interpretasi data geomagnetik terbagi menjadi dua, yaitu interpretasi kualitatif dan kuantitatif. Interpretasi kualitatif didasarkan pada pola kontur anomali medan magnetik yang bersumber dari distribusi benda-benda termagnetisasi atau struktur geologi bawah permukaan bumi. Selanjutnya pola anomali medan magnetik yang dihasilkan ditafsirkan berdasarkan informasi geologi setempat dalam bentuk distribusi benda magnetik atau struktur geologi, yang dijadikan dasar pendugaan terhadap keadaan geologi yang sebenarnya. Interpretasi kuantitatif bertujuan untuk menentukan bentuk atau model dan kedalaman benda anomali atau struktur geologi melalui pemodelan matematis.

Untuk melakukan interpretasi kuantitatif, ada beberapa cara dimana antara satu dengan lainnya mungkin berbeda, tergantung dari bentuk anomali yang diperoleh, sasaran/target pengukuran yang dicapai dan ketelitian hasil pengukuran.

M. Ganesa Zona Mineralisasi Emas Tipe Endapan Epitermal

Endapan hidrotermal dibagi menjadi 3 tipe endapan berbeda berdasarkan hubungan temperatur, tekanan, dan kondisi geologi yang tercermin dari mineral-mineral yang terbentuk. Tipe endapan tersebut adalah

1. Endapan hipotermal, terbentuk pada daerah dekat dengan intrusi pada temperatur berkisar antara 500-600 °C dan tekanan sangat tinggi.
2. Endapan mesotermal, terbentuk pada jarak tertentu dari intrusi pada temperatur berkisar antara 200-500 °C dan tekanan tinggi.
3. Endapan epitermal, terbentuk jauh dari intrusi pada temperatur berkisar antara 50-200°C dan tekanan sedang atau medium (Bateman dan Jensen, 1991).

Menurut Hedenquist dan White (1995), endapan epitermal adalah endapan mineral yang terbentuk pada temperatur 150-300 °C dan berada pada kedalaman 1-2 kilometer. Endapan epitermal terbentuk pada lingkungan hidrotermal yang dekat dengan permukaan dan pada umumnya berhubungan dengan *sub-aerial* vulkanisme kalk-alkali. Fluida hidrotermal pada endapan ini biasanya berasal dari air meteorik, namun ada beberapa komponen yang berasal dari air magmatik.

Endapan epitermal umumnya terbentuk pada batuan induk berupa batuan-batuan vulkanik, antara lain batuan piroklastik subaerial dan batuan sedimen vulkanik yang umurnya relatif sama. Adapun ciri-ciri endapan epitermal secara umum dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Ciri-ciri sistem epitermal (White dan Hedenquist, 1995)

Kedalaman	Permukaan sampai 1000 meter
Temperatur pembentukan	50 – 300 ⁰ C (biasanya 170 – 250 ⁰ C)
Asal fluida	Meteorik, meskipun beberapa komponen dapat berasal dari magmatik
Bentuk endapan	Urat tipis sampai yang besar, <i>stockwork</i> , sebaran , penggantian
Tekstur bijih	<i>Open space filtering</i> , <i>crusrification</i> , <i>colloform banding</i> , struktur <i>comb</i> , berksiasi
Unsur bijih	Au, Ag, (As, Sb), Hg, [Te, Tl, Ba, U], (Pb, Zn, Cu)
Alterasi	Silifikasi, argilasi lanjutan, montmorillonit/illit, adularia, propilitasi
Kenampakan umum	Kuarsa kalsedonik berbutir halus, kuarsa <i>pseudomorf</i> setealah kalsit, breksiasi akibat <i>hydraulic fracturing</i>

Sistem epitermal dibagi menjadi dua yang dibedakan berdasarkan sifat kimia fluidanya yaitu sulfida rendah dan sulfida tinggi (White dan Hedenquist, 1995). Pembagian tersebut juga dapat berdasarkan alterasi dan mineraloginya sehingga kadang-kadang dua tipe ini disebut dengan tipe *acid sulphate* untuk sulfida tinggi dan *adularia sericite* untuk sulfida rendah. Sistem sulfida rendah dapat ditunjukkan oleh perbandingan emas dan perak yang tinggi. Adularia merupakan mineral yang khas hasil alterasi yang hanya dijumpai pada tipe sulfida rendah. Batuan dinding yang dijumpai pada tipe ini umumnya berupa batuan kal-alkali atau andesit kal-alkali kalsik, riolit, dasit dan riodasit. Sedangkan sistem epitermal sulfida tinggi dicirikan oleh kelompok mineral luzonit-enargit, dengan

tipe alterasi argilik. Karakteristik kedua endapan tersebut dapat dilihat pada **Tabel**

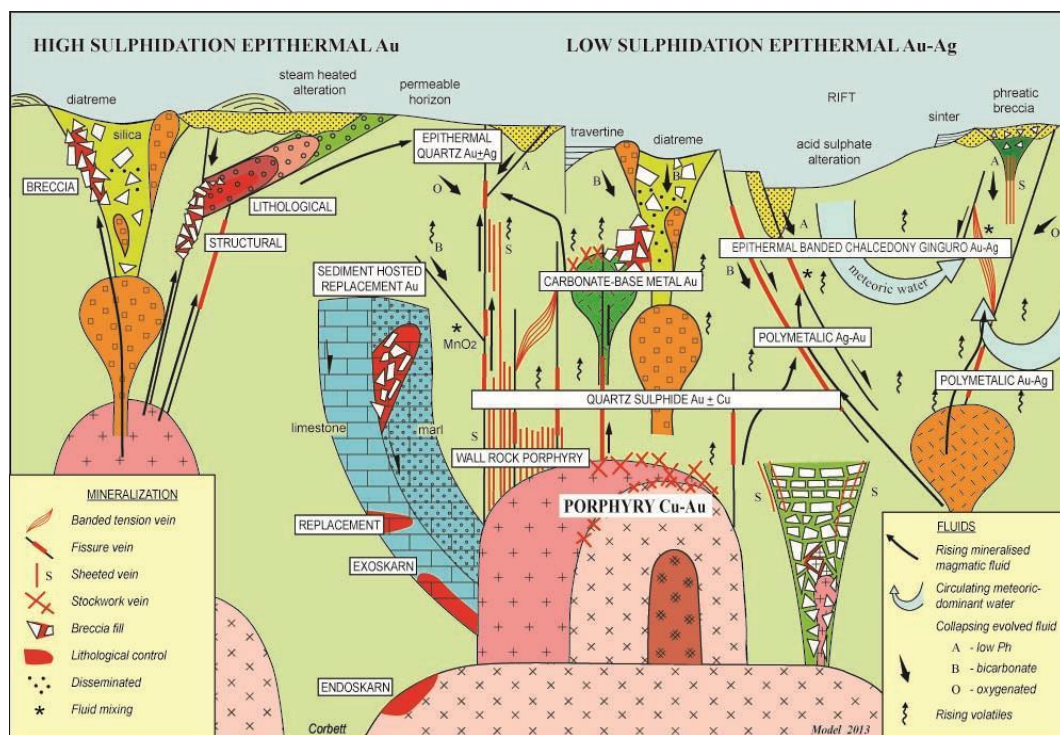
4.

Tabel 4. Karakteristik tipe endapan emas epitermal (White dan Hedenquist, 1991)

	Sulfida Rendah	Sulfida Tinggi
Batuan induk (<i>Host rock</i>)	Vulkanik subaerial asam intermedier, dan semua tipe batuan alas (<i>basement rock</i>)	Vulkanik subaerial asam intermedier, dan semua tipe batuan alas (<i>basement rock</i>)
Kontrol secara lokal	Zona sesar atau rekahan terutama yang dekat dengan pusat vulkanik	Sesar regional mayor atau intrusi subvulkanik
Kedalaman dan temperatur pembentukan	0 – 1000 m, 100 – 320 ⁰ C (sebagain besar 150 – 250 ⁰ C)	500 – 2000 m, 100 – 320 ⁰ C
Sifat fluida bijih	Salinitas rendah, air meteorik interaksi dengan fluida magmatik yang mungkin terjai, pH hampir netral, reduksi, kandungan total S rendah logam dasar rendah (Pb, Zn)	Salinitas rendah (beberapa tinggi) sumber fluida magmatik bercampur dengan air meteorik pH asam dan HCL magmatik Oksidasi kandungan total S tinggi, logam dasar dapat tinggi (Cu)
Alterasi	Alterasi propilitik yang luas di sekitarnya dengan rasio air banding batuan rendah, mika putih dengan rasio air banding batuan tinggi, alterasi langsung menjadi dominan dengan penurunan tempertaur. <i>Boiled of gases</i> dapet menghasilkan alterasi argilik dan argilik lanjut	Alterasi propolitik yang luas di sekitarnya dengan rasio air bandingbatuan rendah, endapan yang dalam memilik alterasi profilit mika putih yang kuat, endapan yang dangkal memiliki inti silika massif, dengan bagian tepi alunit dan kaolinit, endapan dekat permukaan dapat memiliki alterasi lempung
Sifat mineralisasi	Dicirikan dengan pengisian rongga dan ruang kosong, pengisian urat berlapis khas, biasanya dengan breksiasi mutli tahap. Dekat permukaan dapat berupa <i>stockwork</i> atau	Khas berupa <i>disseminated</i> , baik pada mika putih-pirofilit maupun silika massif. Pengisian rongga dan ruang kosong jarang dijumpai. Mineralisasi biasanya berasosiasi

	<i>disseminated</i> , tergantung sifat permeabilitas	dengan alterasi argilik lanjut, dan pirit sangat melimpah
Karaktersitik tekstur	<i>Crustification banding, comb, collioform banding, banded</i> kuarsa-kalsedoni, <i>drusy cavities, vugs, vein breccias, silica pseudomorph</i>	Silika <i>vuggy</i> (kuarsa berbuti halus) silika massif (kuarsa berbutir halus)
Karakteristik mineralogy	Urat kalsedoni biasa dijumpai, adularia dalam urat dan <i>disseminated</i> , Aluunit minor, Profilit minor, Energit-luzonit tidak hadir	Kalsedoni kebanyakan tidak hadir, adularia tidak hadir, alunit dapat melimpah, pirofilit dapat melimpah, energyhuzonit hadir
Contoh	Pajingo, Australia Emperor, Fiji, Lebong Donok, Indonesia Wapulu, Papua New Guinea	Temora, Australia, Mount Kasi, Fiji, Motombo, Indonesia Nena, Papua New Guinea

Gambaran umum dari sisitem epitermal dapat dilihat pada **Gambar 20**.



Gambar 20. Sistem epitermal secara keseluruhan (Corbett, 2013)

IV. METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Adapun waktu dan tempat penelitian ini adalah:

Waktu : Juli – 4 Februari 2019

Tempat : Unit Geomin, PT. ANTAM (Persero) Tbk. Tanjung Barat,
Lingkar Selatan, Jakarta Selatan, Jakarta, Indonesia dan di
Laboratorium Teknik Geofisika Universitas Lampung

B. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam kerja praktik ini adalah sebagai berikut:

1. Seperangkat Komputer
2. *Software Oasis Montaj v.6.4.2*
3. *Software ArcGIS v 8.4*
4. *Microsoft Excel v.2010*
5. *Microsoft Word v 2010*
6. *Google Earth*
7. Data Geologi dan Lintasan Daerah Penelitian
8. Data Geomagnetik

C. Jadwal Kegiatan Penelitian

Adapun jadwal kegiatan penelitian yang dilaksanakan di PT. Aneka Tambang, Tbk dan di Laboratorium Teknik Geofisika Universitas Lampung dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Jadwal Penelitian

No.	Kegiatan	Jadwal Kegiatan																												
		Juli				Agustus				September				Oktober				November				Desember				Januari				Februari
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	3	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1
1	Studi literatur																													
2	Akuisis Data Magnetik																													
3	Persiapan Penelitian																													
4	Seminar Usul																													
5	Pengolahan Data																													
6	Pemodelan 2D																													
7	Interpretasi																													
8	Pennyusunan Laporan																													
9	Seminar Hasil																													
10	Penyelesain Skripsi																													
11	Komprehensif																													

D. Prosedur Penelitian

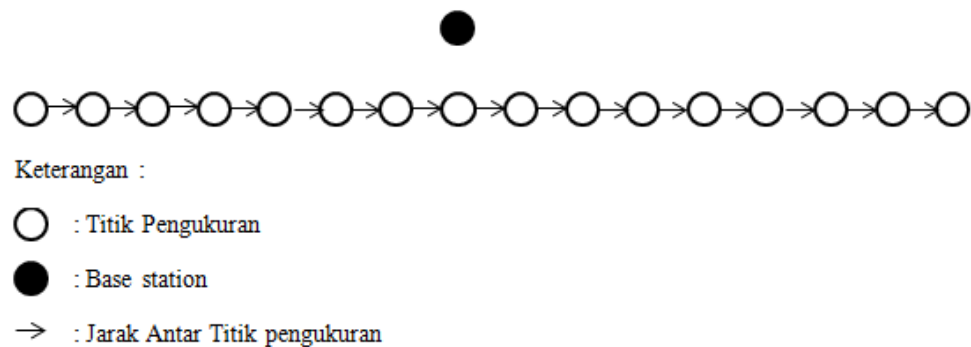
Penelitian ini dibagi menjadi 4 tahap yaitu :

1. Tahap Persiapan

Tahap persiapan merupakan tahap awal penelitian yang merupakan komponen penting dalam sebuah penelitian. Pada tahap persiapan ini dilakukan studi tentang metode survei magnetik, pengolahan data, interpretasi dan studi-studi lain yang berhubungan dengan penelitian ini.

2. Tahap Akuisisi Data

Tahap akuisisi data merupakan tahap pengambilan data magnetik di lokasi eksplorasi PT. Antam, Tbk. Di daerah Pandeglang, Banten. Proses pengambilan data dilakukan selama sekitar 1 minggu, dimana selama proses pengambilan data penulis menetap di *camp* tim geofisika PT. Antam, Tbk. Unit Geomin. Langkah-langkah proses pengambilan data yaitu persiapan pengecekan alat survei, proses *setting proton precission magnetometer* (PPM), pemasangan *proton precission magnetometer* (PPM) sebagai *base station* dan dilanjutkan dengan pengambilan data di lapangan. Ada beberapa metode yang digunakan dalam pengambilan data magnetik, pada penelitian ini menggunakan metode *base rover*. Metode *base rover* merupakan metode pengambilan data magnetik dimana titik-titik pengukuran menyerupai lintasan berupa garis lurus. Metode ini digunakan apabila dibutuhkan data mengenai magnetik detail pada lokasi tertentu. Pada metode ini jarak antar titik pengukuran yaitu 10 m. **Gambar 21** menunjukkan ilustrasi dari metode lintasan.

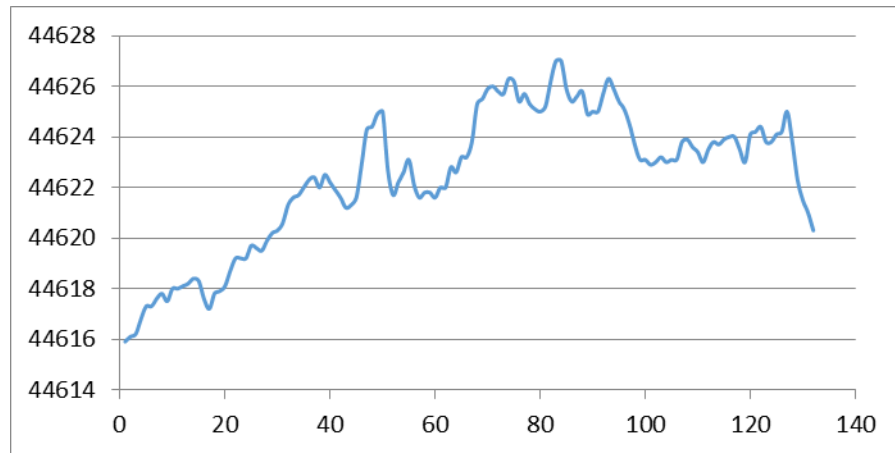


Gambar 21. Ilustrasi metode base rover dalam pengambilan data magnetik

Data yang didapatkan dari lapangan kemudian dilakukan koreksi-koreksi, antara lain yaitu :

a. Koreksi Harian (*Diurnal Correction*)

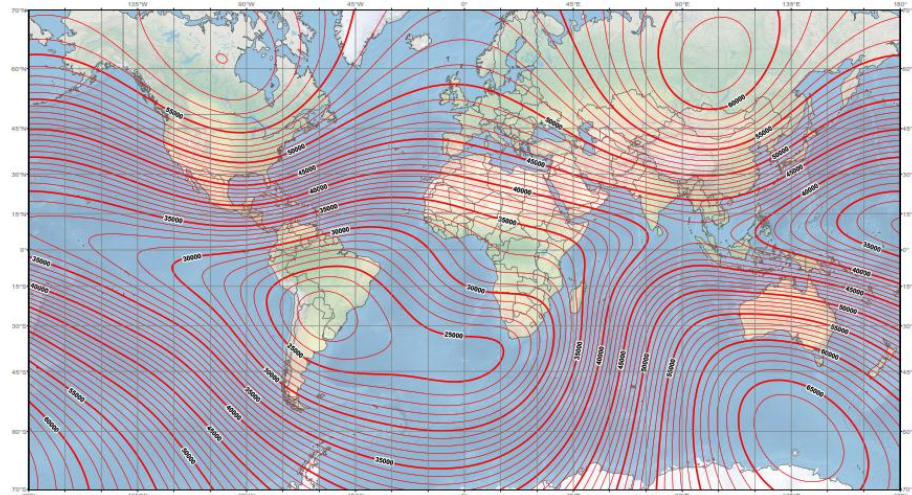
Akibat adanya medan magnet luar bumi, maka data yang terukur pada PPM merupakan gabungan antara medan magnet luar bumi, medan magnet utama dan anomali magnetik lokal. Oleh karena itu perlu dilakukan koreksi harian. Koreksi harian ini dengan cara mengurangkan medan magnet total dengan medan magnet harian yang terekam oleh PPM *base* dengan menggunakan *software* Magmap dan PMG1. Data koreksi harian merupakan suatu kurva hubungan antara medan magnetik yang terukur dengan waktu selama pengukuran, dimana PPM *base station* diatur agar setiap 120 detik sekali mengukur besarnya medan magnetik di suatu tempat. **Gambar 22.** Menunjukkan Kurva medan magnetik di tempat tertentu selama waktu pengambilan data.



Gambar 22. Kurva Base Station di daerah penelitian yang digunakan sebagai koreksi harian

b. Koreksi *International Geomagnetic Reference Field (IGRF)*

Setelah melalui koreksi harian maka data akan dilakukan pengkoreksian regional (Koreksi IGRF). Koreksi IGRF adalah koreksi yang dilakukan terhadap data medan magnet terukur untuk menghilangkan pengaruh medan magnetik utara bumi. Koreksi ini dilakukan dengan cara mengurangi data yang telah dikoreksi sebelumnya dengan nilai IGRF daerah tersebut. Nilai IGRF dapat diketahui dari peta isodinamas (**Gambar 23**), yaitu peta yang menggambarkan daerah yang memiliki harga intensitas magnetik yang sama. Nilai IGRF di Pulau Jawa kurang lebih 45000 nT pada daerah penelitian yang berada di daerah pandeglang, Banten memakai nilai IGRF 4479.1.



Gambar 23. Peta isodinamis yang menunjukkan nilai medan magnet utama bumi berdasarkan IGRF

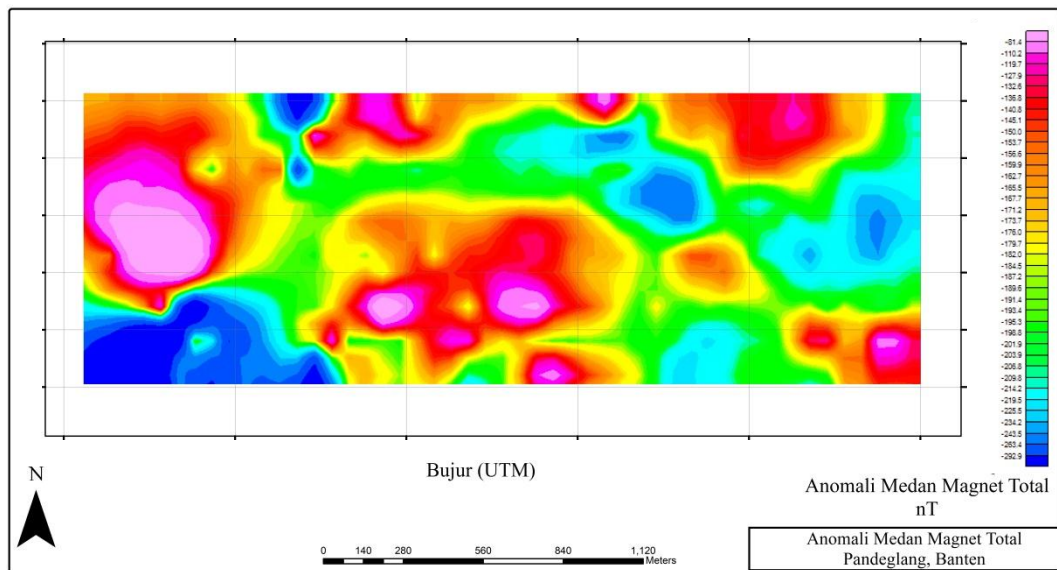
3. Tahap Pengolahan Data

Pada tahap ini data magnetik yang telah dilakukan koreksi harian dan koreksi IGRF, kemudian diolah dengan menggunakan *software* Oasis Montaj Versi 8.4. Pengolahan dengan menggunakan Oasis Montaj meliputi pembuatan peta kontur anomali magnetik, analisis spektrum, proses *filtering* yaitu dengan menggunakan metode *Butterworth Filter* untuk memisahkan anomali regional dan residual dan proses reduksi ke kutub magnetik (*reduction to the pole*) serta melakukan forward modeling pada peta residual untuk mencari sumber mineral pada lapangan “RAFTEL”.

4. Tahap Interpretasi

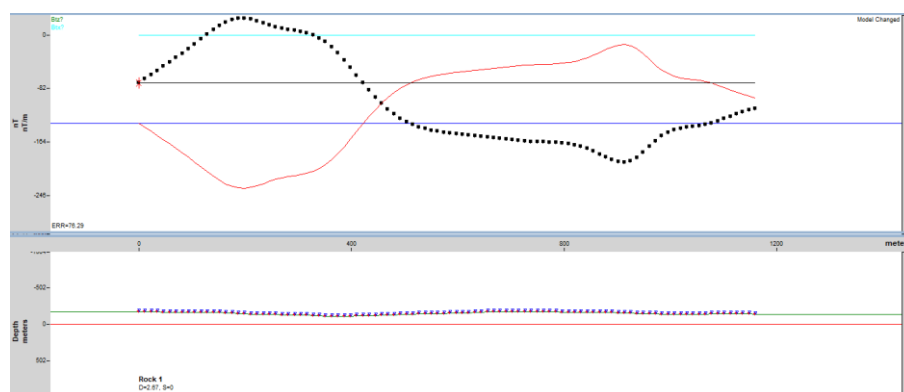
Pada Tahap ini peta yang telah diolah dilakukan interpretasi. Ada 2 interpretasi yang dilakukan yaitu interpretasi kuantitatif dan kualitatif. Interpretasi kualitatif merupakan interpretasi dari peta intensitas magnetik total berdasarkan

kontras anomali magnetik pada peta tersebut. **Gambar 24** menunjukkan peta intensitas magnetik total yang akan dilakukan interpretasi.

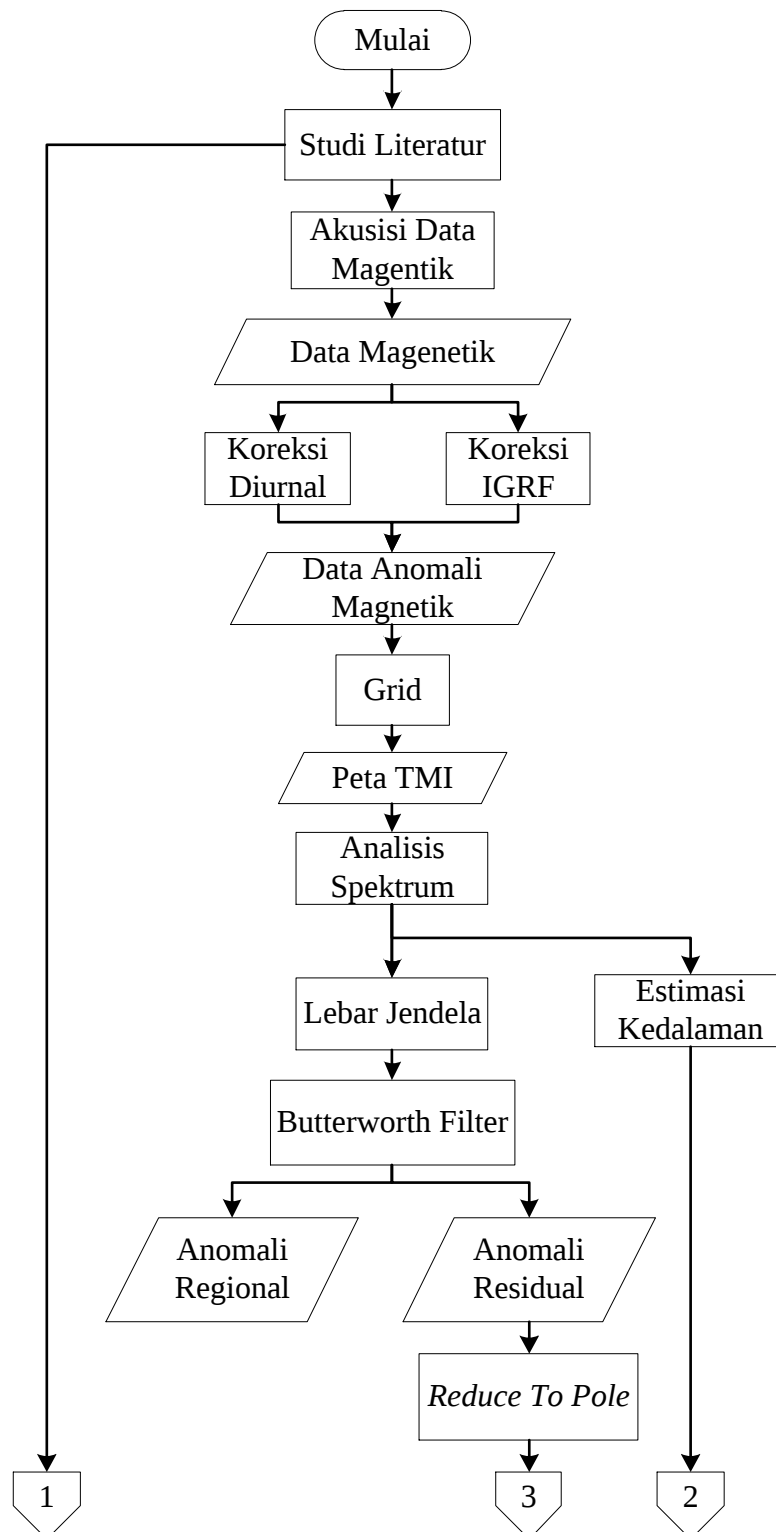


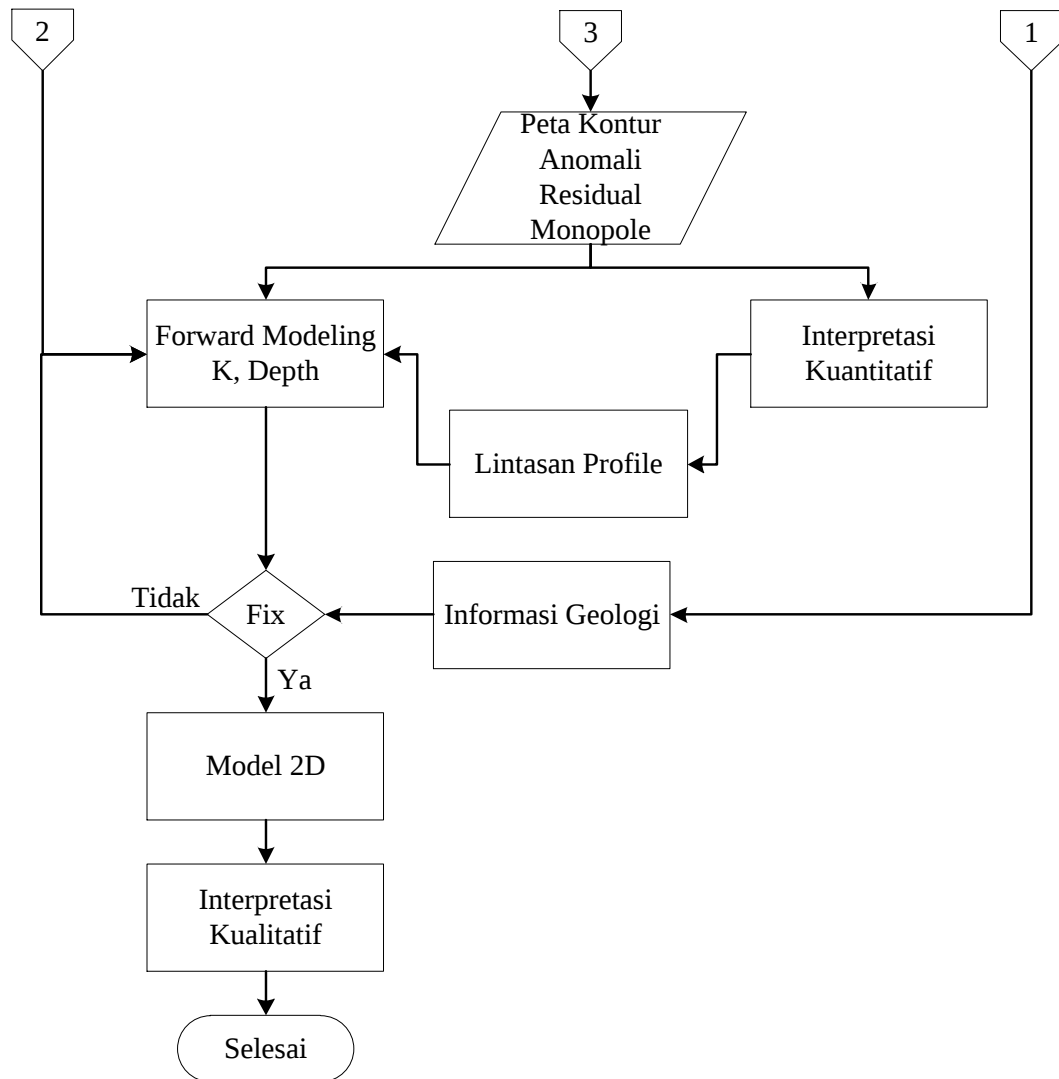
Gambar 24. Peta Intensitas medan magnetik total

Sedangkan interpretasi Kuantitatif merupakan interpretasi berdasarkan dari hasil pemodelan dari kurva observasi anomali yang dicocokkan dengan kurva anomali model dan informasi geologi. **Gambar 25** merupakan kurva penampang untuk pemodelan bawah permukaan.



Gambar 25. Kurva Penampang daerah pemodelan

E. Diagram Alir



Gambar 26. Diagram alir penelitian

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Kesimpulan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Identifikasi zona mineralisasi emas terfokus pada zona suseptibilitas tinggi yang berada pada Barat Daya daerah penelitian. Zona suseptibilitas tinggi ini diidentifikasi sebagai mineral-mineral yang teralterasi dari sesar-sesar yang ada pada lintasan AA' dan BB'. pada daerah bagian Barat Daya ini termasuk dalam formasi tuff yang merupakan post mineralisasi dari daerah Honje. Pada bagian ini juga terdapat sesar-sesar yang membentuk graben, dari sesar ini lah larutan hidrotermal masuk ke dalam rekahan-rekahan sehingga terjadinya proses epitermal low sulfidasi.
2. Pada Sayatan A-A' ini menghasilkan profil geologi bawah permukaan berupa batuan penyusun serta struktur geologi. Terdapat dua lapisan batuan yang memiliki nilai suseptibilitas masing-masing 0.06 emu, dan 0.01 emu. Berdasarkan peta geologi lokal yang telah diteliti PT. Antam, Tbk daerah penelitian terbagi dari lima lapisan yaitu *Porphyritic Andesitic*, *Andesitic Volcanic*, *Dacitic Volcanic*, *Limestone* dan *Sedimentary*, dikarenakan tidak adanya data tentang paleomagnetisme pada daerah penelitian, maka remanen magnetik pada penelitian ini dibuat 0, dan dari tabel suseptibilitas dapat

disimpulkan bahwa batuan penyusun daerah penelitian berupa batuan *Dacitic tuff*, dan *Andesitic Volcanic*.. Terdapat beberapa sesar pada penampang hasil *forward modeling*, pada sayatan B-B' dimulai dari kordinat (572000,9251000) sampai (573000, 9252000). Untuk sayatan B-B' ini hampir sama dengan sayatan A-A', Terdapat beberapa sesar pada penampang hasil *forward modeling*, hal ini mendukung karakteristik tipe endapan emas epitermal pada sulfidasi rendah dimana kontrol secara lokal adalah sesar.

B. Saran

Saran dalam penelitian ini perlu dilakukan survei lanjutan dengan menggunakan metode *Induce Polarized* (IP) pada daerah lintasan AA' dan lintasan BB' untuk membuktikan daerah prospek terutama yang mengandung batuan intrusif.

DAFTAR PUSTAKA

- Angeles, C. Prihatmoko, S. dan Walker, J.S. 2002. Geology and alteration-mineralization characteristics of the Cibaliung epithermal gold deposit, Banten, Indonesia. *Resource Geology*.52, 329-339.
- Blakley, R. J. 1995. *Potential Theory In Gravity and Magnetic Application*. Cambridge Unity Press. New York.
- Blanco, I. Garcia, A. dan Torata, M. J. 1997. Magnetic study of the Furnas Caldera. *Annalis of Geophysics*. Vol. XI. NO. 2.
- Blum, P. 1997. *PP Handbook. Magnetic Suceptibility*
- Bateman, A.M. dan Jansen, M.L. 1981. *Economis Mineral Deposit 3rd Edition*, John Wiley and Sons inc., New York.
- Calister, W. D. Jr. 2007. Material science and engineering. An Introduction John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Cooper, G. R. J. dan Cowan, D.R. 2005. Differential reduction to the pole. *Jurnal Computer and Geoscience*. Vo.31 hal.989-999.
- Corbett, G. J., 2002, Epithermal gold of Explorationists, *AIG Journal* 2002.
- Dirgantara, S. Winarno, T. dan Ali, R.K. 2018. *Karakteristik Endapan Epitermal Daerah Cibaliung Kecamatan Cimanggu, Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten*. Skripsi. Semarang: Universitas Diponegoro
- Harijoko, A. Ohbuchi, Y. Motomura, Y. Imai, A. dan Watanabe, K. 2007. Chracteristic of the Cibaliung gold depoit: miocene low-sulfidation type epithermal gold deposit in Western Java, Indonesia: *Resource Geology*, 57, 114-123
- Hedenquist, J.W dan White, N.C. 1995. Epithermal Gold Deposits. Styles Characteristic, and Exploration, *SEG Newsletter*, 23, 9-13.

- Indriatmoko, P. Nurwiddiyanto, I. M. dan Yulianto. T. 2009. Interpretasi Bawah Permukaan Daerah Manifestasi Panas Bumi Parang Tritis Kabupaten BantulDIY Dengan Metode Magnetik. *Jurnal Berkala Fisika*. Vol.12. No.4, hal. 153-160.
- Johnson. M. L. 2009. *Using the Magnetic Technique to Investigate the Subssurface in the Limpopo Region of South Africa*. Jackson State University.
- Kahfi, R. A dan Yulianto T. 2008. Identifikasi Struktur lapisan Bawah Permukaan Daerah Manifestasi Emas Dengan Menggunakan Metode Magnetik Di Papandayan Garut Jawa Barat. *Jurnal berkala fisika*. Vol.11, No. 4, halaman 127.
- Lelivere, G. P. 2003. *Forward Modeling and Inversion of Geophysical magnetic Data*. University Britsh Columbia. Departement of Earth and Ocean Sciences, Geophysics.
- Nurdiyanto, B. S. Wahyudi, dan Suyanto, I. 2004. Analisis Data Magnetik untuk mengetahui Struktur Bawah Permukaan Daerah Manifestasi Air Panas di Lereng Utara Gunung Api Unggaran. *Prosiding Himpunan Ahli Geofisika Indonesia*. PIT ke-29. Yogyakarta.
- Odunaike, R. K. Ijeoma, G. C. Edigbe, R. O. dan Babtope, A H. 2009. Oil sands exploration in Ijebu-Imuhsin using magnetic and electrical resistivity method. *11th SAGA Bienal Technical Meeting and echibition*. Pages 247-252.
- Pratt, A dan Zhiquin, S. 2004. An Improved Pseudo-Gravity Magnetic Transform Technique for Investigation on Deep Magnetic Source Rocks. *ASEG 17th Geophysical Conference and Exhibition*. Sydney.
- Reeve, W. D. 2010. *Geomagnetism Tutorial*. Observatory Anchorage. Alaska. Amerika Serikat. Reeve
- Sarkowi, M. 2014. *Eksplorasi Gaya Berat*. Graha Ilmu, Yogyakarta
- Sudana, D. dan Santosa, S. 1992. *Peta Geologi Lembar Cikarang, Jawa*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung, 13 p.
- Rasimeng, S. 2008. Analisis Sesar Gunung Rajabasa Lampung Selatan Sebagai Daerah Prospek Geothermal Berdasarkan Data Anomali Medan Magenet Total. *Jurnal Sains MIPA*, Vol 14, No.1, Hal. 67-62
- Rasimeng, S. 2011. Determination of the Curie Point Depth from Anomaly Magnetic Field Data Using Spectrum Analysis. Case Study: Segmen Rajabasa Mountain Lampung (preliminary result). *Proceeding of LPPM Seminar University of Lampung*. Universitas Lampung, Bandar Lampung.

Telford, W. M. Goldart, L. P. dan Sheriff, R. P. 1990. *Applied Geophysics Second Edition*, London: Cambridge University Press.

Van Bemmelen, R.W. 1949, *The Geology of Indonesia Vol. IA*, Martinus Nijhoff Belanda.