

*Skripsi Geofisika*

**IDENTIFIKASI SEBARAN MINERAL SULFIDA (PIRIT)  
MENGUNAKAN METODE GEOMAGNET DI DAERAH LIBURENG  
KABUPATEN BONE**

**MUH. ZUL FITRAH**

**H221 10 266**



**PROGRAM STUDI GEOFISIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2017**

**IDENTIFIKASI SEBARAN MINERAL SULFIDA (PIRIT)  
MENGUNAKAN METODE GEOMAGNET DI DAERAH LIBURENG  
KABUPATEN BONE**

**SKRIPSI**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains  
Pada Program Studi Geofisika Jurusan Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Hasanuddin*

**Oleh:**

**Nama : Muh Zulfitriah**

**Stambuk : H221 10 266**

**Jurusan : Fisika**

**Prog. Studi : Geofisika**

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

**2017**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**IDENTIFIKASI SEBARAN MINERAL SULFIDA (PIRIT)  
MENGUNAKAN METODE GEOMAGNET DI DAERAH LIBURENG  
KABUPATEN BONE**

Oleh:

**MUH. ZULFITRAH**

**H221 10 266**

**Makassar, Mei 2017**

Disetujui Oleh :

**PEMBIMBING UTAMA**



**Dr. Lantu, M.Eng.Sc, DESS**  
**NIP. 1954407171974011003**

**PEMBIMBING PERTAMA**



**Svamsuddin, S.Si, MT**  
**NIP. 197401552002121011**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini merupakan karya orisinal saya dan sepanjang pengetahuan saya tidak memuat bahan yang pernah dipublikasikan atau telah ditulis oleh orang lain dalam rangka tugas akhir untuk suatu gelar akademik di Universitas Hasanuddin atau lembaga pendidikan tinggi lainnya di manapun, kecuali bagian yang telah dikuti sesuai kaidah ilmiah yang berlaku. Saya juga menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil kerja saya sendiri dan dalam batas tertentu dibantu oleh pihak pembimbing.

Penulis

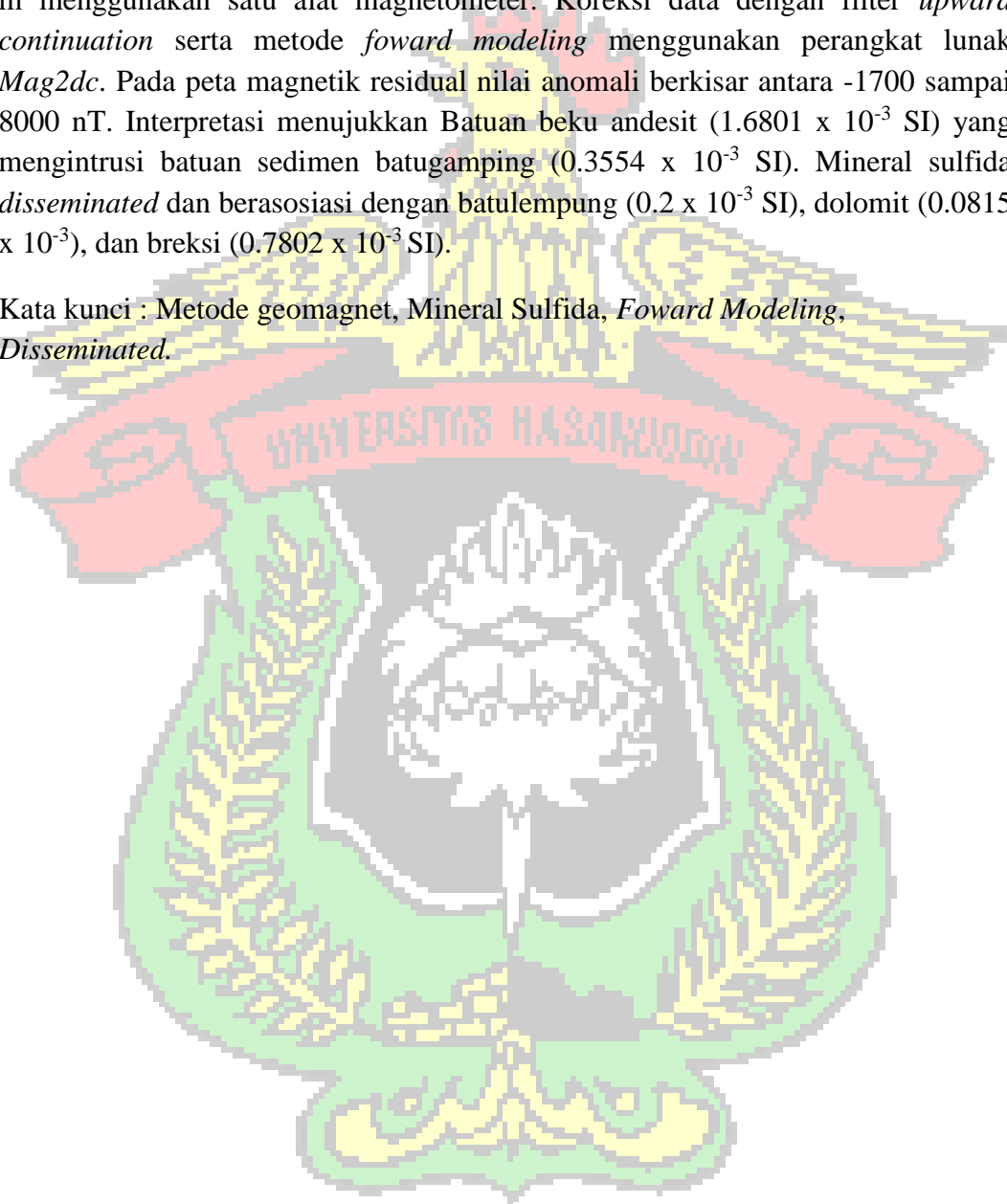
Muh. Zulfitriah



## SARI BACAAN

Penelitian ini dilakukan dengan metode geomagnet di daerah libureng kabupaten Bone, Sulawesi Selatan. Ada 65 titik pengukuran dengan luas 120 m untuk mengidentifikasi sebaran mineral sulfida. Panjang lintasan 100 m dengan spasi 20 m menggunakan satu alat magnetometer. Koreksi data dengan filter *upward continuation* serta metode *foward modeling* menggunakan perangkat lunak *Mag2dc*. Pada peta magnetik residual nilai anomali berkisar antara -1700 sampai 8000 nT. Interpretasi menunjukkan Batuan beku andesit ( $1.6801 \times 10^{-3}$  SI) yang mengintrusi batuan sedimen batugamping ( $0.3554 \times 10^{-3}$  SI). Mineral sulfida *disseminated* dan berasosiasi dengan batulempung ( $0.2 \times 10^{-3}$  SI), dolomit ( $0.0815 \times 10^{-3}$ ), dan breksi ( $0.7802 \times 10^{-3}$  SI).

Kata kunci : Metode geomagnet, Mineral Sulfida, *Foward Modeling*, *Disseminated*.



## ABSTRACT

The method in this study using geomagnetic method at libureng, Bone distric, South Sulawesi. The measurement points in this study are 65 points and with 120 meters to identify the distribution of sulphide minerals. A length on each line is 100 meters with a space of 20 meters using a magnetometer tool. Correction data using upward continuation and modelling with foward modeling method using Mag2dc software. Value of anomaly from the residual magnetic map is range from -1700 to 8000 nT. Interpretation show that andesite igneous rocks ( $1.6801 \times 10^{-3}$ ) that intruded the limestone ( $0.3554 \times 10^{-3}$ ). Distribution of sulphide minerals is disseminated and associated with claystone ( $0.2 \times 10^{-3}$ ), dolomite ( $0.0815 \times 10^{-3}$ ), and breccias ( $0.9079 \times 10^{-3}$ ).

Key Words : Geomagnetic Methods, Sulphide Minerals, Foward Modeling, Disseminated.



## KATA PENGANTAR



*Alhamdulillah Rabbil Alamin*, segala puji bagi Allah SWT atas izin dan karunia yang telah dilimpahkan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul: **“IDENTIFIKASI SEBARAN MINERAL SULFIDA (PIRIT) MENGGUNAKAN METODE GEOMAGNET DI DAERAH LIBURENG KABUPATEN BONE”**, yang merupakan tugas akhir untuk melengkapi persyaratan mencapai gelar Sarjana Fisika Program Studi Geofisika pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Dalam tulisan ini, penulis menyadari bahwa penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari bimbingan, bantuan, dukungan, serta motivasi dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini, izinkan penulis mengucapkan terima kasih yang tak terhingga khususnya kepada kedua orang tua penulis yang sabar menanti anaknya sarjana, Ayahanda **Yamrah, BE** dan Ibunda **Lilis Suriani, Bsc** yang tak pernah bosan membesarkan, mendidik serta memberikan kasih sayang dan do'a terbaiknya yang tak pernah putus kepada anaknya, Mami Ros, Bapak Daif, Om Jasmet, Ippang, Alam, Ardi dan adik Muh. Rafli Fatur Rahmat yang telah memberi dukungan dan semangat, juga seluruh keluarga besar yang selalu mendo'akan yang terbaik untuk penulis.

Penulis juga ingin menyampaikan penghormatan dan rasa terima kasih yang tulus serta penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Seluruh Civitas Akademik tingkat universitas dan terkhusus untuk civitas akademik selingkup Fakultas MIPA Unhas.
2. **Bapak Dr. Tasrief Surungan, M.Sc** selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas MIPA Unhas dan **Bapak Syamsuddin, S.Si, MT** selaku Sekertaris Jurusan Fisika Fakultas MIPA Unhas.
3. **Bapak Dr. H. M. Altin Massinai, MT.Surv** selaku Ketua Program Studi Geofisika Jurusan Fisika FMIPA UNHAS.
4. **Bapak Dr. Lantu, M. Eng, SC. DESS** Pembimbing Utama sekaligus Penasihat Akademik dan **Bapak Syamsuddin, S.Si, MT** sebagai Pembimbing pertama yang telah banyak meluangkan waktu dan pikirannya serta memberi motivasi, masukan dan arahnya dalam penyusunan skripsi ini.
5. **Bapak Dr. Muh. Altin Massinai, MT.Surv, Bapak Sabrianto Aswad, S.Si, MT** dan **Ibu Dra Maria, M.Si** selaku tim penguji yang telah banyak memberi masukan, saran serta kritiknya demi penyempurnaan skripsi ini.
6. **Dosen-dosen pengajar** yang telah membagikan ilmunya serta memberi bimbingan selama perkuliahan.
7. **Staf pegawai Jurusan Fisika** Pak Aji, Kak Latif, dan Pak Ali yang telah banyak membantu.
8. Kanda-kanda **Fisika 2005**, Kanda-kanda **Fisika 2006** Kak Darmawan, Kak Alam, Bung Fadil, Kak Abhy, Kak Ruru, Kak Ardan, Kak Cuba, Kak Gundll. Kanda-kanda **Fisika 2007** Kak Adi, Kak Cumminck, Kak Rian, Kak Syahwan, Kak Zul, dll. Kanda-kanda **Fisika 2008** Kak Jaya, Kak Fahry,



Surachman, Kak Saky, Kak Aryo, Kak Ammar, Kak Papang, Kak Wira, Kak Budi, Kak Arya, Kak Alam, Kak Okvi, Kak Fira, Kak Desta dll. Kanda-kanda **Fisika 2009** Kak Maknun, Kak Fahrul, Kak Hadi, Kak Aldi, Kak Djun, Kak Yudi, Kak Dayat, Kak Fauzi, Kak Ippang, Kak Eto', Kak Sidik, Kak Nanang, Kak Ani, Kak Ayu, dll.

9. Saudara/i **Fisika 2010** Ketua angkatan Inno, Ketua Himpunan Ippang, Simon, Om Bahar, Taufik, Difar, Smile, Memet, Asad, Arlin, Gazali, Ricardi, Tanto, Allank, Jufrin, Bustam, Rizal, Jusmawang, Aji, Dipa, Naje', Triwa, Ida, Winda, Eltrit, Dhila, Dhana, Fitri, Uni, Ega, Miskat, Fina, Novi, Widi, Tita, Acil, Ayu, Tiwi, Eky, Hada, Yulis, Ana, Ani, Sinar, Tuti, Hesa, Addi, Luri, Uri, Willi, Hari, Eka, Debby, Inci', Satti, Mega, Manda, Oliv, Usi, Diana, Dewi, Fira, Nusu' dan Lili'. **Jayalah Himafi Fisika Nan Jaya !**

10. Teman-teman **MIPA 2010** terutama **pengurus BEM periode 2013/2014** Ketua Bem Fahri, Iman, Penjor, Angga, Rijal, Nirzam, Ono, Asrar, Ikal, Filo, Iwa', Ade, Robhin, Ashar, Jun, Fatahillah, Akib, Rizki, Riska, Nunung, DJ, Lina, Ibt, Ami, Afmi, Tuti, Wiwi', Pia, Dodo' dll. **Use Your Mind be the Best !**

11. Adik-adik **Fisika 2011** Alim, M.Ridwan, Mandor, Goblin, Bang Jhon, Icul, Togel, Susno, Dhani, Carly, Yayat, Marwan, Camma', Naing, Dukmet, Adik Ucok (yang setia menemani penulis di jasmip), Rida, Erwan, Tenri, Cimma, Indah, Sernita, Weny dll. Adik-adik **Fisika 2012** (Ude, Bang jo, Faiz, Arif, Asraf, Yusuf, Gedo, Zul, Marteng, Faisal, Maksum, Am tampan, Jamal, Anca, Ai, Syahrul, Banyal, Uzi, Wulan, Citra, Usi, Aul, Fitri, Jeje', Satia,

Sari, Nisa, Tri, Aryani, Atika, Uci, Menceng, Nurul, Lilis, Atm, Inda, Vivi, Wana, Yeti, Lintang, Nina Adik-adik **Fisika 2013** (Bang Azis, Ilham, Cippe, Niko, Tatto, Mughny, Boy, Wahyu, Ribas, Olid, Tamlica, Asnur, Bahrul, dll), **Fisika 2014** (Aryadi, Pino, Bom Bom, Kapusu, Sitol, Parley, Iswar, dll), **Fisika 2015** (Alfaro, Bojes, Aksa, Mbojo dll) dan **Fisika 2016** (arief dkk).

12. Kanda-kanda, dan Adik-adik Anggota **Kelompok Pecinta Alam Omega Himafi FMIPA Unhas**.
13. Keluarga Besar **SCIENCE FC** Kak ahmi, Puang Cambang, Manajer M.Ridwan, Kapten Ono, Pemain paling tua Inno, Antho tampan, Enal, Bahar, Camma, Marwan, Togel, Ude, Akbar, Andi, Sudin, Ilham, Cippe, Boy, Rian Neymar, Ocank, Romi, Fajri, Izwar, Anwar, Izza, Hamdan, Wahab, Mbojo, Bojes, Aksa, Suritman dll. Juga seluruh warga Mipa yang selalu memberikan dukungannya. **Siapa Juaranya ? MIPA MIPA MIPA ..!!!!!!!**
14. Kanda - kanda Alumni dan Adik - adik **KMF MIPA UNHAS** Ketua Bem (Sandy), Ketua Maperwa (Alam Saputra) dan Ketua - ketua Himpunan Selingkup MIPA Beserta Jajarannya.
15. Teman-teman **KKN Reguler Gelombang 87 Kab. Enrekang Desa Puserren** Deny, Rio, Ade, Pita, Diyah, Iin, Wahda, kak Ani, kak Heru dan Seluruh Warga Randangan serta pemuda - pemuda desa yang telah membantu kami selama KKN.
16. Teman - Teman **Mazbod Dubelz** Om Ippang, Adit, Ayyub, Tundrang, Eldi, Kadir, P Man, Rama, Danang, Phiank, Ozi, Herul, Hadi, Awal, Ewin, Ibe',

Acy, Awa, Tamy, Citra, Desi, Elvira, Sukma, Mimi, Harfiah, Ipe, Kiki, Lulu  
Cece, Yesmin, Vira, Pipi, Risna, Tika.

17. Mace – mace di Jasmip Kak tia, Kak Suri, Mace gendu, Bollo, Nuru, Kak  
Erni.

18. Dan semua pihak yang tidak mampu penulis sebutkan satu persatu, yang telah  
banyak memberi bantuan dan kemudahan dalam proses penulisan ini.

Penulis menyadari bahwa karya tulis ini sangat jauh dari kesempurnaan  
dikarenakan keterbatasan kemampuan yang dimiliki oleh penulis. Akhir kata,  
semoga Allah SWT memberikan segala kebaikan kepada seluruh pihak yang telah  
memberikan bantuannya baik secara langsung maupun tidak langsung kepada  
penulis. Dan penulis berharap semoga skripsi ini dapat berguna terutama bagi  
penulis dan pihak - pihak terkait pada umumnya. Semoga Allah senantiasa  
melimpahkan Rahmat dan Hidayah-Nya. Amin

Makassar, Mei 2017

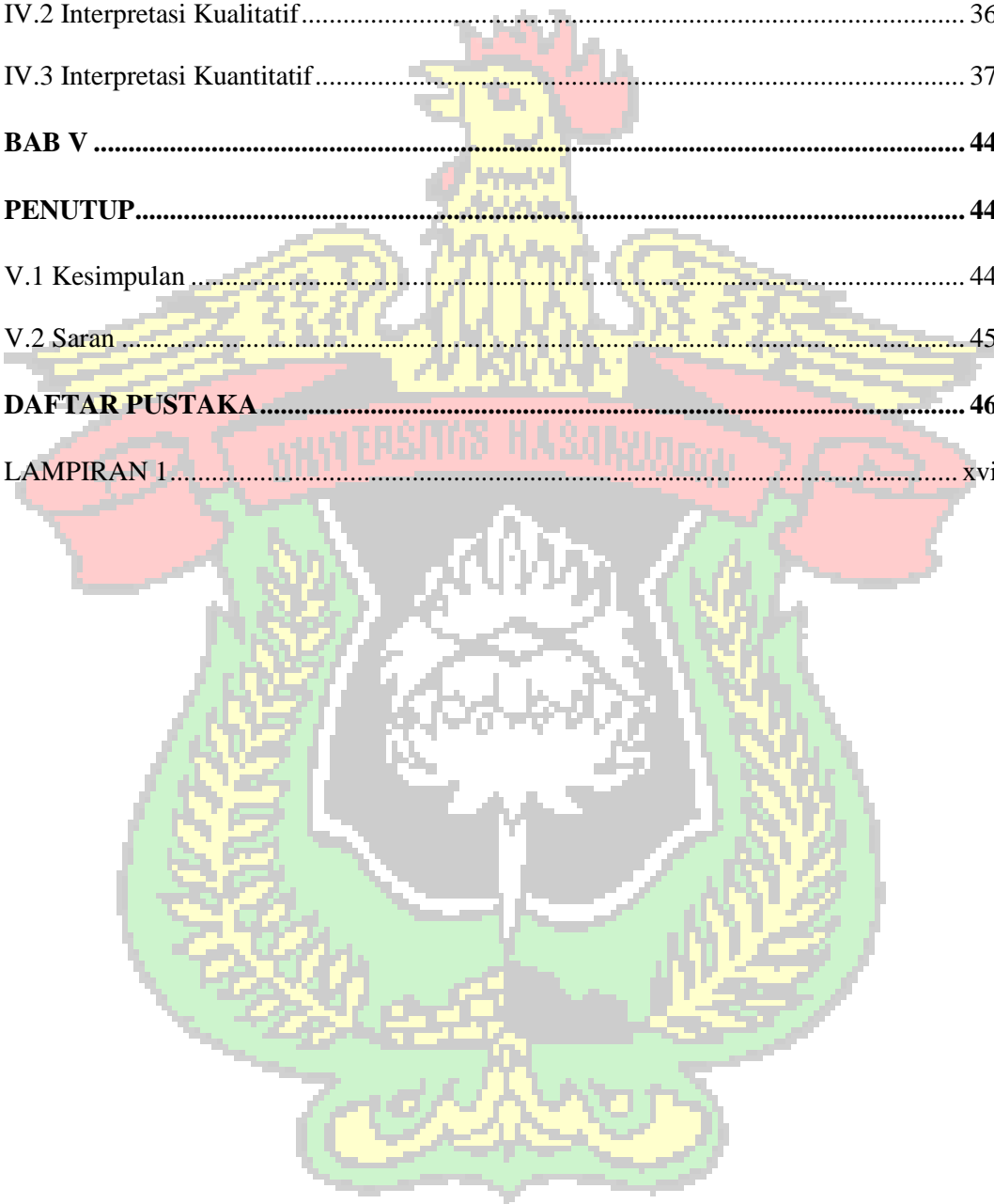
**Penulis**

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>PERNYATAAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>SARI BACAAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xv</b>
<b>BAB I</b> .....	<b>1</b>
<b>PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Ruang Lingkup Penelitian .....	2
I.3 Tujuan Penelitian.....	2
<b>BAB II</b> .....	<b>3</b>
<b>TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>3</b>
II.1 Geomorfologi Regional.....	3
II.2 Struktur Geologi Regional.....	4
II.3 Alterasi dan Mineralisasi.....	5
II.4 Konsep Teori Magnetik.....	8
II.4.1 Gaya dan Kuat Medan Magnet.....	9
II.4.2 Induksi Magnet.....	10
II.4.3 Suseptibilitas Kemagnetan .....	11

II.5 Magnet Permanen.....	15
II.6 Medan Magnetik Bumi.....	16
II.6.1 Variasi Waktu.....	17
II.7 Koreksi Data Magnetik .....	19
II.8 Pengangkatan ke Atas .....	20
II.9 Reduksi ke Kutub .....	21
II.10 <i>Forward Modelling</i> .....	22
<b>BAB III.....</b>	<b>24</b>
<b>METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>24</b>
III.1 Lokasi Penelitian.....	24
III.2 Alat dan Bahan.....	25
III.3 Prosedur Penelitian .....	25
III.3.1 Persiapan .....	25
III.3.2 Akuisisi data.....	25
III.3.3 Mengunduh Data.....	26
III.4 Pengolahan Data .....	26
III.4.1 Pengimputan Data.....	26
III.4.2 Koreksi Data Geomagnet.....	27
III.4.3 Pembuatan Peta Kontur ( <i>mapping</i> ).....	27
III.4.4 Filtering.....	27
III.4.5 Pemodelan.....	28
III.4.6 Forward Modeling .....	28
III.5 Interpretasi Data.....	28
III.6 Bagan Alir.....	30

<b>BAB IV</b> .....	<b>31</b>
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>31</b>
IV.1 Hasil Penelitian.....	31
IV.2 Interpretasi Kualitatif.....	36
IV.3 Interpretasi Kuantitatif.....	37
<b>BAB V</b> .....	<b>44</b>
<b>PENUTUP</b> .....	<b>44</b>
V.1 Kesimpulan.....	44
V.2 Saran.....	45
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>46</b>
LAMPIRAN 1.....	xvi

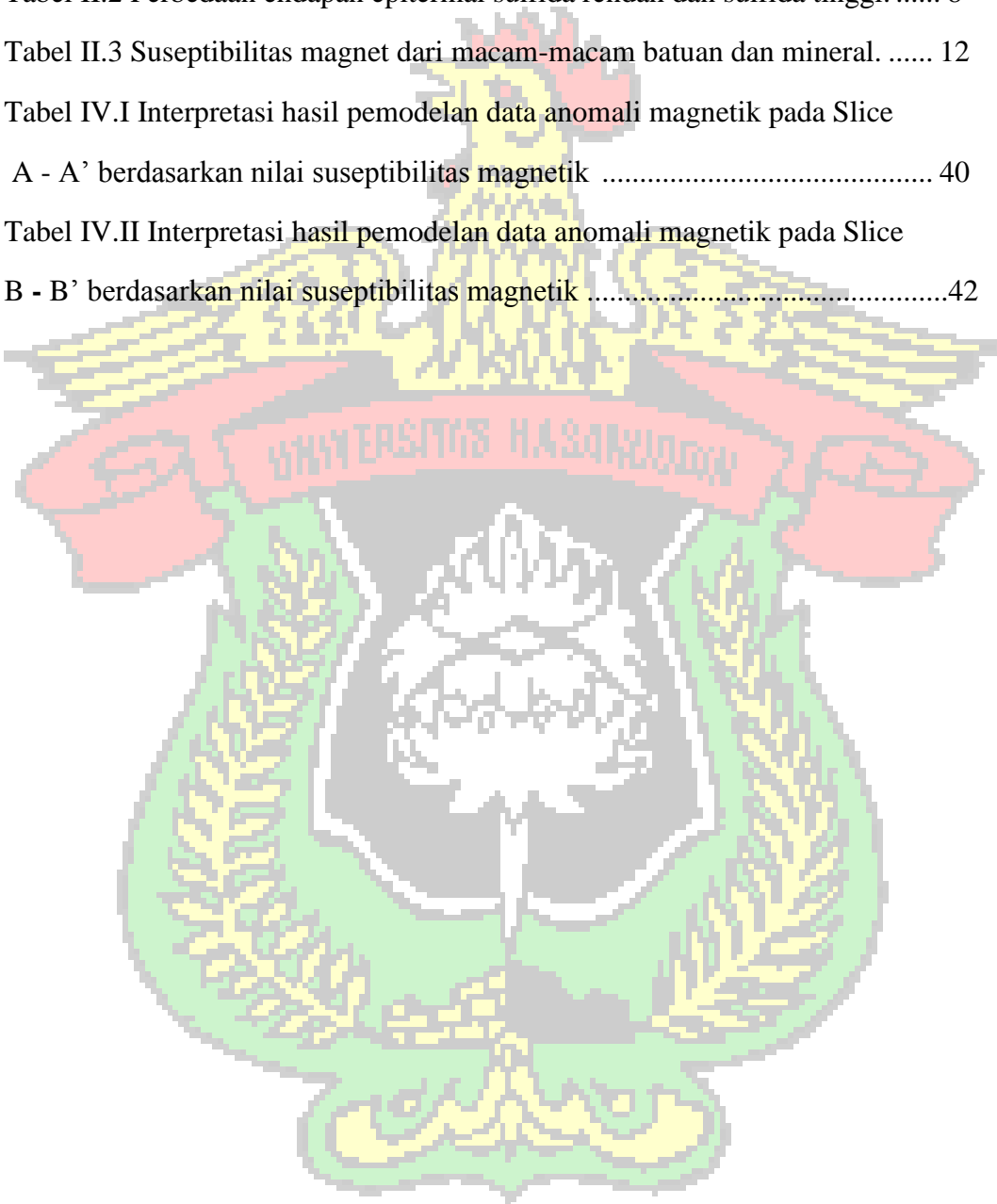


## DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Elemen- elemen medan magnet bumi .....	17
Gambar II.2 Transformasi medan potensial oleh <i>upward continuation</i> . .....	21
Gambar III.1 Peta Lokasi Penelitian .....	24
Gambar III.2 Ilustrasi model lintasan pengukuran geomagnet .....	26
Gambar IV.1 Morfologi daerah penelitian .....	31
Gambar IV.2 Peta kontur anomali regional medan magnet daerah penelitian. ...	32
Gambar IV.3 <i>Upward continuation</i> pada ketinggian 50 m.....	34
Gambar IV.4 Peta kontur anomali <i>residual</i> .....	34
Gambar IV.5 Peta anomali magnetik setelah direduksi ke kutub. ....	35
Gambar IV.6 Peta kontur <i>residual</i> dengan target anomali dan lokasi penemuan endapan pirit.....	36
Gambar IV.7 Peta anomali <i>residual</i> yang telah di <i>slice</i> (irisian penampang).....	37
Gambar IV.8 Profil anomali model slice A –A’ .....	39
Gambar IV.9 Profil batuan bawah permukaan <i>slice</i> A - A’ .....	40
Gambar IV.10 Profil anomali model <i>slice</i> B –B’ .....	41
Gambar IV.11 Profil batuan bawah permukaan <i>slice</i> B - B’ .....	42

## DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Klasifikasi zona alterasi hidrotermal.....	6
Tabel II.2 Perbedaan endapan epitermal sulfida rendah dan sulfida tinggi. ....	8
Tabel II.3 Suseptibilitas magnet dari macam-macam batuan dan mineral. ....	12
Tabel IV.I Interpretasi hasil pemodelan data anomali magnetik pada Slice A - A' berdasarkan nilai suseptibilitas magnetik .....	40
Tabel IV.II Interpretasi hasil pemodelan data anomali magnetik pada Slice B - B' berdasarkan nilai suseptibilitas magnetik .....	42





# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1 Latar Belakang

Mineral sulfida berupa ikatan antara sulfur dan logam dijumpai tersebar di alam dalam kadar dan dimensi kecil sampai besar. Pemanfaatan cebakan mineral sulfida dengan mengekstrak bijih menjadi komponen bernilai ekonomi yang dapat terdiri dari logam, bahan kimia dan bahan baku untuk industri lain. Pirit merupakan salah satu contoh mineral sulfida dalam penggunaannya untuk produksi dioksida belerang, untuk industri kertas. (Suprpto, 2012)

Pirit terbentuk dari kombinasi antara sulfur (belerang) dan unsur tertentu. Pirit terbentuk di sekitar wilayah gunung api yang memiliki kandungan sulfur yang tinggi. Proses mineralisasi terjadi pada tempat – tempat keluarnya atau sumber sulfur. (Danisworo, 2010)

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya yang telah dilakukan (Latuconsina, 2015) ditemukan beberapa daerah yang memiliki prospek mineral Sulfida di Libureng, Bone. Keberadaan mineral tersebut ditunjukkan oleh kenampakan zona alterasi dan singkapan sekunder di daerah sungai Walanae dijumpai bentuk endapan mineral secara *disseminated*.

Berbagai macam metode geofisika yang dapat digunakan untuk menggambarkan model bawah permukaan, salah satunya adalah metode geomagnet. Metode geomagnet mengukur anomali magnet yang diakibatkan oleh perbedaan kontras

suseptibilitas atau permeabilitas magnetik tubuh batuan dari daerah sekelilingnya. Perbedaan tersebut diakibatkan oleh distribusi mineral feromagnetik, paramagnetik atau diamagnetik. Metode ini sensitif terhadap perubahan vertikal, sehingga sangat baik digunakan untuk mempelajari tubuh intrusi, batuan dasar, urat hidrothermal yang kaya akan mineral feromagnetik dan struktur geologi. (Yopanz, 2007)

Berdasarkan uraian di atas, maka akan dilakukan penelitian dengan menggunakan metode geomagnet untuk mengetahui penyebaran mineral sulfida pada bawah permukaan di daerah Libureng, kabupaten Bone, Sulawesi Selatan.

### **I.2 Ruang Lingkup Penelitian**

Penelitian ini dibatasi pada penentuan mineral sulfida berdasarkan kontras suseptibilitas dengan menggunakan metode geomagnet.

### **I.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menghitung nilai suseptibilitas magnetik batuan daerah penelitian.
2. Memodelkan struktur bawah permukaan daerah penelitian
3. Memetakan sebaran mineral sulfida daerah penelitian.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **II.1 Geomorfologi Regional**

Berdasarkan tinjauan geologi regional, daerah Libureng termasuk dalam lembar Pangkajene dan Watampone bagian barat Sulawesi. Lembar ini berbatasan dengan Lembar Majene-Palopo di bagian utara, lembar Ujung Pandang, Benteng dan Sinjai di bagian selatan, Selat Makassar dibagian barat dan Teluk Bone di bagian timur. (Sukamto, 1982)

Pada lembar Pangkajene dan Watampone Bagian barat secara umum terdapat dua baris pegunungan yang memanjang hampir sejajar, pada arah Utara-Barat Laut dan dipisahkan oleh lembah Walanae. (Sukamto, 1982)

Pegunungan pada bagian barat menempati hampir setengah luas daerah, melebar dibagian selatan dan menyempit dibagian utara dengan ketinggian rata-rata 1500 meter. Pembentuknya sebagian besar berupa batuan gunung api dan batugamping. Pegunungan pada bagian timur lebih sempit dan rendah, ketinggian puncak rata-rata 700 meter. lembah Walanae yang memisahkan kedua pegunungan tersebut dibagian utara lebih lebar dari pada dibagian selatannya. Pada tengah lembah terdapat sungai Walanae yang mengalir ke utara. Pada bagian selatan berupa perbukitan rendah dan di bagian utara berupa dataran alluvium. (Sukamto, 1982)

Pada bagian utara terdapat dua daerah yang dicirikan oleh topografi karst yang dibentuk oleh batu gamping formasi tonasa. Kedua daerah bertopografi karst ini

dipisahkan oleh pegunungan, yang tersusun oleh batuan gunung api berumur miosen bawah sampai Pliosen. Pesisir barat merupakan dataran rendah yang sebagian besar terdiri dari daerah rawa dan daerah pasang surut, beberapa sungai besar membentuk daerah banjir di dataran ini. Pada bagian timurnya terdapat bukit-bukit terisolir yang tersusun oleh batuan klastik gunungapi miosen pliosen. (Sukanto, 1982)

## **II.2 Struktur Geologi Regional**

Proses tektonik di bagian barat ini berlangsung dari kala trias sampai miosen awal. Akhir kegiatan gunung api miosen Awal itu diikuti oleh proses tektonik yang menyebabkan terjadinya permulaan terban walanae yang kemudian menjadi cekungan tempat pembentuk formasi walanae. Proses menurunnya terban walanae ini dibatasi oleh dua sistem sesar normal, yaitu sesar walanae dan sesar Soppeng. (Sukanto, 1982)

Selama terbentuknya terban walanae, ditimur kegiatan gunung api yang hanya terjadi dibagian selatan sedangkan dibagian barat terjadi kegiatan gunung api yang hampir merata dari selatan ke utara, dan ini berlangsung dari miosen tengah sampai pliosen. Dimana hal ini, bentuk kerucutnya masih dapat diamati di daerah sebelah barat yang diantaranya puncak Maros dan gunung tondong karambu serta tebing melingkar yang mengelilingi gunung benrong yang berada di utara gunung tondong karambu dan ini mungkin merupakan sisa kaldera. Sejak miosen tengah terjadi sesar utama yang mempunyai arah utara – barat laut dan tumbuh sampai setelah pliosen. Perlipatan besar yang berarah hampir sejajar dengan sesar utama diperkirakan terbentuk sehubungan adanya tekanan mendatar yang kira – kira

berarah timur – barat pada waktu sebelum akhir pliosen. Tekanan ini mengakibatkan pula adanya sesar sungkup lokal yang menyasarkan batuan pra - kapur akhir di daerah Bantimala ke atas batuan tersier. Perlipatan penyesaran yang relatif lebih kecil dibagian timur lembah Walanae dan dibagian barat timur lembah walanae dan dibagian barat pegunungan barat, yang berarah barat laut - tenggara dan merencong, kemungkinan besar terjadi oleh gerakan mendatar ke kanan sepanjang sesar besar. (Sukamto, 1982)

### **II.3 Alterasi dan Mineralisasi**

Sistem hidrotermal didefinisikan sebagai sirkulasi fluida panas ( $50^{\circ}$  -  $500^{\circ}\text{C}$ ) baik secara lateral maupun vertikal pada temperatur dan tekanan yang bervariasi di bawah permukaan bumi. Sirkulasi fluida hidrotermal menyebabkan himpunan mineral pada batuan dinding menjadi tidak stabil dan cenderung menyesuaikan kesetimbangan baru dengan membentuk himpunan mineral yang sesuai dengan kondisi yang baru, yang dikenal sebagai alterasi (ubahan) hidrotermal. (Pirajno, 2008)

Kumpulan mineral yang terbentuk sebagai hasil dari alterasi hidrotermal dipengaruhi oleh lima faktor, yaitu: temperatur, tekanan, komposisi batuan induk, komposisi fluida dan rasio fluida batuan. (Robb, 2005) Meskipun lima faktor tersebut saling terkait, namun temperatur dan sifat kimia fluida, dalam hal ini adalah pH merupakan faktor yang paling berpengaruh pada alterasi hidrotermal. Hal ini disebabkan mineral-mineral di dalam batuan yang terkena fluida hidrotermal cenderung berubah menjadi mineral baru yang lebih sesuai dengan kondisi pH dan temperaturnya (Corbett, 1997). Suatu daerah yang

memperlihatkan penyebaran kesamaan kumpulan mineral alterasi disebut sebagai zona alterasi (Artadana, 2011)

(Misra 1999) membagi beberapa zona alterasi yang dibedakan berdasarkan kumpulan mineral, temperatur dan pH larutan hidrotermal seperti yang terlihat pada tabel 2.1

**Tabel II.1** Klasifikasi zona alterasi hidrotermal.

<b>Tipe alterasi</b>	<b>Karakteristik</b>	<b>Tipe kumpulan mineral</b>
Potasik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Temperatur tinggi.</li> <li>- pH netral.</li> <li>- Kandungan Ca dan H tinggi.</li> </ul>	Kuarsa, K-Feldspar, klorit, biotit, serisit.
Propilitik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Temperatur rendah.</li> <li>- pH netral.</li> <li>- Kandungan Ca dan H sedang menuju tinggi.</li> </ul>	Klorit, epidot, kalsit.
Pilik (seritik)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Temperatur tinggi.</li> <li>- pH netral.</li> <li>- Kandungan Ca dan H tinggi.</li> </ul>	Kuarsa, pirit, klorit, kaolinit, serisit.
Argilitik sedang	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Temperatur rendah.</li> <li>- pH asam.</li> <li>- Kandungan Ca dan H rendah.</li> </ul>	Kuarsa, mineral-mineral lempung, klorit, biotit, serisit.
Argilitik lanjut	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Temperatur tinggi.</li> <li>- pH asam.</li> <li>- Kandungan Ca dan H rendah.</li> </ul>	Kuarsa kaolinit, serisit, mineral-mineral silikat.

Sumber : Misra, 1999

Mineralisasi merupakan proses masuknya mineral ke dalam batuan yang kemudian membentuk bijih (*ore*) dan mineral penyertanya (*gangue*) sehingga terbentuk endapan mineral. Endapan mineral merupakan akumulasi atau konsentrasi dari satu atau beberapa material yang berguna, baik berupa logam

maupun non logam yang terdapat di dalam kerak bumi bagian luar. (Prihatini, 2011)

Secara umum, proses mineralisasi dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

- a. Larutan hidrotermal yang berfungsi sebagai larutan pembawa mineral.
- b. Zona lemah yang berfungsi sebagai saluran untuk lewat larutan hidrotermal.
- c. Tersedianya ruang untuk pengendapan larutan hidrotermal.
- d. Terjadinya reaksi kimia dari batuan induk dengan larutan hidrotermal yang memungkinkan terjadinya pengendapan mineral bijih (*ore*).
- e. Adanya konsentrasi larutan yang cukup tinggi untuk mengendapkan mineral bijih (*ore*).

Pada umumnya sistem hidrotermal berasosiasi dengan intrusi batuan beku (Pirajno, 2008). Berdasarkan hubungan temperatur, tekanan, dan kondisi geologi yang tercermin dari mineral-mineral yang terbentuk, membagi endapan hidrotermal dibagi menjadi tiga kelompok. (Misra, 1999) yaitu:

1. Endapan hipotermal, yaitu endapan yang terbentuk pada daerah dekat intrusi dengan temperatur berkisar antara 500-600°C dan tekanan sangat tinggi.
2. Endapan mesotermal, yaitu endapan yang terbentuk pada jarak tertentu dari intrusi dengan temperatur berkisar antara 200-500°C dan tekanan tinggi.

3. Endapan epitermal, yaitu endapan yang terbentuk jauh dari intrusi dengan temperatur berkisar antara 50-200°C dan tekanan sedang atau medium.

Endapan epitermal dibedakan menjadi dua, yaitu: endapan epitermal sulfida rendah dan sulfida tinggi. Keduanya dibedakan berdasarkan atas mineralogi bijih dan mineral ikutan (*gangue*) serta jenis fluida hidrotermal yang berinteraksi dengan batuan induk. (Hedenquist, 1995)

**Tabel II.2** Perbedaan endapan epitermal sulfida rendah dan sulfida tinggi.

<b>Karakteristik</b>	<b>Sulfida rendah</b>	<b>Sulfida tinggi</b>
Fluida hidrotermal	- Didominasi air meteorik - pH mendekati netral - Kondisi reduksi	- Didominasi air magmatic - pH asam - Kondisi oksidasi
Mineral ubahan	Kuarsa, kalsit, illit, kalsedon, adularia, karbonat.	Kuarsa, alunite, kaolinit, pirofilit, diaspor.
Mineral bijih	Pirit, sfalerit, galena, emas	Pirit, kalkopirit
Unsur logam	Au, Ag, Pb, Zn, Cu, As, Te, Hg, Sb	Au, Cu, As, Te

Sumber : Hedenquist, 1995

#### **II.4. Konsep Teori Magnetik**

Metode magnetik adalah salah satu metode geofisika untuk mengukur variasi medan magnetik di permukaan bumi yang disebabkan oleh adanya variasi distribusi benda termagnetisasi di bawah permukaan bumi. Variasi intensitas medan magnetik yang terukur kemudian ditafsirkan dalam bentuk distribusi bahan



magnetik di bawah permukaan, yang kemudian dijadikan dasar bagi pendugaan keadaan geologi yang dalam aplikasi metode magnetik mempertimbangkan variasi arah dan besar vektor magnetisasi. Pengukuran intensitas medan magnetik bisa dilakukan melalui darat, laut dan udara. Metode magnetik sering digunakan dalam eksplorasi pendahuluan minyak bumi, panas bumi, dan batuan mineral serta bisa diterapkan pada pencarian prospeksi benda - benda arkeologi. (Fristy, 2012)

#### II.4.1 Gaya dan Kuat Medan Magnet

Gaya magnet yang ditimbulkan oleh dua kutub yang terpisah dengan jarak  $r$  dan muatannya masing-masing  $m_1$  dan  $m_2$  diberikan oleh (Telford and Sheriff, 1990):

$$\vec{F} = \frac{1}{\mu} \frac{m_1 m_2}{r^2} \hat{r} \dots \dots \dots (2.1)$$

Di mana:

$\mu$  = permeabilitas magnetik yang menunjukkan sifat suatu medium ( $N/A^2$ )

$\vec{F}$  = gaya magnetik (N)

$\hat{r}$  = vektor satuan berarah dari  $m_1$  dan  $m_2$

$m$  = muatan kutub magnetik (A.m)

Kuat medan magnet didefinisikan sebagai gaya per kutub, yaitu:

$$\vec{H} = \frac{\vec{F}}{m_2} = \frac{1}{\mu} \frac{m_1}{r^2} \hat{r} \dots \dots \dots (2.2)$$

$m_1$  dianggap sebagai kutub instrumen pengukuran yang digunakan sedangkan  $m_2$  kutub magnet yang diukur.

Bila terdapat dua kutub magnet yang berlawanan dua kutub +m dan -m terpisah sejauh  $2l$ . Momen magnet dipole didefinisikan sebagai berikut (Telford dan sheriff, 1990):

$$\vec{M} = 2lm\hat{f} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dengan  $\vec{M}$  adalah sebuah vektor dalam arah vektor unit  $\hat{f}$  berarah dari kutub negatif ke kutub positif.

#### II.4.2 Induksi Magnet

Bila benda magnetik diletakkan dalam medan magnet luar  $\vec{H}$ , kutub-kutub internalnya akan menyearahkan diri dengan  $\vec{M}$  dan terbentuk suatu medan magnet baru, yaitu:

$$\vec{H}' = 4\pi \vec{M} \dots\dots\dots (2.4)$$

Medan magnet totalnya disebut dengan induksi magnet  $\vec{B}$  dan dituliskan sebagai:

$$\vec{B} = \vec{H} + \vec{H}' \dots\dots\dots (2.5)$$

Dengan, B adalah induksi magnet (Tesla)

Dalam kemagnetan dikenal suatu sifat dasar yaitu kerentanan magnet (suseptibilitas magnet,  $k$ ) dalam ruang hampa  $k = 0$ . Magnitudo suatu medan magnet bergantung pada kerentanan medan magnet tersebut.

Intensitas magnetisasinya dapat ditulis sebagai berikut (Telford and Sheriff, 1990):

$$\vec{M} = k\vec{H} \dots\dots\dots (2.6)$$

jadi, kerentanan magnet adalah suatu ukuran besar kecilnya suatu intensitas magnet. Suatu benda yang mudah terimbas oleh medan magnet luar memiliki suseptibilitas magnet tinggi (Abdullah, dkk 2014)

Persamaan (2.6) jika digabungkan dengan persamaan (2.4) dan (2.5) akan menghasilkan persamaan:

$$\vec{B} = (1 + 4\pi k) \vec{H} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dengan  $1 + 4\pi k$  sama dengan permeabilitas magnetik ( $\mu$ ) yang juga merupakan perbandingan antara  $\vec{B}$  dan  $\vec{H}$ . Atau ditulis sebagai persamaan :

$$\vec{B} = \mu \vec{H} \dots\dots\dots (2.8)$$

**II.4.3 Suseptibilitas Kemagnetan**

Metode magnetik dalam aplikasi Geofisika akan tergantung pada pengukuran yang akurat dari anomali medan geomagnet lokal yang dihasilkan oleh variasi intensitas magnetisasi dlm formasi batuan. Intensitas Magnetik pada batuan sebagian disebabkan oleh induksi dari magnet bumi dan yang lain oleh adanya magnetisasi permanen. Intensitas dari induksi geomagnet akan bergantung pada suseptibilitas magnetik batuanya dan gaya magnetnya, serta intensitas permanennya pada sejarah geologi batu tersebut. Intensitas magnetik dalam suatu

material tergantung pada medan eksternal ( $\vec{H}$ ) dan suseptibilitas magnetik ( $k$ ) batuan atau mineral tersebut. Nilai suseptibilitas magnetik dalam ruang hampa sama dengan nol karena hanya benda yang berwujud saja yang dapat termagnetisasi. Suseptibilitas magnetik bisa diartikan sebagai derajat kemagnetan suatu material. (Telford and Sheriff, 1990) Nilai suseptibilitas batuan dapat dilihat pada tabel II.3 nilai suseptibilitas batuan dan mineral dibawah ini :

**Tabel II.3** Suseptibilitas magnet dari macam-macam batuan dan mineral.

Type	Susceptibility x 10 <sup>9</sup> Wb/Am	
	Range	Average
Sedimentary		
Dolomite	0 – 0.9	0.1
Limestone	0 – 3	0.3
Sandstone	0 – 20	0.4
Shales	0.01 – 15	0.6
Av. 48 Sedimentary	0 – 18	0.9
Metamorphic		
Amphibolite		0.7
Schist	0.3 – 3	1.4
Phyllite		1.5
Gneiss	0.1 – 25	
Quartzite		4
Serpentine	3 – 17	
Slate	0 – 35	6
Av. 61 metamorphic	0 – 70	4.2
Igneous		
Granite	0 -50	2.5
Rhyolite	0.2 – 35	
Dolorite	1 – 35	17
Augite- Syenite	30 -40	
Olivine-diabase		25
Diabase	1 -160	55
Porphyry	0.3 – 200	60
Gabbro	1 – 90	70
Basalts	0.2 – 175	70
Diorite	0.6 -120	85
Pyroxenite		125
Peridotite	90 – 200	150

Andesite		160
Av. Acidic Igneous	0 – 80	8
Av. Basic Igneous	0.5 – 97	25
Minerals		
Graphite		0.1
Quartz		-0.01
Rock Salt		-0.01
Anhydrite, Gypsum		-0.01
Calcite	(-0.001) – (-0.01)	
Coal		0.02
Clays		0.2
Chalcopyrite		0.4
Sphalerite		0.7
Cassiterite		0.9
Siderite	1 – 4	
Pyrite	0.05 – 5	1.5
Limonite		2.5
Arsenopyrite		3
Hematite	0.5 – 35	6.5
Chromite	3 – 110	7
Franklinite		430
Pyrrhotite	1 – 6000	1500
Ilmenite	300 – 3500	1800
Magnetite	1200 – 19200	6000

Sumber : Telford and sheriff 1990.

Berdasarkan nilai suseptibilitas magnetik, material dibedakan menjadi :

1. *Diamagnetik*, yaitu suatu zat yang suseptibilitas magnetik bernilai negatif, sehingga intensitas magnetisasi yang diinduksikan dalam zat oleh medan magnet bumi berlawanan arah. Pada dasarnya, semua zat merupakan diamagnetik karena gerak elektron dalam zat yang bernilai negatif bila diletakkan dalam medan magnetik luar H akan bergerak berlawanan arah dengan H. Namun demikian, gejala diamagnetik timbul jika momen magnetik total seluruh atom sama dengan nol pada saat medan magnetik luar sama dengan nol.

Gejala ini dapat diamati pada atom-atom yang memiliki kulit-kulit elektron terisi penuh.

Contoh: graphite, gypsum, marmer, kwartz, marbel dan garam.

2. *Paramagnetik*, yaitu zat yang suseptibilitas magnetiknya bernilai positif.

Dalam zat ini setiap atom memiliki momen magnetik yang tidak sama dengan nol walau berada dalam medan magnetik luar yang bernilai nol. Dalam kondisi normal (tidak ada medan magnetik luar), momen-momen magnetik pada zat ini terdistribusi secara acak. Namun pada saat diberikan medan magnetik luar, momen-momen magnetik ini cenderung menyejajarkan diri searah dengan medan magnetik tersebut. Suseptibilitas magnetik zat paramagnetik menurun terhadap temperatur. Hampir seluruh batuan adalah paramagnetik, seperti gneiss, pegmatite, dolomite dan syenite.

3. *Feromagnetik*, yaitu suatu zat di mana atom-atomnya mempunyai momen magnetik tidak sama dengan nol dan interaksi magnetik antara sebuah atom

dengan atom-atom di sekitarnya sangat kuat. Hal ini menyebabkan terjadi penyearahan momen seluruh atom dalam arah yang sama meski tidak diberi medan magnetik luar. Pada jenis magnet ini, sebagian besar elektron tidak memiliki pasangan sehingga sangat mudah terinduksi medan magnet dari luar serta memiliki sifat suseptibilitas magnetik yang besar. Apabila diberi pengaruh medan magnet dari luar, maka hasil *spin* magnetiknya cenderung mengikuti arah medan magnet pengaruh dari luar, dan arah medan magnet cenderung tidak akan kembali ke keadaan awal. Berdasarkan pengamatan, batuan dan mineral feromagnetik yang sesungguhnya tidak ada di alam.

Namun demikian, gejala feromagnetik banyak dijumpai pada besi (Fe), kobalt (Co) dan nikel (Ni) yang sebenarnya zat paramagnetik.

4. *Antiferomagnetik*, yaitu zat yang mempunyai nilai suseptibilitas magnetik rendah seperti paramagnetik, tetapi nilainya naik dengan meningkatnya temperatur hingga temperatur tertentu, kemudian menurun menurut hukum Curie-Weiss. Dalam zat ini, nilai suseptibilitas magnetik yang rendah dapat dijelaskan dengan mengambil asumsi sebuah bentuk yang teratur dari atom-atom sehingga momen magnetik atom-atom sekitarnya sama, tetapi arahnya parallel dan anti parallel satu terhadap lainnya.
5. *Feromagnetik*, yaitu zat yang memiliki suseptibilitas magnetik yang besar dan variasinya terhadap temperatur sangat kompleks. Domain magnetik dalam zat ini terbagi dalam daerah-daerah yang parallel dan anti parallel seperti zat antiferomagnetik, tetapi momen magnetik atom-atomnya tidak sama. Dengan demikian, momen magnetik atom-atom dalam zat tidak nol pada saat medan magnetik luar sama dengan nol.

## **II.5 Magnet Permanen**

Magnet permanen secara umum dibagi menjadi 5 jenis, diantaranya:

- 1). *Thermo Remanent (TRM)*

Dalam pendinginan dari temperature tinggi. Orientasinya merefleksikan orientasi magnet bumi pada waktu dan tempat formasi itu terbentuk. TRM akan hilang jika dipanaskan  $> 600^{\circ}\text{C}$  (temperatur Curie)

## 2). *Detritical Remanent* (DRM)

Diperoleh dengan sedimen sebagai tempat/pilihan untuk pembentukan butir – butir magnetik di dalam air dalam pengaruh medan bumi. Clay adalah Bentuk sedimen utama yang menunjukkan jenis remanen ini.

## 3). *Chemical Remanent* (CRM)

Selama pertumbuhan atau rekristalisasi butir – butir magnetik pada temperatur moderate di bawah temperatur curie. Proses ini cukup signifikan dalam batuan sedimen dan metamorf.

## 4). *Isothermal Magnetization* (IRM)

Pada temperatur konstan, gaya magnetisasi bekerja dalam waktu yang singkat.

## 5). *Viscous Remanent* (VRM).

Sebagai efek kumulatif setelah terbebas lama dalam sebuah medan. Pembentukan magnet remanentnya merupakan fungsi logaritmik terhadap waktu, jadi prosesnya butuh waktu lama. Proses ini lebih merupakan sifat dari batuan berbutir halus dari pada berbutir kasar.

## **II.6 Medan Magnetik Bumi**

Medan magnet bumi secara sederhana dapat digambarkan sebagai medan magnet yang ditimbulkan oleh batang magnet raksasa yang terletak di dalam inti bumi. Medan magnet bumi dapat diukur besarnya dan arahnya, oleh karena itu, medan magnet bumi adalah suatu vektor.



(William Gilbert Untung, 2001) menganggap bahwa bumi adalah sebuah magnet yang diketahui adanya inklinasi (I), deklinasi (D), medan magnet tegak ( $Z_e$ ), medan magnet datar ( $H_e$ ) dan medan magnet total ( $F_e$ ).  $X_e$  dan  $Y_e$  adalah komponen dari  $H_e$ . Medan magnet tersebut disebut unsur magnet (*magnetic element*).

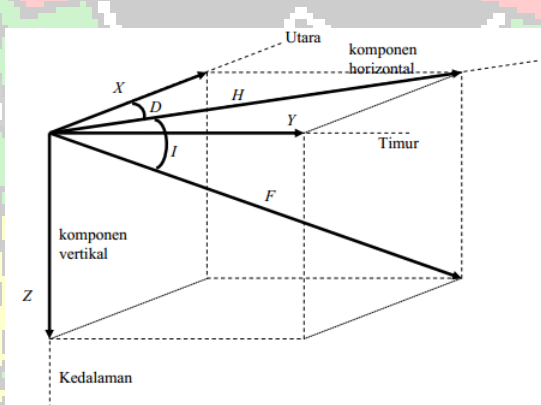
$$F_e^2 = H_e^2 + Z_e^2 = X_e^2 + Y_e^2 + Z_e^2 \dots \dots \dots (2.9)$$

$$H_e = F_e \cos I \qquad Z_e = F_e \sin I$$

$$X_e = H_e \cos D \qquad Y_e = H_e \sin D$$

$$\tan D = Y_e/X_e \qquad \tan I = Z_e/H_e$$

$$F_e = F_{efi} = F_e (\cos D \cos I_i + \sin D \cos I_j + \sin I_k) \dots \dots \dots (2.10)$$



**Gambar II.1** Elemen- elemen medan magnet bumi. (Singarimbun, 2011)

### II.6.1 Variasi Waktu

Intensitas medan magnetik yang terukur di atas permukaan bumi selalu mengalami perubahan setiap waktu. Peristiwa ini terjadi pada waktu yang relatif singkat ataupun lama. Faktor penyebab perubahan medan magnetik bumi antara lain:

### 1). Variasi harian

Merupakan perubahan medan magnetik bumi yang sebagian besar bersumber dari medan magnetik luar. Medan magnetik luar dapat berasal dari perputaran arus listrik di dalam lapisan ionosfer yang bersumber dari partikel-partikel terionisasi oleh radiasi matahari sehingga menghasilkan fluktuasi arus yang dapat menjadi sumber medan magnetik.

### 2). Badai magnetik

Merupakan gangguan medan magnetik yang bersifat sementara. Faktor penyebabnya hampir sama dengan variasi harian, hanya saja diasosiasikan dengan aurora. Periode terjadinya badai magnetik berhubungan dengan aktivitas bintik hitam matahari (*sunspot*) (Telford and Sheriff, 1990). Badai magnetik dapat terjadi beberapa hari sehingga pengambilan data magnetik tidak dapat dilakukan selama badai magnetik berlangsung karena akan mengacaukan data pengamatan.

### 3). Variasi sekuler

Merupakan variasi medan magnetik bumi yang bersumber dari medan magnetik utama bumi, sebagai akibat dari perubahan posisi kutub magnetik bumi. Kutub magnetik selalu mengalami perubahan secara periodik meskipun dalam waktu yang relative lama. Perubahan posisi kutub ini diperkirakan berasal dari proses di dalam bumi yang berhubungan dengan perubahan arus konveksi di dalam inti, perubahan coupling inti-mantel, perubahan laju perputaran bumi dan sebagainya. Pengaruh variasi sekuler telah diantisipasi dengan cara memperbaharui dan menetapkan nilai intensitas medan magnetik utama bumi setiap lima tahun sekali.

Nilai ketetapan ini dikenal dengan nama *International Geomagnetic Reference Field* (IGRF).

## II.7 Koreksi Data Magnetik

Untuk memperoleh nilai anomali medan magnetik yang diinginkan, maka dilakukan koreksi terhadap data medan magnetik total hasil pengukuran pada setiap titik lokasi atau stasiun pengukuran, yang mencakup koreksi harian, IGRF .

### 1). Koreksi 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. Apabila nilai variasi harian negatif, maka koreksi harian dilakukan dengan cara menambahkan nilai variasi harian yang terekam pada waktu tertentu terhadap data medan magnetik yang akan dikoreksi. Sebaliknya apabila variasi harian bernilai positif, maka koreksinya dilakukan dengan cara mengurangi nilai variasi harian yang terekam pada waktu tertentu terhadap data medan magnetik yang akan dikoreksi, dapat dituliskan dalam persamaan :

$$\Delta H = H_{total} \pm \Delta H_{harian} \dots \dots \dots (2.11)$$

Dimana  $\Delta H$  = Perubahan medan magnetik

### 2). Koreksi *International Geomagnetic Reference Field* (IGRF)

Data hasil pengukuran medan magnetik pada dasarnya adalah kontribusi dari tiga komponen dasar, yaitu medan magnetik utama bumi, medan magnetik luar dan medan anomali. Nilai medan magnetik utama tidak lain adalah nilai IGRF. Jika

nilai medan magnetik utama dihilangkan dengan koreksi harian, maka kontribusi medan magnetik utama dihilangkan dengan koreksi 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.

Persamaan koreksinya (setelah dikoreksi harian) dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\Delta H = H_{total} \pm \Delta H_{harian} \pm H_0 \dots \dots \dots (2.12)$$

Dimana  $H_0 = \text{IGRF}$

### II.8 Pengangkatan ke Atas

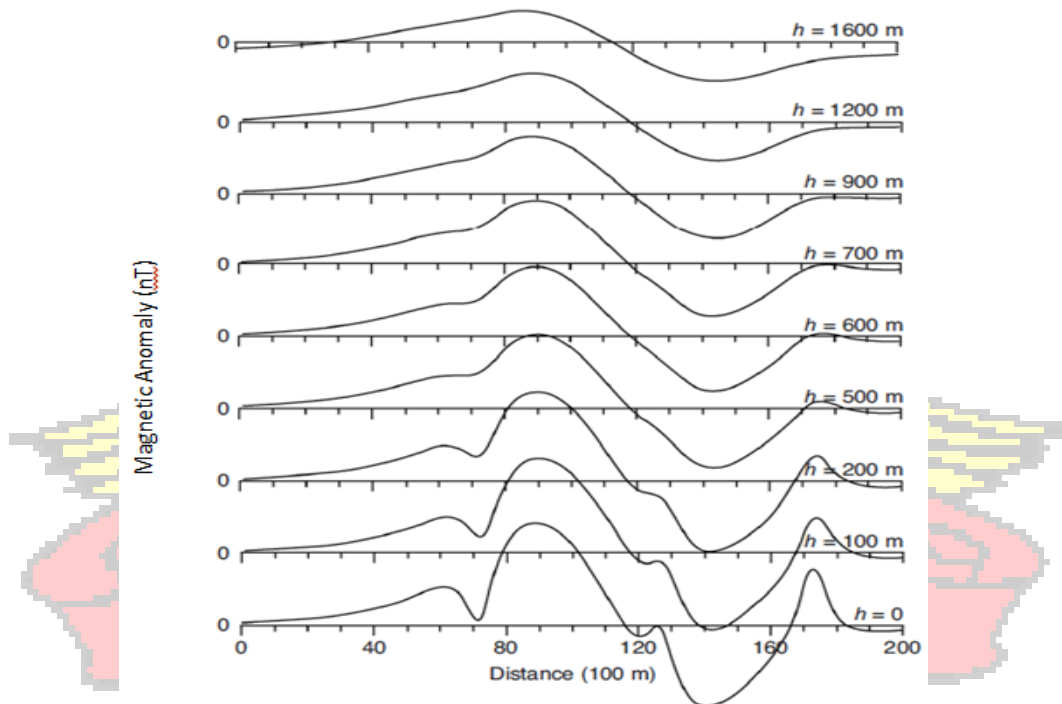
Kontinuitas ke atas dilakukan dengan mentransformasikan medan potensial yang diukur di permukaan tertentu ke medan potensial pada permukaan lainnya yang jauh dari sumber. Transformasi ini memperlemah anomali-anomali sebagai fungsi panjang gelombang.

Konsep dasar kontinuitas ke atas berasal dari identitas ketiga teorema Green. Teorema ini menjelaskan bahwa apabila suatu fungsi adalah harmonik, kontinyu, dan mempunyai turunan yang kontinyu di sepanjang daerah  $R$ , maka nilai pada suatu titik  $P$  di dalam daerah  $R$  dapat dinyatakan dengan persamaan 2.13:

$$H(P) = \frac{1}{4\pi} \int_S \left( \frac{1}{r} \frac{\partial H}{\partial n} - H \frac{\partial}{\partial n} \frac{1}{r} \right) dS \dots \dots \dots (2.13)$$

dengan  $S$  menunjukkan permukaan daerah  $R$ ,  $n$  menunjukkan arah normal ke luar, dan  $r$  adalah jarak dari titik  $P$  ke suatu titik pada permukaan  $S$ . Persamaan (2.14) menjelaskan prinsip dasar dari kontinuitas ke atas, yaitu bahwa suatu medan

potensial dapat dihitung pada setiap titik di dalam suatu daerah berdasarkan sifat medan pada permukaan yang melingkupi daerah tersebut. (Yudianto, dkk 2014)



**Gambar II.2** Transformasi medan potensial oleh *upward continuation*.

### II.9 Reduksi ke Kutub

Filter reduksi ke kutub merupakan satu dari beberapa filter yang digunakan dalam proses interpretasi data magnetik. Pada dasarnya reduksi ke kutub mencoba mentransformasikan medan magnet di suatu tempat menjadi medan magnet di kutub utara magnetik. Filter reduksi ke kutub mengasumsikan bahwa pada seluruh lokasi pengambilan data nilai medan magnet bumi terutama inklinasi dan deklinasi memiliki nilai dan arah yang konstan (Cooper dan Cowan, 2005).

Filter reduksi ke kutub memiliki operator sebagai berikut:

$$T_{at-pole} = \mu T(0) + I \dots \dots \dots (2.14)$$

Di mana,

$$I = \frac{1}{2\pi} \iint T(\varphi, \omega) \Omega_3 \frac{\partial \varphi}{\partial \omega} d\omega \dots\dots\dots (2.15)$$

$$\Omega_3(\omega) = \gamma_0 + 2\gamma_1 \cos \omega + \dots + 2\gamma_k \cos \omega \dots\dots\dots (2.16)$$

Keterangan:

- $\varphi, \omega$  = koordinat polar suatu titik
- $T(\varphi, \omega)$  = harga medan total pada suatu titik M
- $T(0)$  = harga medan total pada titik 0
- $I$  = rata - rata pada wilayah pengukuran

Asumsi ini hanya berlaku pada daerah penelitian yang relatif sempit. Apabila luas daerah penelitian sangat luas melibatkan nilai lintang dan bujur yang bervariasi, nilai medan magnet utama bumi juga berubah secara bertahap mengikuti perubahan lintang dan bujur.

### II.10 *Forward Modelling*

Pemodelan ke depan adalah pembuatan model melalui pendekatan berdasarkan intuisi geologi, berdasarkan medan magnet pengamatan, medan magnet bumi (*International Geomagnetic Reference Field*), medan magnet harian dapat dilakukan interpretasi (analisis) berupa pemodelan bawah permukaan. Dalam interpretasi geofisika dicari suatu model yang menghasilkan respon yang cocok dengan data data pengamatan. Dengan demikian, model tersebut dianggap mewakili kondisi bawah permukaan.

Pemodelan ke depan (*forward modeling*) data magnetik dilakukan dengan membuat benda anomali dengan geometri dan harga kemagnetan tertentu. Untuk

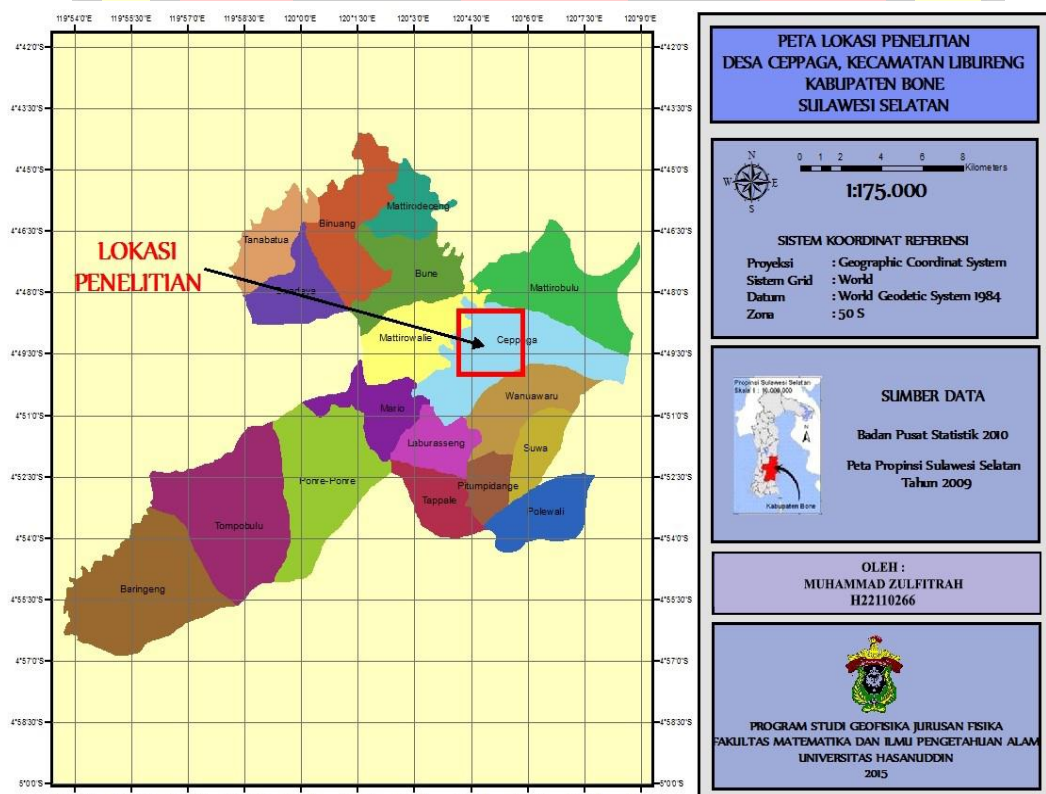
memperoleh data kesesuaian antara data teoritis (respon model) dengan data lapangan dapat dilakukan dengan proses coba-coba (*trial and error*) dengan mengubah harga parameter model.



### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

#### III.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di desa Ceppaga kecamatan Libureng kabupaten Bone, Sulawesi Selatan. Secara administrasi kecamatan Libureng berbatasan dengan Kecamatan Lappa Riaja dan Ponre disebelah Utara, kecamatan Patimpeng di sebelah Timur, kecamatan Kahu dan kecamatan Bonto Cani, dan kabupaten Maros di sebelah Barat.



Gambar III.1 Peta lokasi penelitian



### **III.2 Alat dan Bahan**

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. 1 set Magnetometer (Geotron G5 Magnetometer)
2. 1 buah GPS
3. Kompas
4. Meteran
5. Patok penanda stasiun,
6. Alat tulis-menulis
7. Laptop

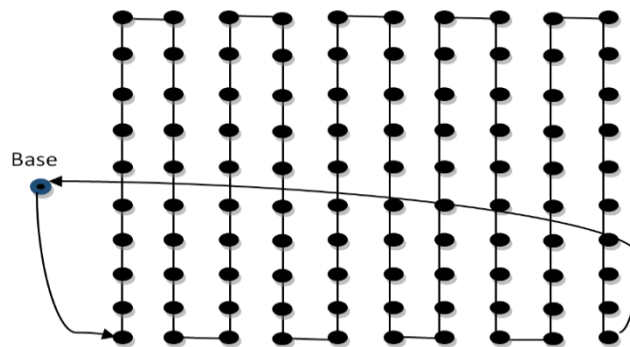
### **III.3 Prosedur Penelitian**

#### **III.3.1 Persiapan**

1. Studi literatur.
2. Perencanaan dan persiapan akuisisi.
3. Peninjauan lokasi penelitian

#### **III.3.2 Akuisisi data**

Metode akuisisi yang digunakan adalah *looping*, dimana pengukuran hanya menggunakan satu alat magnetometer. Pengukuran dilakukan dari titik base dan dilanjutkan ke titik pengukuran yang telah ditentukan sebelumnya. Pengukuran kembali ke base dilakukan setiap 1 jam sekali. Hal ini dilakukan untuk memperoleh data anomali harian dari lokasi penelitian, yang akan digunakan pada pengolahan data tahap koreksi harian.



**Gambar III.2** Ilustrasi model lintasan pengukuran geomagnet

Pada saat pengambilan data, waktu terjadinya badai magnetik harus diperhatikan untuk menghindari pembacaan yang salah pada alat akibat adanya badai magnetik. Benda-benda seperti besi dan sebagainya yang memiliki nilai magnetisasi yang tinggi harus dihindari pada saat pengukuran, serta memperhatikan keadaan topografi di daerah penelitian.

### **III.3.3 Mengunduh Data**

Data hasil pengukuran yang tersimpan pada alat magnetometer dapat diunduh dengan menghubungkan magnetometer dengan komputer menggunakan kabel data. Pengunduhan data menggunakan perangkat lunak *G5 Dump* yang merupakan perangkat lunak bawaan alat *Geotron G5 Magnetometer*. Data yang diunduh akan tersimpan dalam format *.DAT*.

### **III.4 Pengolahan Data**

#### **III.4.1 Pengimputan Data**

Data yang telah diunduh kemudian dipindahkan ke *M.s Excel*.

### III.4 .2 Koreksi Data Geomagnet

Data yang telah diunduh selanjutnya dikoreksi terlebih dahulu, Terdapat 2 macam koreksi yang digunakan, yakni koreksi harian (Persamaan 2.11) dan koreksi IGRF (Persamaan 2.12) Koreksi harian dilakukan dengan mengurangi nilai magnetik total yang terukur dari lapangan dengan variasi harian yang diperoleh dari pengukuran di *base*, selanjutnya hasil dari koreksi harian dikurangkan dengan nilai IGRF untuk memperoleh nilai anomali magnetik.

### III.4.3 Pembuatan Peta Kontur (*mapping*)

Berdasarkan hasil pengolahan data yang diperoleh, dibuat peta anomali medan magnet menggunakan perangkat lunak *surfer 10* yang menunjukkan hubungan antara posisi pengukuran dan nilai anomali medan magnet total. Dimana nilai koordinat lintang pada sumbu x, koordinat bujur pada sumbu y dan nilai anomali magnetik pada sumbu z. Pada peta anomali tersebut nantinya terdapat pasangan kontur anomali dan medan magnet yang terlihat masih dipengaruhi oleh pengaruh lokal.

### III.4.4 Filtering

Setelah melakukan proses *mapping*, dilakukan *filtering* pada peta kontur anomali magnetik. Hal ini dilakukan untuk memperhalus profil anomali magnetik yang diperoleh juga untuk menghilangkan efek efek yang tidak diinginkan. *Filter* yang dipakai adalah pengangkatan ke atas.

### **III.4.5 Pemodelan**

Setelah peta kontur anomali magnetik di-*filter*, selanjutnya peta kontur anomali magnetik di-*slice*. Hasil dari *slice* adalah data berupa anomali magnetik dan jarak lintasan pada peta kontur yang telah dibuat, ini merupakan data yang akan dimasukkan kedalam perangkat lunak *Mag2DC*. Setelah model anomali tergambar, maka dapat dilakukan pemodelan struktur bawah permukaan dengan memasukkan nilai, inklinasi, deklinasi, kedalaman lapisan batuan tertentu. Dari pemodelan ini didapatkan nilai suseptibilitas batuan.

### **III.4.6 Forward Modeling**

*Forward modeling* disebut juga pemodelan tidak langsung. Pemodelan ini bertujuan untuk memberi gambaran secara matematik geometri benda penyebab anomali. Pada umumnya berupa suatu poligon yaitu suatu benda dengan sudut banyak.

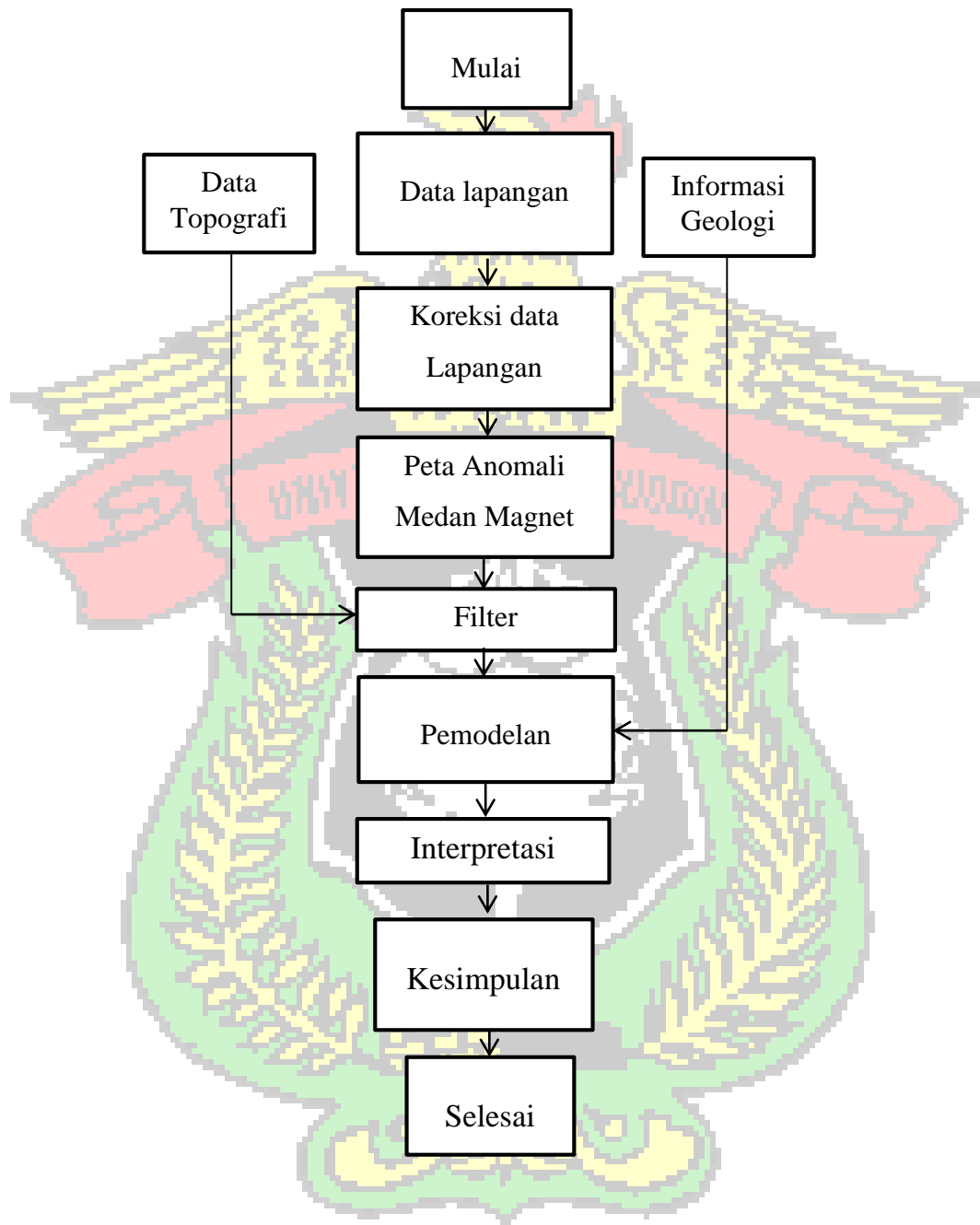
### **III.5 Interpretasi Data**

Secara umum interpretasi data geomagnetik terbagi menjadi dua yaitu interpretasi kualitatif dan kuantitatif. Interpretasi kualitatif didasarkan pada pola kontur anomali medan magnet yang bersumber dari distribusi benda-benda termagnetisasi atau struktur geologi bawah permukaan. 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 sebenarnya.

Interpretasi kuantitatif bertujuan untuk menentukan bentuk dan kedudukan benda anomali atau struktur geologi melalui pemodelan matematis. Untuk melakukan interpretasi kuantitatif, ada beberapa cara dimana cara yang satu tidak sama dengan cara lainnya bergantung pada bentuk anomali yang diperoleh sasaran yang dicapai dan ketelitian hasil pengukuran. Beberapa pemodelan yang biasa digunakan adalah pemodelan dua dimensi atau tiga dimensi.



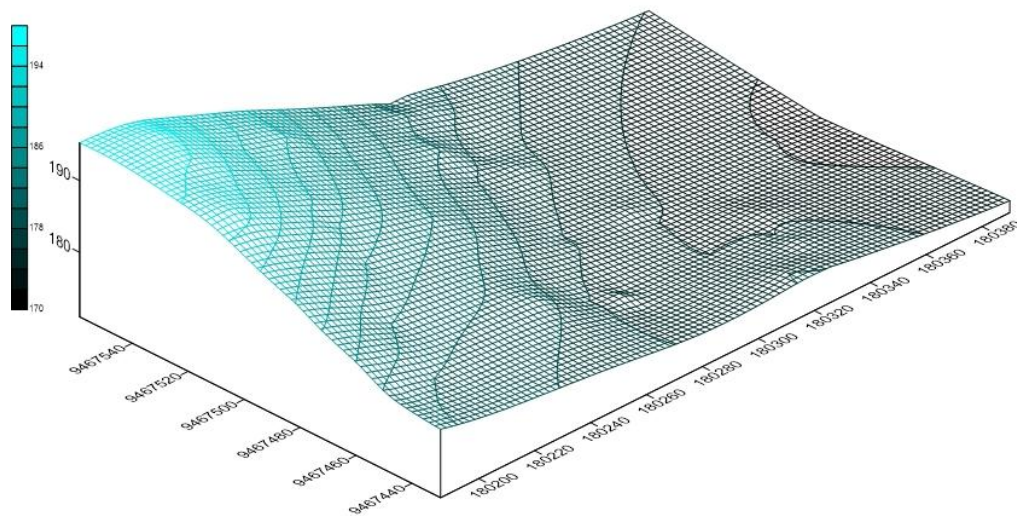
### III.6 Bagan Alir



## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### IV.1 Hasil Penelitian

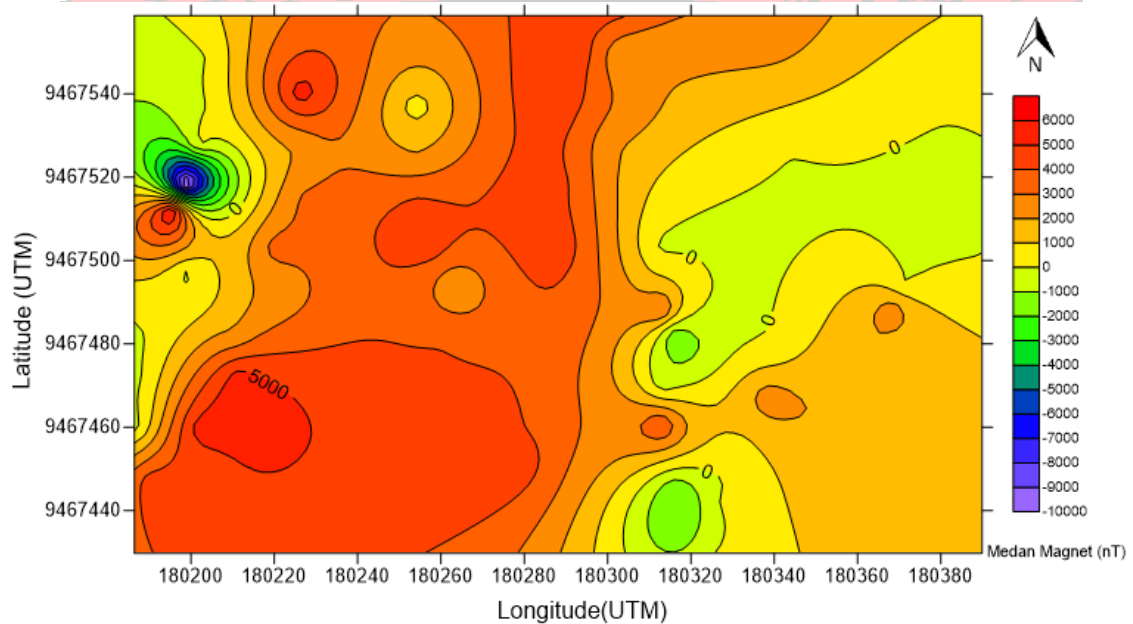
Metode akuisisi yang digunakan adalah metode *looping* di mana pengukuran hanya menggunakan satu alat *magnetometer*. Pengukuran dilakukan dari titik *base* dan dilanjutkan ke titik pengukuran. Pengukuran dilakukan selama satu hari dengan jumlah titik pengukuran sebanyak 65 titik pengukuran di lapangan terdiri dari 6 Lintasan yang panjang masing-masing lintasan 100 m dengan spasi 20 m. Morfologi daerah terdiri dari daerah curam dan landai seperti yang terlihat pada gambar IV.1.



**Gambar IV.1** Morfologi daerah penelitian

Untuk mendapatkan peta kontur penyebaran anomali medan magnet, maka sebelumnya telah dilakukan beberapa koreksi untuk mendapatkan nilai anomali magnet yang sebenarnya tanpa pengaruh dari medan magnet luar. Koreksi tersebut diantaranya koreksi *diurnal change rate*, koreksi harian dan koreksi IGRF.

Koreksi *diurnal change rate* dilakukan untuk menghitung nilai laju perubahan di *base*. Koreksi harian digunakan untuk mengurangi pengaruh harian dari efek gaya magnet oleh matahari. Koreksi IGRF digunakan untuk menghilangkan efek gaya magnet dari internal bumi, berdasarkan IGRF yang disediakan oleh NOAA (*National Oceanic Atmospheric Administration*) *Geophysical data center* diperoleh nilai intensitas magnetik sebesar 42.848,20 nT dengan sudut inklinasi  $-25.7801^\circ$  dan deklinasi  $0,9562^\circ$ . Peta anomali magnet merupakan plot dari hasil anomali medan magnet yang telah terkoreksi dengan posisi *latitude* dan *longitude* menggunakan metode *kringing* sehingga diperoleh peta distribusi anomali medan magnet.



**Gambar IV.2** Peta kontur anomali regional medan magnet daerah penelitian.

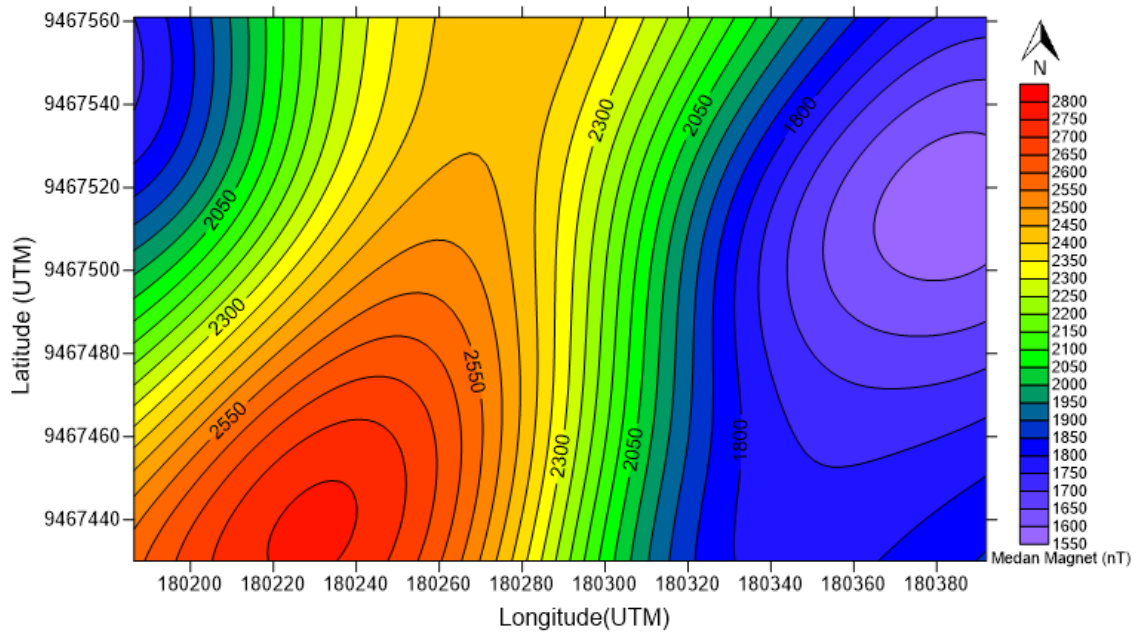
Pada gambar IV.2 memperlihatkan bahwa perbedaan warna tersebut merupakan nilai intensitas magnet yang berkisar antara -1000 nT untuk nilai anomali yang paling rendah sampai 6000 nT untuk nilai anomali yang paling tinggi, dalam hal



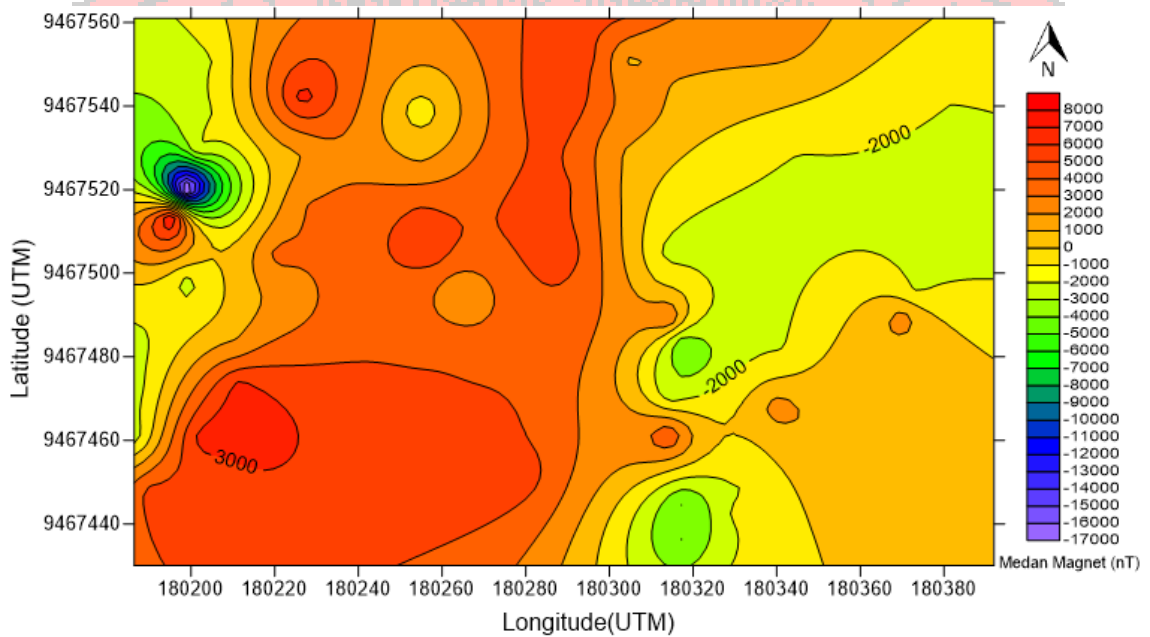
ini dikategorikan, nilai anomali magnet rendah mempunyai nilai antara -1000 nT sampai 0 nT dan anomali magnetik tinggi 0 nT sampai 6000 nT. Perbedaan warna ini disebabkan oleh adanya variasi nilai intensitas magnet yang disebabkan oleh nilai intensitas magnet batuan yang bervariasi di bawah permukaan.

Pada umumnya anomali medan magnet yang terukur pada topografi yang masih terletak pada ketinggian yang tidak teratur. Kemudian dilakukan pengangkatan (kontinuasi). Kontinuasi terdapat dua jenis, yaitu kontinuasi ke atas (*upward*) dan ke bawah (*downward*). Kontinuasi yang dilakukan pada penelitian ini adalah *Upward Continuation*, dimana kontinuasi *upward* ini berfungsi untuk mensmoothing peta anomali dengan cara menaikkan bidang pengamat ke atas dari *body* anomali. Tujuannya adalah untuk mendominankan *body* anomali yang terbaca pada peta anomali magnetik total.

Proses kontinuasi ini tidak boleh menghilangkan *body* anomali yang ada. Karena target dari proses ini adalah untuk menentukan *body* anomali dari peta anomali yang sudah ada. Karenanya proses kontinuasi ini tidak bisa dilakukan sembarangan. Besar ketinggian yang digunakan untuk mengangkat bidang pengamat tidak boleh terlalu besar, karena dapat mengakibatkan hilangnya informasi pada daerah tersebut. Kontinuasi *upward* 50 m dipilih seperti pada gambar **IV.3** karena sudah dianggap cukup memperlihatkan keberadaan *body* anomali magnetik untuk diinterpretasikan, selain itu efek residualnya belum terlalu terhilangkan. Peta kontur anomali di buat dengan bantuan perangkat *Magpick*.



**Gambar IV.3** *Upward Continuation* pada ketinggian 50 m

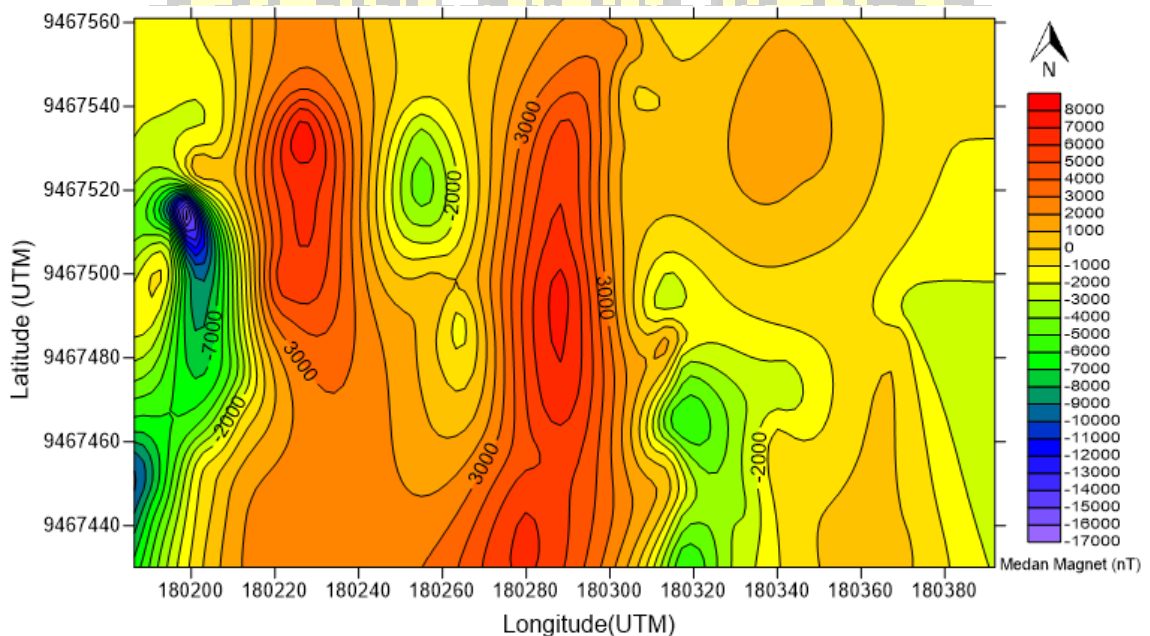


**Gambar IV.4** Peta kontur anomali *residual*

Gambar IV.4 memperlihatkan peta kontur anomali residual yang merupakan peta anomali lokal daerah penelitian. Dimana peta tersebut dapat menjadi acuan untuk menginterpretasikan variasi intensitas medan magnet pada daerah penelitian.

Untuk interpretasi diperlukan anomali lokal saja. Pada peta ini diperlihatkan intensitas magnet berkisar antara -17000 nT sampai 8000 nT.

Variasi warna dari peta kontur anomali lokal menunjukkan bahwa adanya ketidakseragaman material bawah permukaan di daerah penelitian, Selain dilakukan filter *Upward Continuation*, dilakukan pula reduksi ke kutub. proses reduksi ke kutub untuk mendapatkan peta kontur anomali magnetik yang melemahkan pengaruh sudut inklinasi magnetik.

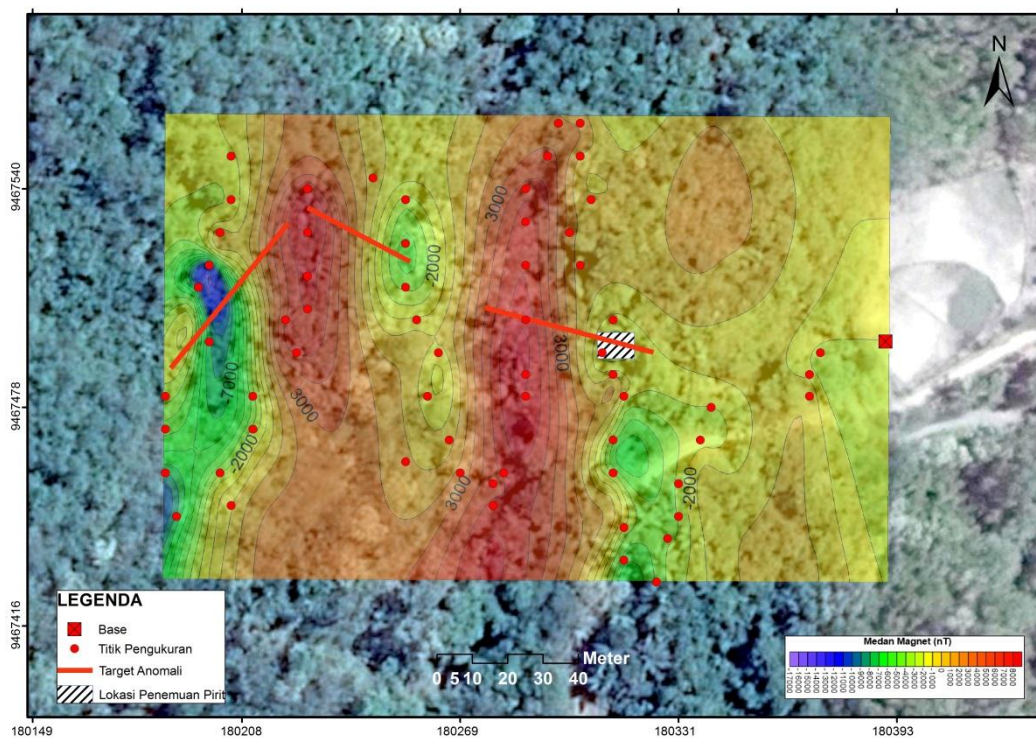


**Gambar IV.5** Peta anomali magnetik setelah direduksi ke kutub.

Pada gambar **IV.5** menunjukkan hasil reduksi ke kutub. Survei geomagnet menghasilkan pola dipol pada data magnetik. Oleh karena itu perlu dilakukan suatu proses transformasi reduksi ke kutub yang dapat mentransformasikan arah kemagnetan tersebut sehingga mempunyai arah vertikal.

## IV.2 Interpretasi Kualitatif

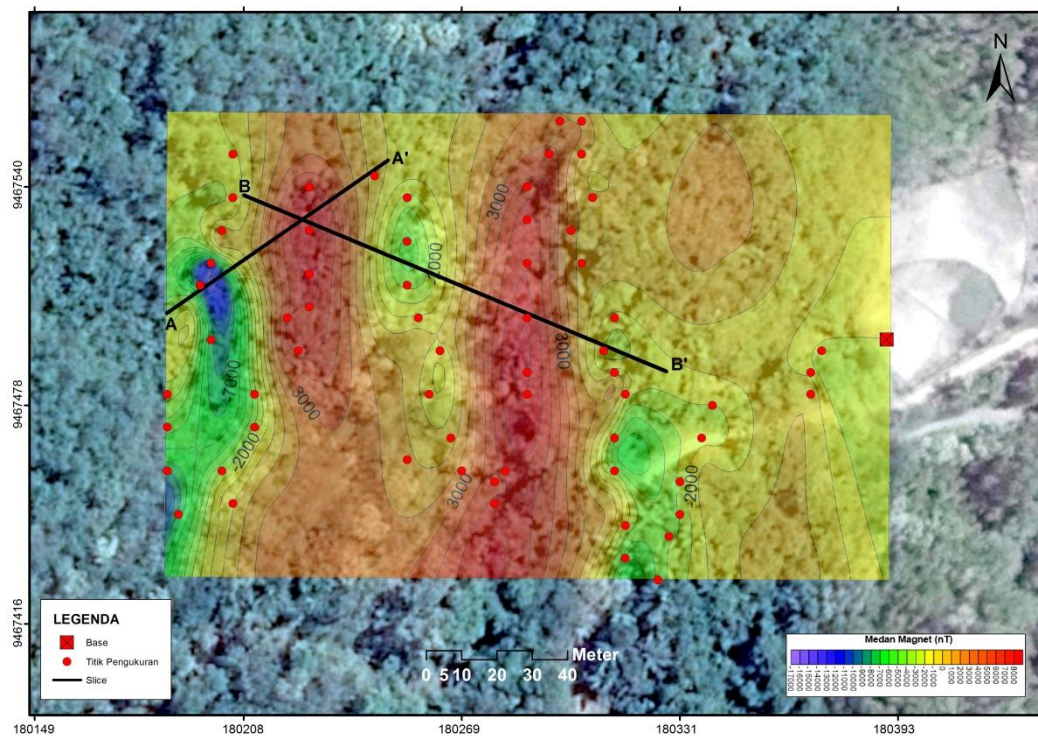
Interpretasi kualitatif dilakukan dengan menganalisa kontur anomali medan residual hasil *upward* 50 m yang telah di reduksi ke kutub. Berdasarkan pola anomali yang dihasilkan seperti terlihat pada gambar IV.5 dapat diperkirakan berdasarkan perbedaan anomali bahwa mineral pirit yang menjadi target penelitian berada didaerah yang ditandai pada gambar IV.6 hal ini juga berdasarkan anomali tinggi dan temuan pada endapan sekunder pirit yang dijumpai di sungai dilokasi penelitian



Gambar IV.6 Peta kontur *residual* dengan target anomali dan lokasi penemuan endapan pirit

### IV.3 Interpretasi Kuantitatif

Interpretasi kualitatif dilakukan berdasarkan hasil penafsiran kuantitatif, sehingga dapat menentukan bagian-bagian penampang medan magnet yang diduga sebagai anomali untuk memodelkan struktur geologi bawah permukaan. Data yang dibutuhkan dalam membuat model adalah data anomali magnetik residual. Hal tersebut dilakukan karena anomali magnetik *residual* merupakan magnetik material yang berada pada permukaan bumi. Data penampang yang dipilih untuk diinterpretasikan sebanyak 2 irisan penampang seperti yang terlihat pada gambar IV.7



Gambar IV.7 Peta anomali residual yang telah dislice (irisian penampang)

Interpretasi kuantitatif dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Mag2DC*. Pemodelan pada *mag2DC* dilakukan dengan mencocokkan antara kurva anomali model dengan kurva anomali observasi. Perubahan parameter tersebut mengacu

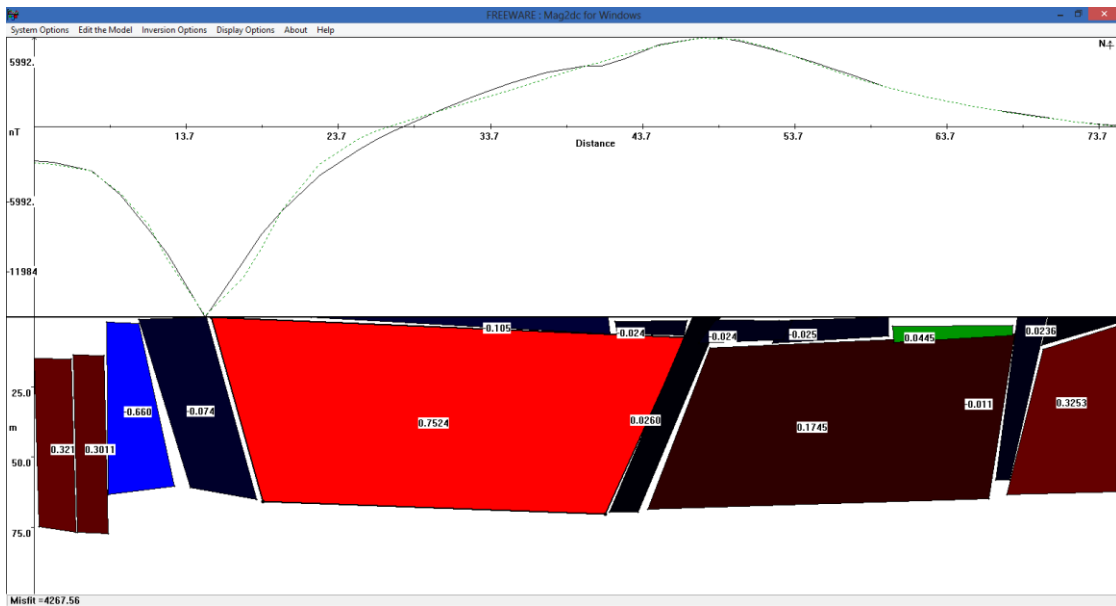
pada kondisi geologi lokasi penelitian pada saat survei geologi, dan tabel suseptibilitas batuan untuk mengetahui nilai suseptibilitas batuan. Pemodelan dari irisan penampang ini diharapkan dapat menjelaskan struktur bawah permukaan lokasi penelitian yakni sebaran mineral pirit yang terdapat pada lokasi penelitian, adapun parameter model yang digunakan adalah:

Profil *bearing* : 0°  
Referensi ketinggian : 1,0 m  
Kedalaman maksimum : 100 m

*Geometric field parameters,*

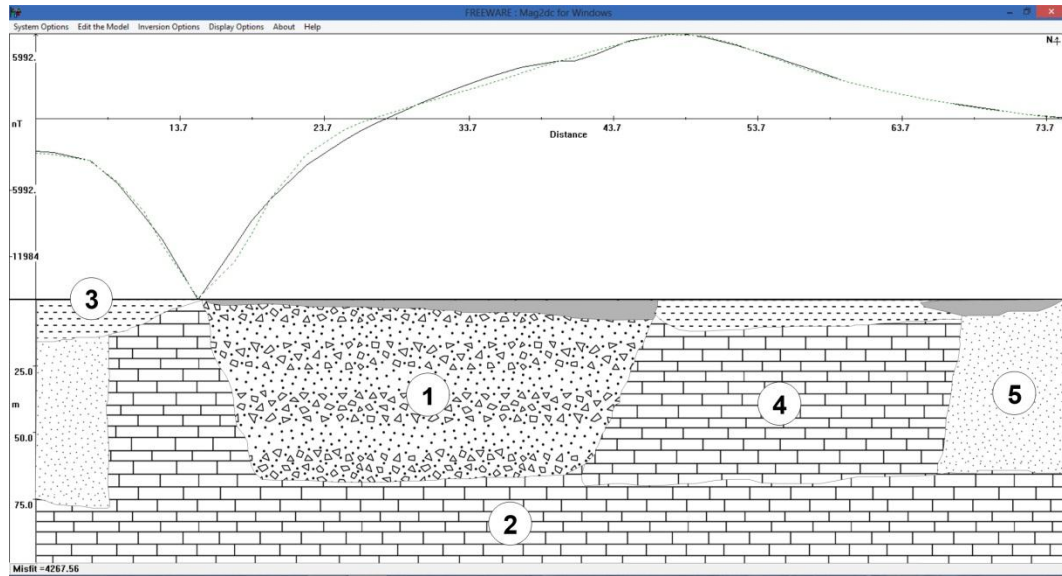
Intensitas medan magnet bumi : 42.834,9 nT  
Inklinasi medan magnet bumi : -25,7801  
Deklinasi medan magnet bumi : 0,9562  
Kontras suseptibilitas : 0,01  
Panjang *strike* : 100 m

### *Slice A – A'*



**Gambar IV.8** Profil anomali model *slice A – A'*

Model penampang *slice A - A'* yang berarah barat daya - timur laut (pada gambar **IV.8**) anomali medan magnet yang ditunjukkan antara -11.984 nT sampai 5992 nT dengan panjang lintasan 75 m. Pada *slice* ini terdapat 5 model blok batuan (pada gambar **IV.9**) yang mana dapat diinterpretasikan sebaran endapan pirit terdapat di tiga model blok batuan. Pertama pada jarak 0 - 20 m dan 45 - 65 m Berada pada kedalaman 13 m yang berasosiasi dengan batulempung (model 3) nilai suseptibilitasnya  $0.2 \times 10^{-3}$  SI. Kedua pada jarak 20 - 45 m dengan kedalaman 70 m dimana breksi (piroklastik) bersisipan dengan batugamping (model 1) nilai suseptibilitasnya  $0.7802 \times 10^{-3}$  SI. Ketiga pada jarak 46 m - 67 m kedalaman 8 m - 68 m yang merupakan batugamping (model 4) nilai suseptibilitasnya  $0.3295 \times 10^{-3}$  SI.



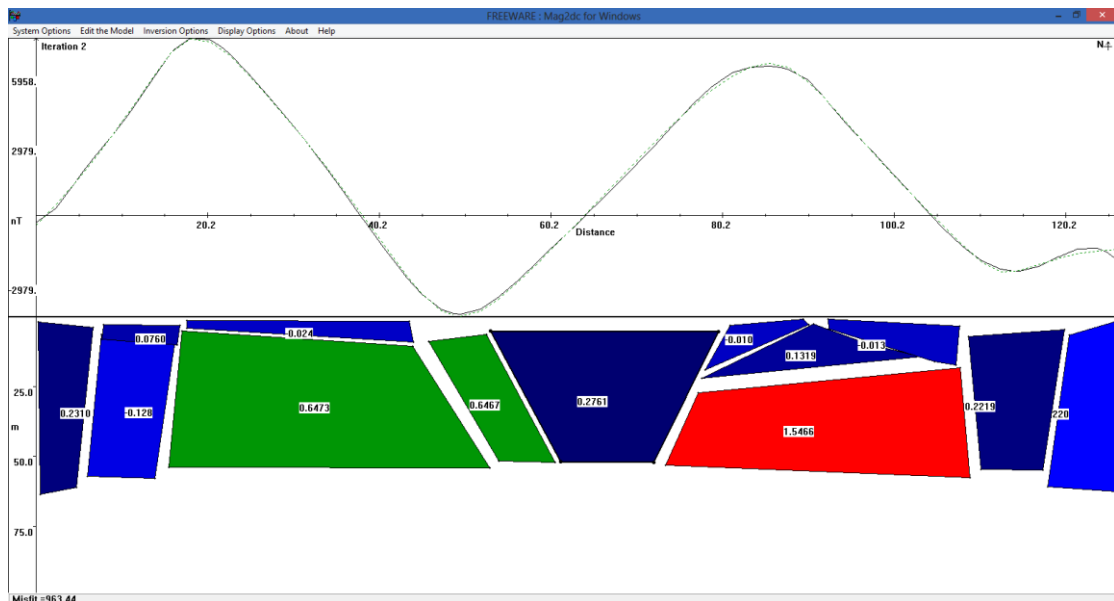
**Gambar IV.9** Profil batuan bawah permukaan *slice A - A'*

**Tabel IV.1** Interpretasi hasil pemodelan data anomali magnetik pada *Slice A - A'* berdasarkan nilai susceptibilitas magnetik

Benda Anomali	Kontras Susseptibilitas x $10^{-3}$ (SI)	Estimasi Suseptibilitas x $10^{-3}$ (SI)	Interpretasi Jenis Batuan
Model 1	0.7524	0.9079	Breksi (piroklastik)
Model 2	-0.074	0.0815	Dolomit
Model 3	0.0445	0.2	Batulempung
Model 4	0.174	0.3295	Batugamping
Model 5	0.3253	0.4803	Batupasir



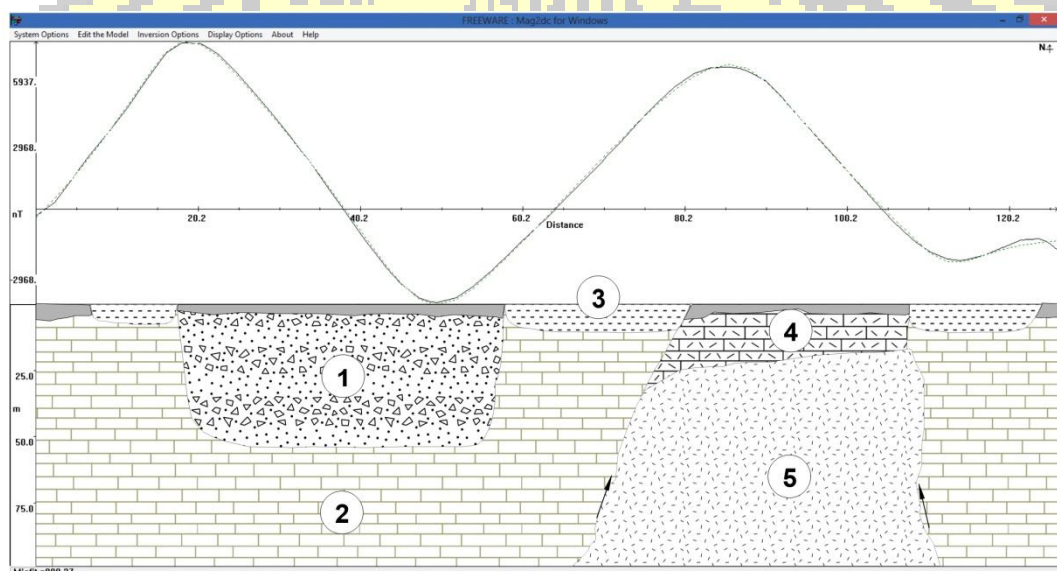
## Slice B – B'



**Gambar IV.10** Profil anomali model *slice B –B'*

Model penampang *slice B - B'* yang berarah barat laut - tenggara (pada gambar **IV.10**) anomali medan magnet yang ditunjukkan antara -2979 nT sampai 5938 nT dengan panjang lintasan 125 m. Pada lintasan ini terdapat 5 model blok batuan (pada gambar **IV.11**) yang mana dapat diinterpretasikan sebaran endapan pirit berada pada 3 model blok batuan yang pertama pada jarak 7 m - 18 m, 58 m - 80 m dan 117 m - 125 m. Berada pada kedalaman 4 - 8 m yang berasosiasi dengan batulempung (model 3) nilai suseptibilitasnya  $0.2 \times 10^{-3}$  SI yang mana ketiganya berada di sekitar area sungai. Kedua pada jarak 18 m – 58 m pada kedalaman 52 m dimana sama seperti *Slice I* breksi (piroklastik) bersisipan dengan batugamping (Model 1) nilai suseptibilitasnya  $0.7802 \times 10^{-3}$  SI. Ketiga pada jarak 80 m - 117 m pada kedalaman 2m - 25m yang merupakan batugamping pasir nilai suseptibilitasnya  $0.1235-0.2654 \times 10^{-3}$  SI yang mana pada tebing sungai di sekitar area penelitian didapatkan pecahan batugamping pasir. Pirit yang terdapat pada

model 1, 3, dan 4 berasal dari intrusi batuan beku andesit (model 5) yang kaya akan mineral pirit menerobos formasi Salo Kaluppang (Teol) yang dominan batugamping. Penampang resistivitas Lintasan 3 pada penelitian sebelumnya yang berpotongan dengan lintasan Slice 2 menyatakan terdapat andesit seperti pada gambar IV.11 (model 5). Dari hasil uji sampel sulfur sulfida yang mengandung pirit dengan menggunakan pengujian XRF analyzer unsur-unsur yang terkandung yaitu : SO<sub>3</sub> 72.13%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 27.16%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0.51%, MnO 0.043%, ZnO 0.0014% yang mana unsur pembentuk utama pirit yaitu Fe.

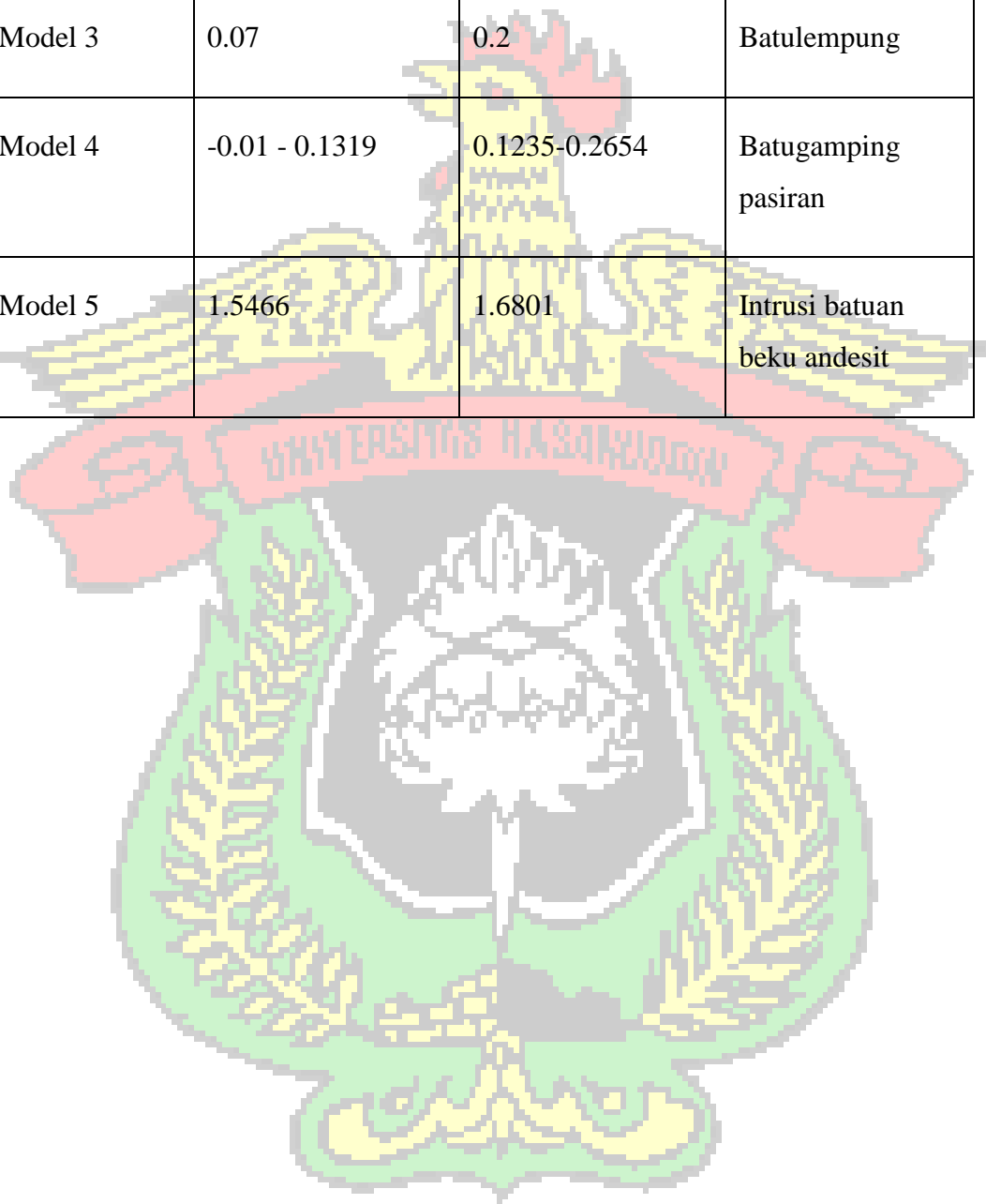


**Gambar IV.11** Profil batuan bawah permukaan *slice B –B'*

**Tabel IV.2** Interpretasi hasil pemodelan data anomali magnetik pada *Slice B - B'* berdasarkan nilai suseptibilitas magnetik

Benda Anomali	Kontras Suseptibilitas x 10 <sup>-3</sup> (SI)	Estimasi Suseptibilitas x 10 <sup>-3</sup> (SI)	Interpretasi Jenis Batuan
Model 1	0.6467	0.7802	Breksi

			(piroklastik)
Model 2	0.2219 - 0.2761	0.3554-0.4096	Batugamping
Model 3	0.07	0.2	Batulempung
Model 4	-0.01 - 0.1319	0.1235-0.2654	Batugamping pasiran
Model 5	1.5466	1.6801	Intrusi batuan beku andesit



## BAB V

### PENUTUP

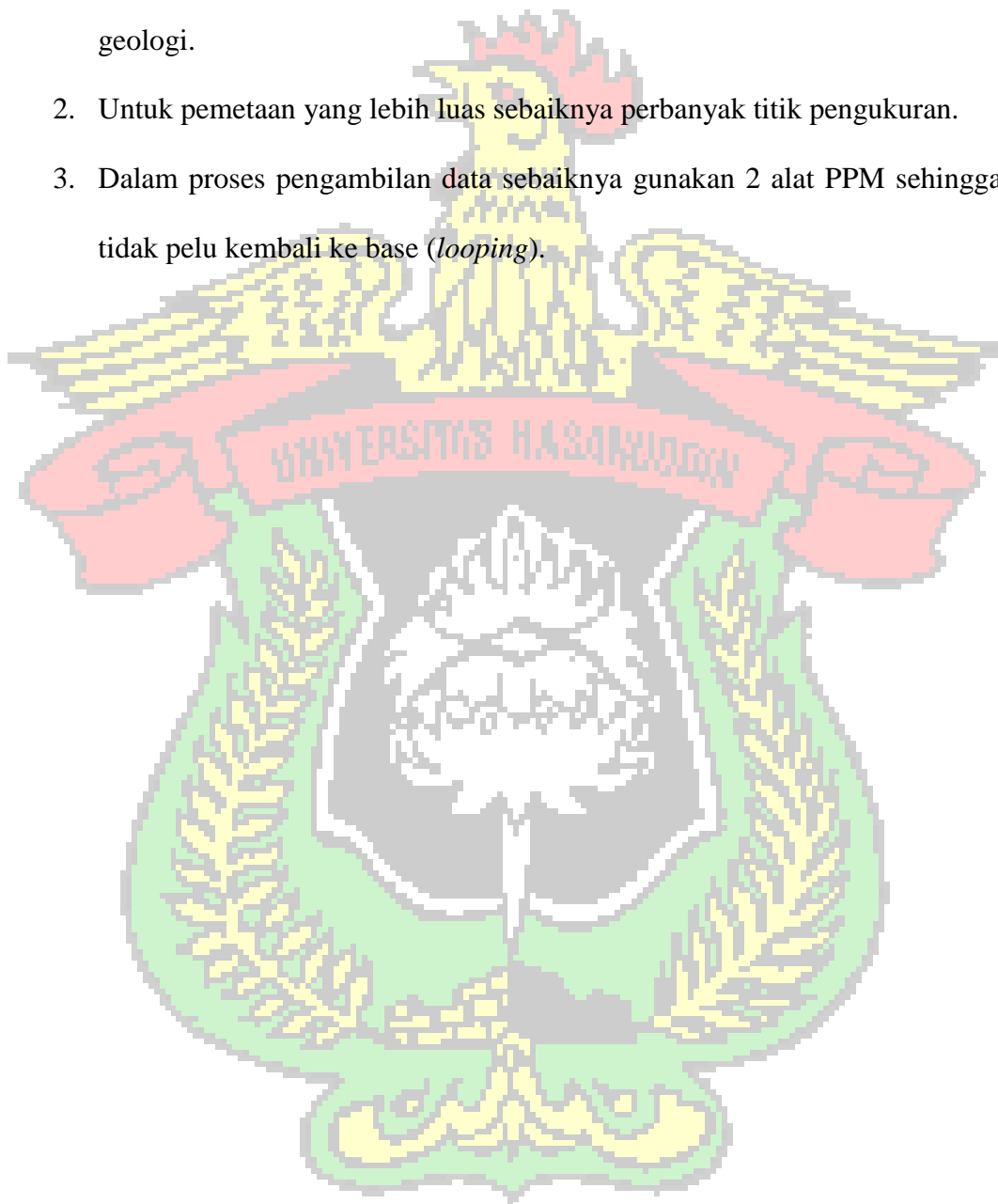
#### V.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian ini, antara lain:

1. Nilai suseptibilitas batuan di lokasi penelitian  $0.2 \times 10^{-3}$  SI untuk batulempung,  $0.9079 \times 10^{-3}$  SI untuk breksi,  $1.6801 \times 10^{-3}$  SI untuk andesit,  $0.3554-0.4096 \times 10^{-3}$  SI untuk batugamping,  $0.0815 \times 10^{-3}$  SI dolomit dan  $0.4803 \times 10^{-3}$  SI untuk batugamping pasir.
2. Profil bawah permukaan daerah penelitian terdiri dari struktur geologi batuan sedimen gamping formasi Salo Kaluppang (Teos) yang di intrusi oleh batuan beku andesit pada penampang anomali magnetik di temukan batuan yang dominan adalah batuan sedimen gamping dengan nilai suseptibilitas  $0.3554-0.4096 \times 10^{-3}$  SI dan terintrusi oleh oleh batuan beku andesit  $1.6801 \times 10^{-3}$  SI sehingga mengakibatkan berasosiasinya mineral pirit dalam tubuh andesit ke batuan sedimen yang terdapat di daerah penelitian.
3. Mineral pirit tersebar secara *disasminated* di daerah penelitian berasosiasi dengan batulempung, dolomit dan breksi.

## V.2 Saran

1. Diperlukan data geologi lokal yang lebih rinci dan pengambilan sampel yang lebih dalam (data bor) guna membantu dalam membuat model geologi.
2. Untuk pemetaan yang lebih luas sebaiknya perbanyak titik pengukuran.
3. Dalam proses pengambilan data sebaiknya gunakan 2 alat PPM sehingga tidak perlu kembali ke base (*looping*).



## DAFTAR

## PUSTAKA

- Abdullah, F.M., Sunaryo, dan Susilo, A., 2014. "Pendugaan Jenis Batuan Bawah permukaan Daerah Bendungan Karangates Menggunakan Metode Geomagnetik". Jurusan Fisika FMIPA Universitas Brawijaya. Malang.
- Artadana, I.P.E. 2011. *Geologi, Alterasi dan Mineralisasi Daerah Nyerengeng dan Sekitarnya, Kecamatan Cisewu, Kabupaten Garut, Jawa Barat*. Program Studi Teknik Geologi Universitas Pembangunan Nasional. Yogyakarta.
- Cooper, G.R.J. dan Cowan, D.R. 2005. *Differential Reduction to The Pole*. *Jurnal Computer and Geoscience*. Vol.31 hal.989-999.
- Corbett, G.J. dan Leach, T.M. 1997. *Southwest Pacific Rim Gold - Copper Systems: Structure, Alteration, and Mineralization*. SEG Special Publication No. 6.
- Danisworo, A. 2010. *Mineralogi dan Batuan*. Gramed. Yogyakarta.
- Fristy, L. 2012. *Identifikasi anomali magnetik di daerah prospek panasbumi arjuna – welirang*. Physic Departement, FMIPA UI. Depok.
- Hedenquist, J.W. dan White, N.C. 1995. *Epithermal Gold Deposits: Styles, Characteristics, and Exploration*. SEG Newsletter, No. 23:9-13.
- Latuconsina, H. (2015). *Identifikasi Sebaran Mineral sulfida (pirit) Menggunakan Metode Induksi Polarisasi di Daerah Libureng*. Prodi Geofisika, FMIPA UNHAS. Makassar.
- Misra, K.C. 1999. *Understanding Mineral Deposit*. Klawer Academic Publisher. Knoxville.
- Pirajno, F. 2008. *Hydrothermal Processes and Mineral System*. Springer. East Perth.
- Prihatini, D. 2011. *Studi Alterasi, Mineralisasi dan Geokimia untuk Prospeksi Emas di Daerah Tiga Desa, Bengkayang, Kalimantan Barat*. Program Studi Teknik Geologi Institut Teknologi Bandung. Bandung.

- Rosid, S. 2008. *Geomagnetic Method Lecture Note*. Physic Departement, FMIPA UI. Depok.
- Robb, L. 2005. *Introduction to Ore Forming Processes*: Blackwell Science Ltd. Oxford.
- Singarimbun, A., Bujung, C.A.N., dan Fatihin, R.C., 2011."Penentuan Struktur Bawah Permukaan Area Panas Bumi Patuha dengan Menggunakan Metode Magnetik".*Jurnal Matematika dan Sains*. Bandung.
- Sukanto, R. 1982. *Geologi Regional Lembar Pangkajene dan Watampone bagian Barat*. PPPG. Bandung.
- Suprpto, S. J. 2012. *Pemanfaatan dan Permasalahan Endapan Mineral Sulfida Pada Kegiatan Pertambangan*. Kelompok Kerja Konservasi – Pusat Sumber Daya Geologi.
- Telford and Sheriff. 1990. *Applied Geophysics*. Cambridge University.
- Untung, M. 2001. *Dasar - dasar Magnet dan Gaya Berat Serta Beberapa Penerapannya*. HAGI. Jakarta.
- Yudianto, Harri dan Setyawan, Agus. 2014. *Interpretasi Struktur Bawah Permukaan Daerah Manifestasi Panasbumi Gedong Songo Gunung Ungaran Menggunakan Metode Magnetik*. Jurusan Fisika, Universitas Diponegoro. Semarang.
- Yopanz, 2007. *Metode Geomagnet*. Diakses dari <http://yopanz.blogspot.com/> pada tanggal 24 Desember 2015 pukul 00.30 WITA.

**LAMPIRAN 1**

**FOTO – FOTO PENGAMBILAN DATA**







**LAMPIRAN 2**

**FOTO LINGKUNGAN PENGENDAPAN**



**LAMPIRAN 3**

**FOTO SAMPEL PIRIT**



## LAMPIRAN 4

### HASIL XRF

SAMPLE ANALYSIS REPORT  
SCIENTIFIC  
ARL QUANT'X EDXRF ANALYZER  
STANDARDLESS METHOD

THERMO FISHER  
UNIQUANT(TM)

C:\UQed\USER\Quant'X\JOB\JOB.134 2015-06-08  
Dayat#sampel#Penelitian

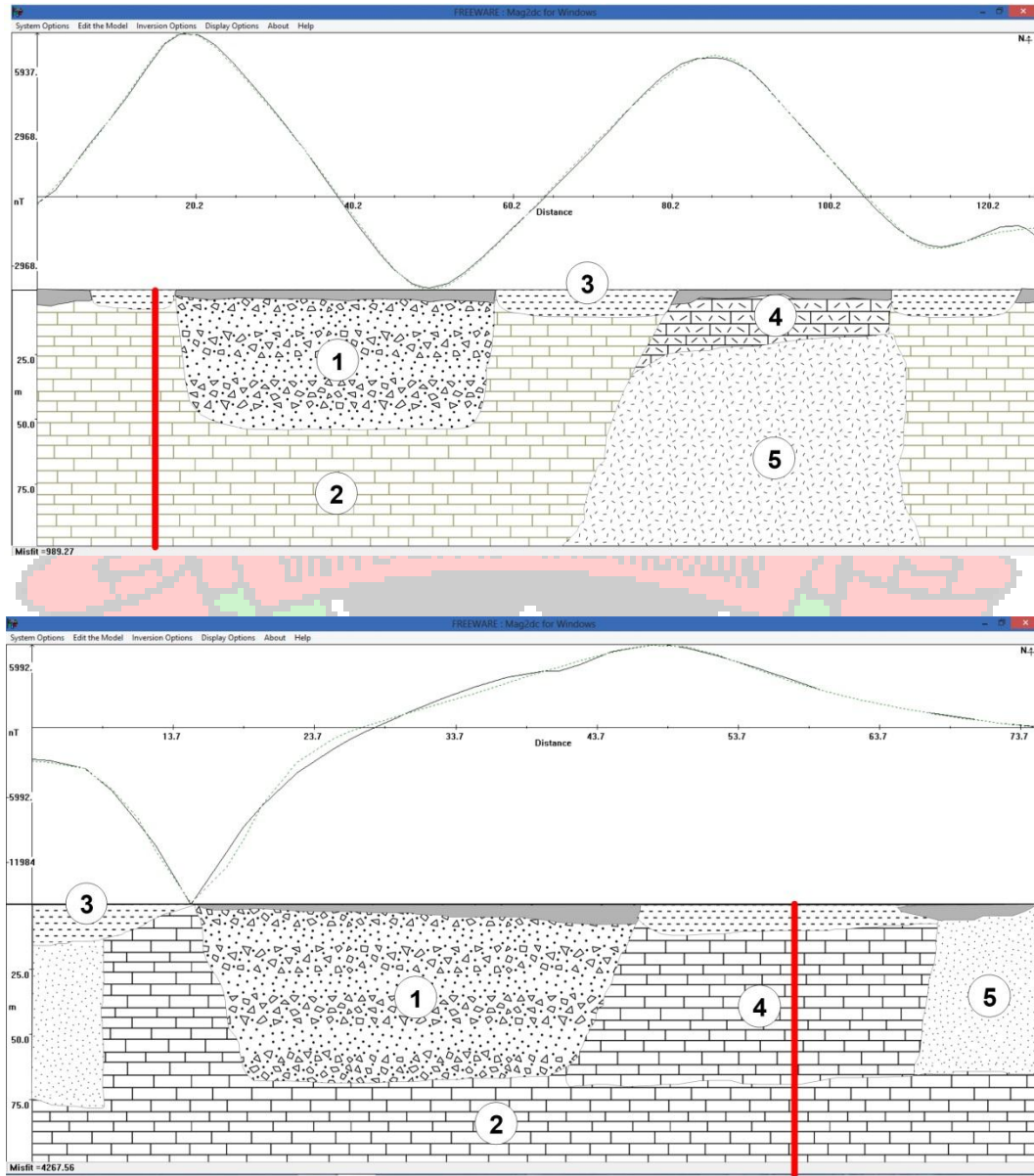
Quant'X Rh end window 50kV  
C:\UQed\USER\Quant'X\Appl\AnySampleAir.kap 2008-06-13  
Calculated as : Elements Matrix (Shape & ImpFc) : 1|Teflon  
X-ray path = Air Film type = No supporting film  
Case number = 0 All known  
Eff.Diam. = 13.0 mm Eff.Area = 132.7 mm<sup>2</sup>  
KnownConc = 0 %  
Rest = 0 % Viewed Mass = 18000.00 mg  
Dil/Sample = 0 Sample Height = 5.00 mm

El	m/m%	StdErr
Sx	51.98	0.25
Fe	47.23	0.25
Px	0.421	0.100
Mn	0.266	0.085
Zn	0.0449	0.0034
Nb	0.0181	0.0014
Mo	0.0138	0.0013
In	0.0065	0.0004
Sn	0.0060	0.0005
Ru	0.0054	0.0013

KnownConc= 0 REST= 0 D/S= 0  
Sum Conc's before normalisation to 100% : 95.4 %

## LAMPIRAN 5

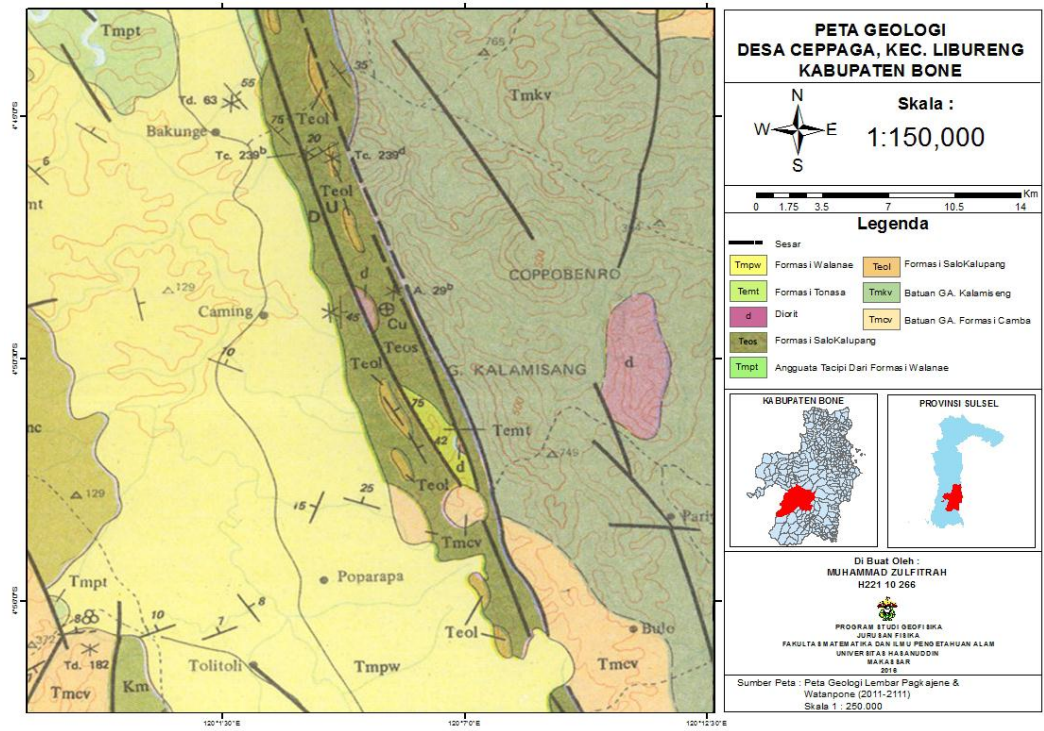
### Profil Bawah Permukaan *Cross section*



Garis merah menunjukkan titik slice yang berpotongan

**LAMPIRAN 6**

**PETA GEOLOGI DAERAH PENELITIAN**



## LAMPIRAN 7

### DATA HASIL PENGUKURAN

#### GEOTRON MODEL G5 GEOMAGNETIC DATA

STN	LINE	DAY	TIME	FIELD
1	1	255	885	42954,7
2	1	255	889	42976
3	1	255	890	42990,5
4	1	255	891	43049,6
5	1	255	896	31922,8
6	1	255	904	49595,7
7	1	255	910	42994,8
8	1	255	913	42996,1
9	1	255	917	42984,2
10	1	255	921	42955,1
11	1	255	929	47806,8
1	2	255	934	47971,2
2	2	255	938	49077,9
3	2	255	941	49024,1
4	2	255	943	45997,6
5	2	255	945	46015,3
6	2	255	946	47139,8
7	2	255	948	46901,6
8	2	255	950	46808,6
9	2	255	951	45895,4
10	2	255	956	49384,8
1	3	255	959	46404,6
2	3	255	961	44404,3
3	3	255	962	46018,8
4	3	255	963	48342,5
5	3	255	964	48582,8
6	3	255	965	45905,4
7	3	255	966	47812,4
8	3	255	968	48251,8
9	3	255	970	48454,2
10	3	255	975	48906,5
1	4	255	982	48833,9
2	4	255	992	48755,6
3	4	255	997	48057,2

4	4	255	1000	48103,7
5	4	255	1001	48233,5
6	4	255	1005	49195,8
7	4	255	1006	48856,6
8	4	255	1008	48781,8
9	4	255	1011	49516,3
10	4	255	1011	48969,3
11	4	255	1013	48990,2
1	5	255	1015	48750,8
2	5	255	1016	46568,7
3	5	255	1017	47291,2
4	5	255	1018	46926,1
5	5	255	1020	46509,3
6	5	255	1022	44535,1
7	5	255	1023	46157,4
8	5	255	1025	48104,3
9	5	255	1027	42966,6
10	5	255	1030	44406,3
11	5	255	1031	48978,6
12	5	255	1032	42927,8
13	5	255	1038	43035,4
1	6	255	1056	45179,3
2	6	255	1057	45509,9
3	6	255	1058	45367,3
4	6	255	1059	45965,7
5	6	255	1060	47782,6
6	6	255	1061	45453,3
7	6	255	1064	47200,1
8	6	255	1065	47868,2
9	6	255	1066	45327,1
10	6	255	1068	45449,9



## LAMPIRAN 8

### DATA HASIL PENGOLAHAN

stasiun	elev	latitude (S)	longitude (E )	bacaan	time	d. change rate	d. corection	Terkoreksi	IGRF	AMT
Base	171 m	180389,906	9467497,686	42954,7	885	13,63497268	0	42954,7	42848,2	106,5
L1 S1	195 m	180204,644	9467549,169	42976	889	13,63497268	54,53989071	42921,46011	42848,2	73,26010929
L1 S2	194 m	180204,696	9467536,871	42990,5	890	13,63497268	68,17486339	42922,32514	42848,2	74,12513661
L1 S3	193 m	180201,651	9467527,635	43049,6	891	13,63497268	81,80983607	42967,79016	42848,2	119,5901639
L1 S4	193 m	180198,606	9467518,399	31922,8	896	13,63497268	149,9846995	31772,8153	42848,2	-11075,3847
L1 S5	193 m	180195,548	9467512,237	49595,7	904	13,63497268	259,0644809	49336,63552	42848,2	6488,435519
L1 S6	189 m	180198,697	9467496,878	42994,8	910	13,63497268	340,8743169	42653,92568	42848,2	-194,2743169
L1 S7	188 m	180186,426	9467481,455	42996,1	913	13,63497268	381,779235	42614,32077	42848,2	-233,879235
L1 S8	186 m	180186,465	9467472,231	42984,2	917	13,63497268	436,3191257	42547,88087	42848,2	-300,3191257
L1 S9	184 m	180186,517	9467459,934	42955,1	921	13,63497268	490,8590164	42464,24098	42848,2	-383,9590164
L1 S10	181 m	180189,653	9467447,65	47806,8	929	13,63497268	599,9387978	47206,8612	42848,2	4358,661202
L2S1	180 m	180205,06	9467450,789	47971,2	934	13,63497268	668,1136612	47303,08634	42848,2	4454,886339
L2S2	182 m	180201,937	9467459,999	49077,9	938	13,63497268	722,6535519	48355,24645	42848,2	5507,046448
L2S3	182 m	180211,137	9467472,336	49024,1	941	13,63497268	763,5584699	48260,54153	42848,2	5412,34153
L2S4	184 m	180211,098	9467481,559	45997,6	943	13,63497268	790,8284153	45206,77158	42848,2	2358,571585
L2S5	184 m	180223,382	9467493,908	46015,3	945	13,63497268	818,0983607	45197,20164	42848,2	2349,001639
L2S6	187 m	180220,259	9467503,118	47139,8	946	13,63497268	831,7333333	46308,06667	42848,2	3459,866667
L2S7	186 m	180226,414	9467506,219	46901,6	948	13,63497268	859,0032787	46042,59672	42848,2	3194,396721

L2S8	188 m	180226,375	9467515,442	46808,6	950	13,63497268	886,273224	45922,32678	42848,2	3074,126776
L2S9	189 m	180226,323	9467527,739	45895,4	951	13,63497268	899,9081967	44995,4918	42848,2	2147,291803
L2S10	190 m	180226,271	9467540,037	49384,8	956	13,63497268	968,0830601	48416,71694	42848,2	5568,51694
L3S1	188 m	180244,762	9467543,189	46404,6	959	13,63497268	1008,987978	45395,61202	42848,2	2547,412022
L3S2	185 m	180254,041	9467537,08	44404,3	961	13,63497268	1036,257923	43368,04208	42848,2	519,8420765
L3S3	184 m	180254,092	9467524,782	46018,8	962	13,63497268	1049,892896	44968,9071	42848,2	2120,707104
L3S4	183 m	180254,144	9467512,485	48342,5	963	13,63497268	1063,527869	47278,97213	42848,2	4430,772131
L3S5	182 m	180257,267	9467503,275	48582,8	964	13,63497268	1077,162842	47505,63716	42848,2	4657,437158
L3S6	180 m	180263,474	9467494,078	45905,4	965	13,63497268	1090,797814	44814,60219	42848,2	1966,402186
L3S7	179 m	180260,442	9467481,767	47812,4	966	13,63497268	1104,432787	46707,96721	42848,2	3859,767213
L3S8	177 m	180266,662	9467469,496	48251,8	968	13,63497268	1131,702732	47120,09727	42848,2	4271,897268
L3S9	179 m	180254,352	9467463,295	48454,2	970	13,63497268	1158,972678	47295,22732	42848,2	4447,027322
L3S10	176 m	180269,785	9467460,286	48906,5	975	13,63497268	1227,147541	47679,35246	42848,2	4831,152459
L4S1	175 m	180279,076	9467451,102	48833,9	982	13,63497268	1322,59235	47511,30765	42848,2	4663,10765
L4S2	176 m	180279,05	9467457,25	48755,6	992	13,63497268	1458,942077	47296,65792	42848,2	4448,457923
L4S3	175 m	180282,121	9467460,338	48057,2	997	13,63497268	1527,11694	46530,08306	42848,2	3681,88306
L4S4	176 m	180288,198	9467481,884	48103,7	1000	13,63497268	1568,021858	46535,67814	42848,2	3687,478142
L4S5	176 m	180288,172	9467488,033	48233,5	1001	13,63497268	1581,656831	46651,84317	42848,2	3803,643169
L4S6	177 m	180288,108	9467503,405	49195,8	1005	13,63497268	1636,196721	47559,60328	42848,2	4711,403279
L4S7	178 m	180288,043	9467518,777	48856,6	1006	13,63497268	1649,831694	47206,76831	42848,2	4358,568306
L4S8	180 m	180287,991	9467531,074	48781,8	1008	13,63497268	1677,101639	47104,69836	42848,2	4256,498361
L4S9	180 m	180287,952	9467540,297	49516,3	1011	13,63497268	1718,006557	47798,29344	42848,2	4950,093443
L4S10	180 m	180294,081	9467549,546	48969,3	1011	13,63497268	1718,006557	47251,29344	42848,2	4403,093443
L4 S11	179 m	180297,126	9467558,782	48990,2	1013	13,63497268	1745,276503	47244,9235	42848,2	4396,723497
L5S1	179 m	180303,294	9467558,808	48750,8	1015	13,63497268	1772,546448	46978,25355	42848,2	4130,053552

L5S2	179 m	180303,333	9467549,585	46568,7	1016	13,63497268	1786,181421	44782,51858	42848,2	1934,318579
L5S3	177 m	180306,469	9467537,301	47291,2	1017	13,63497268	1799,816393	45491,38361	42848,2	2643,183607
L5S4	177 m	180300,34	9467528,052	46926,1	1018	13,63497268	1813,451366	45112,64863	42848,2	2264,448634
L5S5	177 m	180303,463	9467518,842	46509,3	1020	13,63497268	1840,721311	44668,57869	42848,2	1820,378689
L5S6	175 m	180312,78	9467503,509	44535,1	1022	13,63497268	1867,991257	42667,10874	42848,2	-181,0912568
L5S7	175 m	180309,735	9467494,273	46157,4	1023	13,63497268	1881,62623	44275,77377	42848,2	1427,57377
L5S8	175 m	180312,845	9467488,137	48104,3	1025	13,63497268	1908,896175	46195,40383	42848,2	3347,203825
L5S9	174 m	180315,955	9467482,002	42966,6	1027	13,63497268	1936,16612	41030,43388	42848,2	-1817,76612
L5S10	174 m	180312,923	9467469,691	44406,3	1030	13,63497268	1977,071038	42429,22896	42848,2	-418,9710383
L5S11	174 m	180312,962	9467460,468	48978,6	1031	13,63497268	1990,706011	46987,89399	42848,2	4139,693989
L5S12	175 m	180316,11	9467445,109	42927,8	1032	13,63497268	2004,340984	40923,45902	42848,2	-1924,740984
L5S13	176 m	180316,149	9467435,886	43035,4	1038	13,63497268	2086,15082	40949,24918	42848,2	-1898,95082
L6S1	176m	180325,427	9467429,777	45179,3	1056	13,63497268	2331,580328	42847,71967	42848,2	-0,480327869
L6S2	175 m	180328,46	9467442,087	45509,9	1057	13,63497268	2345,215301	43164,6847	42848,2	316,4846995
L6S3	175 m	180331,518	9467448,249	45367,3	1058	13,63497268	2358,850273	43008,44973	42848,2	160,2497268
L6S4	174 m	180332,35	9467456,05	45965,7	1059	13,63497268	2372,485246	43593,21475	42848,2	745,0147541
L6S5	174 m	180338,25	9467467,45	47782,6	1060	13,63497268	2386,120219	45396,47978	42848,2	2548,279781
L6S6	173 m	180340,64	9467479,031	45453,3	1061	13,63497268	2399,755191	43053,54481	42848,2	205,3448087
L6S7	172 m	180368,383	9467482,223	47200,1	1064	13,63497268	2440,660109	44759,43989	42848,2	1911,239891
L6S8	172 m	180368,357	9467488,372	47868,2	1065	13,63497268	2454,295082	45413,90492	42848,2	2565,704918
L6S9	172 m	180371,415	9467494,533	45327,1	1066	13,63497268	2467,930055	42859,16995	42848,2	10,96994536
Base	171 m	180389,906	9467497,686	45449,9	1068	13,63497268	2495,2	42954,7	42848,2	106,5
L7S1	187 m	180371,2	9467442	47200,1	1064	13,63497268	2440,660109	44759,43989	42848,2	1911,239891
L7S2	170 m	180343,9	9467525	45327,1	1066	13,63497268	2467,930055	42859,16995	42848,2	10,96994536
L7S3	189 m	180235,8	9467441	48454,2	970	13,63497268	1158,972678	47295,22732	42848,2	4447,027322

L7S4	170 m	180340,2	9467554	47291,2	1017	13,63497268	1799,816393	45491,38361	42848,2	2643,183607
L7S5	171 m	180379,6	9467538	45449,9	1068	13,63497268	2495,2	42954,7	42848,2	106,5

