



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**IDENTIFIKASI ANOMALI MAGNETIK DI DAERAH  
PROSPEK PANASBUMI ARJUNA - WELIRANG**

**SKRIPSI**

**disusun oleh :**

**Fristy Lita  
0906602036**

**FAKULTAS MATEMATIKA dan ILMU PENGETAHUAN ALAM  
PROGRAM STUDI GEOFISIKA  
JURUSAN FISIKA  
DEPOK  
JUNI – 2012**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**IDENTIFIKASI ANOMALI MAGNETIK DI DAERAH  
PROSPEK PANASBUMI ARJUNA - WELIRANG**

**SKRIPSI**

**disusun oleh :**

**Fristy Lita  
0906602036**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana**

**FAKULTAS MATEMATIKA dan ILMU PENGETAHUAN ALAM  
PROGRAM STUDI GEOFISIKA  
JURUSAN FISIKA  
DEPOK  
JUNI – 2012**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Fristy Lita  
NPM : 0906602036  
Program Studi : Fisika S-1 Ekstensi  
Judul Skripsi : Identifikasi Anomali Magnetik pada Daerah  
Prospek Geothermal Arjuna - Welirang

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Syamsu Rosid

Penguji I : Dr. Eng. Yunus Daud, M.Sc

Penguji II : Dr. Dede Djuhana

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 20 Juni 2012

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Fristy Lita  
NPM : 0906602036  
Tanda Tangan : 

Tanggal : 20 Juni 2012

## KATA PENGANTAR

Syukur alhamdulillah penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas berkat rahmat, karunia, dan ijin-Nya lah sehingga dapat menyelesaikan pembuatan laporan tugas akhir ini. Shalawat dan salam juga senantiasa selalu tercurah kepada manusia termulia di dunia ini nabi Muhammad SAW.

Laporan tugas akhir ini dibuat sebagai salah satu syarat penulis dalam mendapatkan gelar Sarjana Sains (S.Si) pada Program S1 Ekstensi Fisika Jurusan Geofisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

Penulis menyadari bahwa tanpa adanya dukungan, bantuan, dan bimbingan dari berbagai pihak, penulisan laporan ini tidak dapat terselesaikan. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Drs. M.Syamsu Rosid, Ph.D selaku dosen pembimbing tugas akhir penulis yang telah banyak menyediakan waktu, tenaga, pikiran ilmu, arahan dan bimbingannya. (Makasih banyak Pak, maafin ya Pak klo selalu menyusahkan bapak)
2. Seluruh Dosen Pengajar tetap maupun tidak tetap, yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat bagi penulis dalam menjalani jenjang pendidikan di S1 Ekstensi Fisika Instrumentasi Elektronika ini.
3. Kedua Orang Tua tercinta yang telah memberikan doa, limpahan kasih sayang, bantuan moril, dan materi. *I wish I'll never regret both of you..*
4. Annisa Rahma Izzati, maaf belum bisa jadi tete yang bisa dibanggain.. ☺
5. Mas Evan makasii banget loh udah bantuin ngolah data dan bikin model meski banyak salahnya ya namanya belajar kalo ga salah kita ga akan tau benarnya gimana kan ya.. cepet nyusul mas!!
6. Mba Icha, Cherry terimakasih untuk setiap detik yang kalian luangkan untuk mendengarkan saya berkeluh kesah soal skripsi. Untuk selalu tak pernah bosan bilang “semangat fris”
7. Keluarga besar bolangers, asli kalian itu motivasi gue buat cepet lulus.. :D

8. Teman seperjuangan : Indah, Anita, Ian, Torkis, Ari, Riyan, Banu. Akhirnya kesampaian kita bareng di Balairung ya..
9. Mas Sirot (pacarnya ari) yang nyaris tiap malem saya gangguin dengan pertanyaan soal prosesing dan modeling..
10. Seluruh karyawan di Departemen Fisika terutama mba Ratna makasiiiih bangeett, bapak2 sekret yang saya sampe sekarang ga hapal namanya penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya.
11. Terakhir buat Langit yang tak pernah berhenti ada diatas kepala saya, jadi payung bagi tiap langkah yang saya ambil. Tak peduli pagi, siang, malam, hujan atau terik, kamu selalu tetap ada. Terimakasih.

Penulis menyadari bahwa laporan ini jauh dari sempurna dan masih terdapat banyak kekurangan, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Mudah-mudahan kritik dan saran tersebut akan membuat penulis menjadi lebih baik lagi di kemudian hari kelak dan berharap laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat dan berguna bagi penulis khususnya dan para pembaca umumnya.

Atas segala bimbingan dan kepedulian dalam pembuatan laporan ini, penulis mengucapkan terima kasih.

Jakarta, 20 Juni 2012

Penulis

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Fristy Lita  
NPM : 0906602036  
Program Studi : Geofisika  
Departemen : Fisika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Jenis Karya : Skripsi  
Judul Skripsi : Identifikasi Anomali Magnetik Di Daerah  
Prospek Panasbumi Arjuna - Welirang

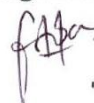
Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**Identifikasi Anomali Magnetik Di Daerah Prospek Panasbumi  
Arjuna – Welirang**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak bebas Royalti Noneksklusif ini, Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap emncantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok  
Pada tanggal : 20 Juni 2012  
Yang Menyatakan



(Fristy Lita)

Nama, NPM : Fristy Lita, 0906602036  
Pembimbing : Drs. M. Syamsu Rosid, Ph.D  
Judul (Indonesia) : **Identifikasi Anomali Magentik Pada Daerah  
Prospek Panasbumi Arjuna – Welirang.**  
Judul (Inggris) : **Identification of Magnetic Anomalies on  
The Geothermal Prospects Area Arjuna - Welirang**

### **ABSTRAK**

*Pengolahan data magnetik menghasilkan nilai magnetik total yang telah dikoreksi oleh koreksi IGRF, Variasi Harian dan Koreksi Drift. Hasil pengolahan data kemudian diplot menjadi kontur anomali magnetik pada software SURFER 9.0. Dari kontur inilah kemudian didapatkan indikasi anomali magnetik pada data pengukuran. Anomali inilah yang nantinya akan dijadikan patokan untuk membuat permodelan. Permodelan menggunakan data magnetik bertujuan untuk mengidentifikasi anomali magnetik yang terdapat pada data pengukuran. Anomali magnetik biasanya dipengaruhi oleh hot rock yang berada pada bawah permukaan. Pada penelitian ini, data magnetik yang digunakan adalah data pengukuran magnetik di daerah Arjuna-Welirang. Daerah prospek geothermal Arjuna-Welirang terletak di wilayah Kabupaten Malang, Kabupaten Mojokerto, Pasuruan, dan Kota Batu. Daerah prospek ini berada di lingkungan geologi yang didominasi oleh batuan vulkanik berumur kuartar.*

**Kata Kunci** : magnetik, Arjuna – Welirang, geothermal.



Nama, NPM : Fristy Lita, 0906602036  
Pembimbing : Drs. M. Syamsu Rosid, Ph.D  
Judul (Indonesia) : **Identifikasi Anomali Magentik Pada Daerah  
Prospek Panasbumi Arjuna – Welirang.**  
Judul (Inggris) : **Identification of Magnetic Anomalies on  
The Geothermal Prospects Area Arjuna - Welirang**

### **ABSTRACT**

*Magnetic data processing give a magnetic total value that has been corrected by the correction IGRF, Diurnal Variety and Drift Correction. Then the data processing's results are plotted into the contours of the magnetic anomalies in the software Surfer 9.0. This contour is then obtained an indication of magnetic anomalies on the measurement data. This is an anomaly that will be used as a benchmark for modeling. Modeling using magnetic data aims to identify magnetic anomalies are present in the measurement data. Magnetic anomalies are usually influenced by the hot rock that is on the bottom surface. In this study, which used magnetic data is the data of magnetic measurements in the Arjuna-Welirang. Geothermal prospect area Arjuna-Welirang located in Malang regency, regency Mojokerto, Pasuruan, and Batu. This prospect area is located in the geological environment which is dominated by old volcanic rocks quarter.*

**Key Words** : *magnetic, Arjuna – Welirang, geothermal*

# 1. DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....</b>	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI ILMIAH .....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Maksud dan Tujuan .....	2
1.2.1. Maksud Penelitian .....	2
1.2.2. Tujuan Penelitian .....	2
1.3 Pembatasan Masalah .....	2
1.4 Metode Penelitian .....	3
1.5 Konsep Geomagnetik Geothermal .....	4
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II LANDASAN TEORI .....</b>	<b>6</b>
2.1 Sistem Geothermal .....	6
2.1.1. Model Geologi Panasbumi .....	7
2.1.2. Tipe – Tipe Sistem Panasbumi .....	8
2.1.3. Eksplorasi Panasbumi .....	8
2.2 Teori Geomagnetik .....	8
2.2.1. Gaya Magnetik .....	9
2.2.2. Medan Magentik .....	9
2.2.3. Momen Magnetik .....	10
2.2.4. Intensitas Magnetik .....	10
2.2.5. Suseptibilitas Magnetik .....	10
2.2.6. Magnet Permanen .....	14
2.2.7. Induksi Magnetik .....	15

2.3	Medan Magnetik Bumi .....	16
2.3.1.	Elemen Medan Magnet Bumi .....	16
2.3.2.	Variasi Waktu .....	17
2.4	Koreksi Data Magnetik .....	18
2.5	Geologi Arjuno – Welirang .....	19
<b>BAB III</b>	<b>PENGOLAHAN DATA MAGNETIK .....</b>	<b>26</b>
3.1	Pengolahan Data Awal .....	26
3.1.1	Koreksi IGRF .....	27
3.1.2	Koreksi Harian (Diurnal) .....	29
3.1.3	Koreksi Drift .....	29
3.2	Anomali Magnetik .....	30
3.3	Kontinuasi .....	33
4.3.1.	Upward Continuation .....	33
<b>BAB IV</b>	<b>INTERPRETASI DATA TERPADU .....</b>	<b>40</b>
4.1	Hasil Prosesing .....	40
4.3	Pemodelan Anomali Magnetik .....	42
4.3.1	Lintasan A-A' .....	42
4.3.2	Lintasan B-B' .....	43
4.3.3	Lintasan C-C' .....	44
4.3.4	Penggabungan Lintasan .....	45
4.4	Interpretasi Magnetik Panasbumi .....	45
4.5	Diskusi Terpadu dan Pembahasan .....	49
4.4.1	Diskusi Geologi .....	49
4.4.2	Metode Magnetotelurik .....	51
4.4.3	Pembahasan Magnetik .....	52
4.4.4	Metode Terintegrasi .....	56
<b>BAB V</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>58</b>
5.1	Kesimpulan .....	58
5.2	Saran .....	59
<b>DAFTAR REFERENSI</b>	<b>.....</b>	<b>xiii</b>

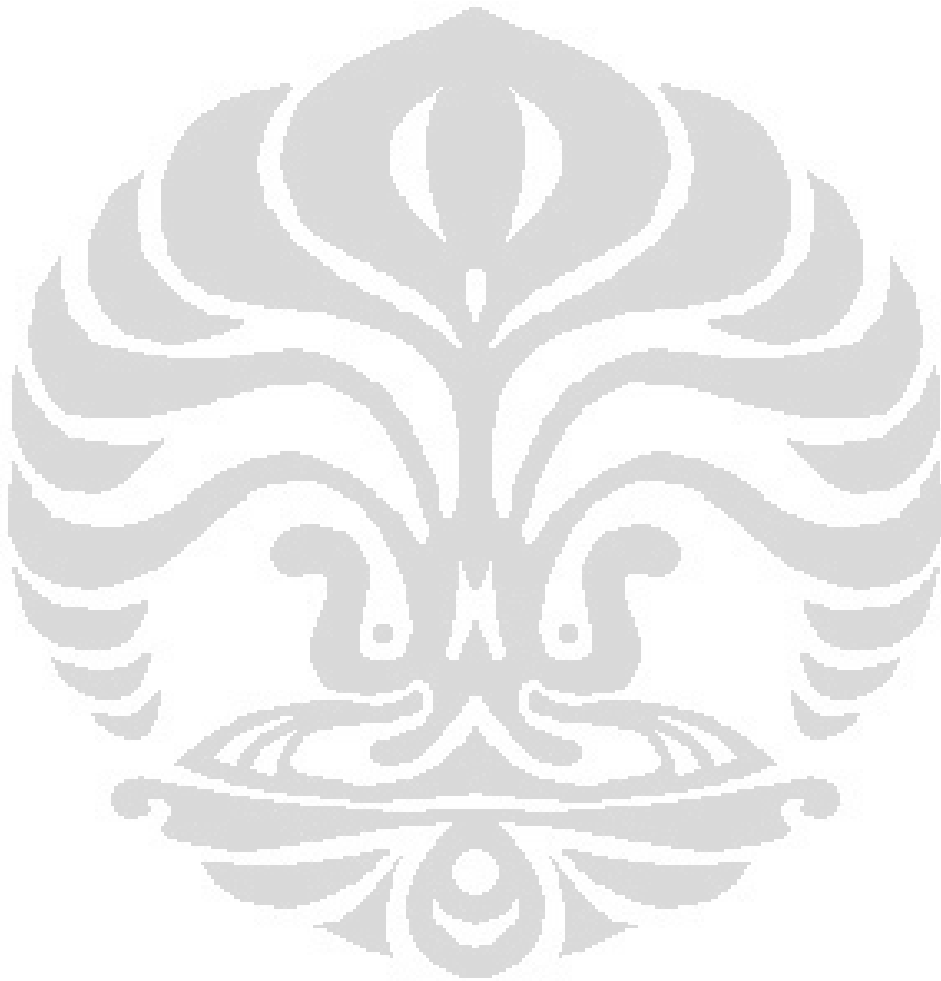
## DAFTAR GAMBAR

1.	Gambar 1.1 Diagram Alur Penelitian .....	3
2.	Gambar 2.1 Peta Sebaran Daerah Vulkanik Aktif di Indonesia dan Zona Tumbukan Lempeng Benua Eurasia dan Indo-Australia.....	7
3.	Gambar 2.2 Arah Polarisasi Ferromagnetik .....	12
4.	Gambar 2.3 Arah Polarisasi Antiferromagnetik .....	12
5.	Gambar 2.4 Arah Polarisasi Ferrimagnetik .....	13
6.	Gambar 2.5 Arah Polarisasi Paramagnetik .....	13
7.	Gambar 2.6 Arah Polarisasi Diamagnetik .....	14
8.	Gambar 2.7 Elemen Magnet Bumi .....	16
9.	Gambar 2.8 Peta Geologi Lembar Malang, Arjuna – Welirang .....	20
10.	Gambar 2.9 Peta Kompilasi Geologi dan Geokimia Panasbumi Arjuna – Welirang .....	23
11.	Gambar 4.14 Peta Geologi Daerah Panasbumi Arjuna – Welirang .....	25
12.	Gambar 4.15 Lintasan AB – CD pada Peta Geologi Panasbumi Arjuna – Welirang .....	25
13.	Gambar 3.1 Tampilan Website NGDC Calculation Geomagmodel .....	28
14.	Gambar 3.2 Segitiga Sebangun $\triangle ABC \sim \triangle APQ$ .....	29
15.	Gambar 3.3 Peta Kontur Anomali Magnetik .....	31
16.	Gambar 3.4 Peta Kontur Topografi .....	32
17.	Gambar 3.5 (a) Peta Kontur Kontinuasi Upward 50 m .....	35
18.	Gambar 3.5 (b) Peta Kontur Kontinuasi Upward 100 m .....	35
19.	Gambar 3.5 (c) Peta Kontur Kontinuasi Upward 200 m .....	36
20.	Gambar 3.5(d) Peta Kontur Kontinuasi Upward 500 m .....	36
21.	Gambar 3.5 (e) Peta Kontur Kontinuasi Upward 1000 m .....	37

22.	Gambar 3.6 Penggabungan Kontur Anomali Magnetik dan Kontinuasi Upward .....	36
23.	Gambar 4.3 Daerah Suspect Anomali <i>Body</i> .....	39
24.	Gambar 4.4 Lintasan A-A' B-B' dan C-C' pada Data Kontinuasi Upward 50m .....	40
25.	Gambar 4.5 Model Penampang Magnetik Batuan Lintasan A-A' .....	41
26.	Gambar 4.6 Model Penampang Magnetik Batuan Lintasan B-B' .....	42
27.	Gambar 4.7 Model Penampang Magnetik Batuan Lintasan C-C' .....	43
28.	Gambar 4.8 Penggabungan Model Penampang Magnetik Batuan Lintasan A-A', B-B' dan C-C' .....	44
29.	Gambar 4.09 Interpretasi Magnetik Panasbumi Lintasan A-A' .....	46
30.	Gambar 4.10 Interpretasi Magnetik Panasbumi Lintasan B-B' .....	47
31.	Gambar 4.11 Interpretasi Magnetik Panasbumi Lintasan C-C' .....	48
32.	Gambar 4.13 Daerah Section Slice Geologi Lembar Malang A-B .....	50
33.	Gambar 4.16 Model Konseptual MT Arjuna – Welirang .....	54

## DAFTAR TABEL

1. Tabel 2.1 Nilai Suseptibilitas Batuan dan Mineral ..... 11



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### I.1. LATAR BELAKANG

Investigasi anomali medan magnet bumi dihasilkan dari kandungan magnetik pada batuan yang terdapat di bawah permukaan, baik itu dari suseptibilitas magnetik dan magnetik remanent.

Prospek magnetik terlihat dari variasi pada medan magnet di bumi yang diakibatkan oleh perubahan struktur geologi di bawah permukaan atau perbedaan kandungan magnetik batuan dekat permukaan (*near surface rocks*).

Batuan sedimen biasanya memiliki suseptibilitas magnetik yang sangat kecil dibandingkan dengan batuan beku atau batuan metamorf yang cenderung memiliki kandungan magnetik yang lebih tinggi. Kebanyakan survey magnetik digunakan untuk memetakan struktur geologi pada atau didalam batuan dasar (batu kristal yang berada di bawah lapisan sedimen) atau untuk mendeteksi secara langsung keberadaan mineral magnetik.

Pada survey geothermal atau panasbumi metode magnetik digunakan untuk mengidentifikasi tipe batuan beku atau *hot rock* yang berperan sebagai sumber panas. Secara garis besar terdapat dua sistem sumber panas yaitu sistem vulkanis aktif dan sistem selain vulkanis (Marini, 2001). Daerah panasbumi dengan tipe vulkanik aktif memiliki temperatur tinggi lebih dari 180°. Temperatur tinggi akan mengakibatkan demagnetisasi pada batuan yang mengakibatkan nilai anomali magnetik menjadi rendah. Sedangkan pada tipe vulkanik tidak aktif akan memungkinkan nilai anomali magnetik bernilai tinggi karena tidak terdapat proses demagnetisasi yang menghilangkan sifat kemagnetan batuan. Oleh karenanya tipe batuan sumber panas akan lebih mudah terdeteksi melalui metode magnetik (Rosid, 2008)

## **I.2. MAKSUD dan TUJUAN**

### **I.2.1. Maksud Penelitian**

Maksud dari penelitian ini adalah melakukan permodelan menggunakan data magnetik dari hasil pengukuran di daerah gunung Arjuno Welirang, dengan tujuan mengidentifikasi anomali magnetik yang dihasilkan di daerah prospek sumber panas geothermal.

### **I.2.2. Tujuan Penelitian**

- Mengidentifikasi jenis anomali magnetik
- Membuat permodelan body anomali magnetik
- Menentukan kemungkinan adanya sumber panas

## **I.3. PEMBATALAN MASALAH**

Adanya indikasi kontras magnetisasi batuan di daerah penelitian yang belum teridentifikasi. Karenanya dibutuhkan permodelan untuk lebih memastikan bentuk body dari anomali magnetik tersebut. Permodelan dilakukan dengan menggunakan data magnetik di daerah pengukuran arjuno welirang dengan menggunakan metode forward modelling. Pengolahan dilakukan dengan menggunakan beberapa software diantaranya adalah SURFER 9.0, MAG2DC serta software online dari NGDC untuk mencari nilai referensi IGRF nya.

Agar pembahasan menjadi optimal maka penelitian dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana olah data magnetik dan permodelan hasil olah datanya?
2. Apakah indikasi awal dari anomali magnetik yang dihasilkan?
3. Apakah ada kemungkinan body *hot rock*, bila ada apa kemungkinan jenisnya?

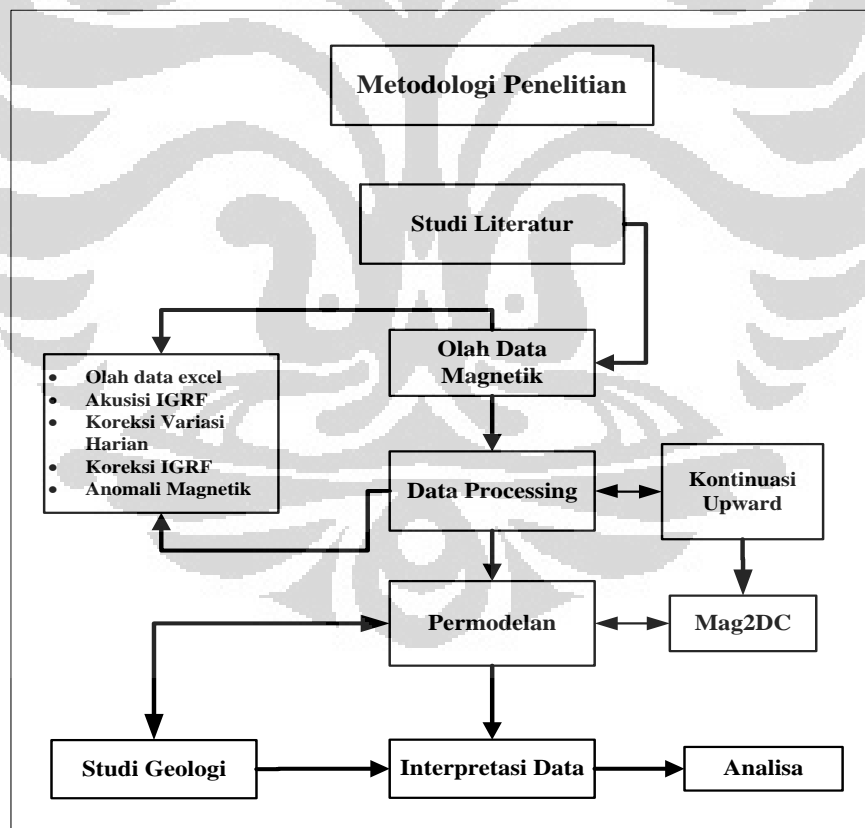


#### I.4. METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian tahap awal ini adalah studi literatur. Dimana penulis mencari dan mengumpulkan serta mempelajari studi literatur dan studi geologi baik itu dari buku maupun media internet mengenai daerah prospek geothermal Arjuno – Welirang.

Metode yang digunakan adalah metode geofisika magnetik. Yakni sebuah metode geofisika yang dilakukan dengan tujuan mencari variasi medan magnetik kerak bumi. Pengolahan data atau data prosesing nya menggunakan software SURFER 9.0 dan MAG2DC untuk membuat model penampang 2 dimensi nya. Kemudian diinterpretasikan hasil permodelannya dan dianalisis dengan memperhatikan data geologi dari daerah objek penelitian.

Secara garis besar dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 1.1 Diagram Alur Penelitian

## **I.5. KONSEP GEOMAGNETIK GEOTHERMAL**

Metoda magnetik menunjukkan kontras magnetisasi dari batuan bawah permukaan. Sebagai sebuah cara untuk eksplorasi, magnetik sudah banyak digunakan pada eksplorasi hidrokarbon untuk menentukan struktur dan pemetaan litologi batuan.

Metode ini telah sering digunakan untuk mengidentifikasi dan menentukan lokasi massa batuan yang memiliki nilai magnetik relatif tinggi. Batuan yang memiliki nilai magnetik tinggi seperti diantaranya basalt dan gabro, sementara granit, gradiorite, dan rhyolite hanya memiliki susceptibilitas magnetik yang cukup tinggi namun tidak terlalu tinggi.

Oleh karena itu, metode magnetik sangat berguna untuk pemetaan batuan vulkanik dekat permukaan yang berkaitan dengan eksplorasi geothermal. Kegunaan lainnya pada geothermal adalah sebagai metode untuk menentukan prospek geothermal termasuk pemetaan zona alterasi hidrothermal yang menunjukkan pengurangan magnetisasi relatif terhadap source rock.

Namun, metode magnetik ini tidak selalu berhasil mendeteksi anomali geothermal disetiap eksplorasi. Tidak jarang pola anomali magnetiknya kompleks karena sifat bipolar alaminya serta interpretasinya yang ambigu secara rinci.

Meskipun demikian, dalam beberapa kasus hubungan antar metode geofisika lainnya seperti gravity, thermal dan seismik, akan menghasilkan nilai batasan yang menentukan struktur bawah permukaan dan mendeteksi anomali yang berhubungan dengan zona alterasi hidrothermal.

## **I.6. SISTEMATIKA PENULISAN**

**Bab I** Mengenai latar belakang dilakukannya penelitian ini berserta tujuan yang diharapkan dapat tercapai, pembatasan masalah agar lebih spesifik arah penelitiannya, kemudian metode penelitian sebagai panduan dalam kerangka berpikir ilmiah dan terdapat sistematika penulisan.

- Bab 2** Berisi mengenai tinjauan pustaka yang di dalamnya terdapat konsep dasar sistem panasbumi dan magnetik bumi (*geomagnetics*), *diurnal variation* atau variasi harian, suseptibilitas magnetik dan batuan, serta koreksi – koreksi untuk mendapatkan nilai anomali magnetik
- Bab 3** Berisi data prosesi magnetik yang berisi mengenai desain dan metode prosesi data dalam penelitian ini yang meliputi pengolahan data magnetik, anomali magnetik, kontinuitas hingga pemilihan hasil kontinuitas yang akan digunakan untuk diinterpretasikan.
- Bab 4** Berisi interpretasi analisis dan diskusi terpadu yang dibuat berdasarkan hasil dari permodelan magnetik menggunakan software MAG2DC, yang diintegrasikan dengan data pengukuran metode geofisika sebelumnya.
- Bab 5** Terdapat hasil akhir yang merupakan kesimpulan dari penelitian yang dilakukan, serta saran yang dibuat dengan pemikiran agar penelitian selanjutnya berkaitan dengan judul ini mendapatkan hasil yang lebih representatif.

## BAB 2

### LANDASAN TEORI

#### 2.1. Sistem Geothermal

Sistem geothermal terdiri atas 4 elemen utama yaitu, batuan reservoir permeable, sistem hidrologi yang membawa air dari reservoir ke permukaan, sumber panas (*heat source*), serta *cap rock* atau *clay cap*. Dari sudut pandang geologi, sumber energi panasbumi berasal dari magma yang berada di dalam bumi. Ia berperan seperti kompor yang menyala. Magma tersebut menghantarkan panas secara konduktif pada batuan disekitarnya. Panas tersebut juga mengakibatkan aliran konveksi fluida hydrothermal di dalam pori-pori batuan. Kemudian fluida hydrothermal ini akan bergerak ke atas namun tidak sampai ke permukaan karena tertahan oleh lapisan batuan yang bersifat impermeabel. Lokasi tempat terakumulasinya fluida hydrothermal disebut reservoir, atau lebih tepatnya reservoir panasbumi. Dengan adanya lapisan impermeabel tersebut, maka hydrothermal yang terdapat pada reservoir panasbumi terpisah dengan groundwater yang berada lebih dangkal.

Dari pandangan ini, maka menjadi jelas bahwa sumber energi panasbumi yang potensial dan bernilai ekonomis tentunya hanya berada di lokasi tertentu dengan kondisi geologi yang khas.

Pengamatan yang mudah adalah dengan mencari keberadaan manifestasi panasbumi. Jika di suatu lokasi ditemukan fumarole dan mata air panas, maka sudah pasti dibawahnya ada sumber panasbumi yang membuat temperatur air tanah meningkat dan membuatnya keluar ke permukaan tanah sebagai mata air panas.

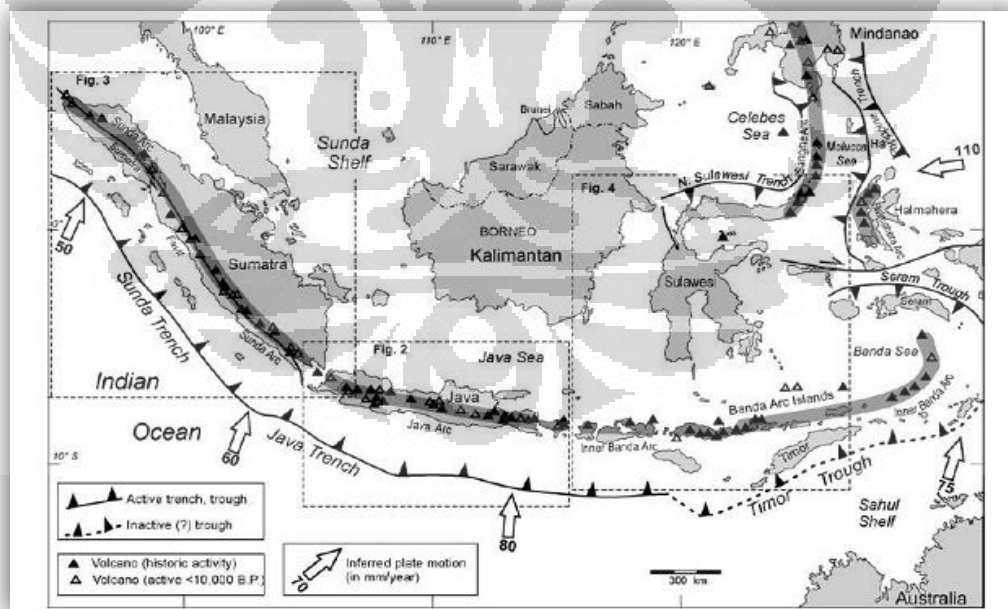
### 2.1.1. Model Geologi Panasbumi

Kondisi geologi sumber-sumber energi panasbumi yang telah ditemukan di dunia saat ini amat beragam. Namun menurut Marini (2001), secara garis besar bisa dikelompokkan kedalam dua model geologi daerah panasbumi, yaitu:

- a. Sistem Magmatik Vulkanik Aktif
- b. Sistem Selain Magmatik Vulkanik Aktif

Daerah panasbumi bertemperatur tinggi (lebih dari 180°C) yang bisa dimanfaatkan untuk pembangkit listrik, sebagian besar terdapat pada sistem magmatik vulkanik aktif. Sementara, pemanfaatan energi panasbumi untuk pemanfaatan-langsung (*direct use*) bisa diperoleh dari kedua sistem tersebut.

Sistem magmatik vulkanik aktif yang bertemperatur tinggi umumnya terdapat di sekitar pertemuan antara lempeng samudra dan lempeng benua. Posisi Indonesia tepat berada di batas antara lempeng Eurasia dan Indo-Australia. Oleh karena itu, menurut catatan Volcanical Survey of Indonesia(VSI) yang dirilis tahun 1998, di Indonesia terdapat 245 daerah prospek panasbumi (Gambar 2.1).



Gambar 2.1 Peta sebaran daerah vulkanik aktif di Indonesia dan zona tumbukan lempeng benua Eurasia dan Indo-Australia (Hochstein and Sudarman, 2008)

### **2.1.2. Tipe – Tipe Sistem Panasbumi**

Menurut Goff dan Cathy (2000), berdasarkan kriteria geologi, geofisika, hidrologi, dan teknologi, dapat dibagi atas 5 tipe, yaitu:

- a) Sistem batuan beku muda
- b) Sistem tektonik
- c) Geopressured systems
- d) Hot dry rock systems
- e) Magma tap systems

### **2.1.3. Eksplorasi Panasbumi**

Menurut DiPippo (2007), ada 5 sasaran yang mesti dicapai dalam program eksplorasi panasbumi:

1. Menentukan posisi batuan panas (*hot rock*).
2. Mengestimasi atau memperkirakan volume reservoir, temperatur fluida yang berada di-dalamnya dan permeabilitas formasi.
3. Memprediksikan apakah fluida yang bakal keluar di sumur produksi berupa uap kering (*dry steam*) atau liquid atau campuran dua-fasa (uap dan liquid).
4. Menentukan sifat kimia dari fluida panasbumi.
5. Memperkirakan potensi energi listrik yang bisa dihasilkan hingga minimal 20 tahun kedepan.

## **2.2. Teori Metode Geomagnetik**

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 mungkin dalam aplikasinya, metode magnetik mempertibangkan 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, panasbumi, dan batuan mineral serta bisa diterapkan pada pencarian prospeksi benda – benda arkeologi.

### 2.2.1. Gaya Magnetik

Apabila terdapat dua buah kutub magnetik  $m_1$  dan  $m_2$  yang berjarak  $r$  (cm), maka akan terjadi gaya Coulumb sebesar :

$$\vec{F} = \frac{m_1 m_2}{\mu_0 r^2} \hat{r} \quad (2.1)$$

Dengan  $\mu_0$  adalah permeabilitas medium dalam ruang hampa, tidak berdimensi dan berharga satu (Telford et al., 1976).

### 2.2.2. Medan Magnetik

Kuat medan ( $\vec{H}$ ) adalah gaya pada suatu kutub magnetik ( $m'$ ) jika diletakkan pada titik dalam medan magneti yang merupakan hasil dari kuat kutub  $m$  (Telford et al., 1976)

$$\vec{H} = \frac{\vec{F}}{m'} = \frac{m}{\mu r^2} \hat{r} \quad (2.2)$$

Dimana  $r$  adalah jarak titik pengukuran dari  $m$ . Diasumsikan  $m'$  jauh lebih besar dari  $m$  sehingga  $m'$  tidak menimbulkan gangguan terhadap medan  $\vec{H}$  pada titik pengukuran. Satuan medan magnetik dalam SI adalah Ampere/meter (A/m), sedangkan dalam cgs adalah oersted, dimana oersted adalah 1 (satu) dyne/unit kutub.

### 2.2.3. Momen Magnetik

Di alam, kutub magnet selalu berpasangan atau disebut dipole (kutub+ dan kutub-), yang dipisahkan oleh jarak  $l$ . Momen magnetik ( $\vec{M}$ ) didefinisikan sebagai :

$$\vec{M} = ml\hat{r} \quad (2.3)$$

$\vec{M}$  merupakan sebuah vektor pada arah vektor unit  $\hat{r}$  berarah dari kutub negatif menuju kutub positif. Arah momen magnetik dari atom material non-magnetik adalah tidak beraturan sehingga momen magnetik resultannya menjadi nol. Sebaliknya, di dalam material-material yang bersifat magnet atom – atom material tersebut teratur sehingga momen magnetik resultannya tidak sama dengan nol.

### 2.2.4. Intensitas Magnetik

Intensitas magnetisasi adalah besaran yang menyatakan seberapa intensitas keteraturan atau kesearahan arah momen-momen magnetik dalam suatu material sebagai akibat dari pengaruh medan magnet luar yang melingkupinya. Intensitas magnetisasi ( $\vec{I}$ ) didefinisikan sebagai momen magnetik  $\vec{M}$  per unit volume.

$$\vec{I} = \frac{\vec{M}}{\text{volume}} = \frac{ml}{\text{vol}} = \frac{m}{\text{area}} \quad (2.4)$$

### 2.2.5. Suseptibilitas Magnetik

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 batuan 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.

$$\vec{I} = k\vec{H} \quad (2.5)$$

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 et al., 1976).

Nilai suseptibilitas batuan dapat dilihat pada Tabel 2.1 nilai suseptibilitas batuan dan mineral dibawah ini :

Tabel 2.1 Nilai Suseptibilitas Magnetik (Mustang dan Dendi, 1990)

Batuan	Susceptibility ( $10^{-6}$ cgs)
Lava Andesit	0.02 - 0.04
Breksi	0.01 - 0.03
Alterasi Lempung	0.01 - 0.03
Bongkah Silisifikasi	0.00 - 0.02
Aliran Piroklastik	0.03 - 0.11
Lava Dasitik	0.00 - 0.02
Andesit Piroksen	1.00 - 1.20
Andesit Terubah	0.07 - 0.11
Lempung Kaolin	0.00 - 0.02

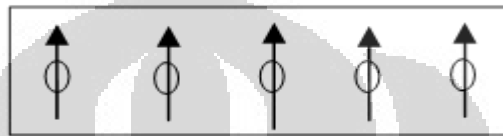
Berdasarkan nilai suseptibilitas magnetik, material dibedakan menjadi :

a. Ferromagnetik

Suseptibilitas magnetik material ferromagnetik sebesar  $\{10^2 < k < (1.6 \times 10^6)\} \times 10^{-6}$  emu dan tidak bergantung pada temperatur curie karena material-material atom mempunyai momen magnet dan interaksi antara atom terdekatnya sangat kuat, kombinasi orbit elektron dan gerak spinnya

menghasilkan magnet yang kuat. Material ferromagnetik dibagi lagi menjadi beberapa macam yaitu ferromagnetik, antiferromagnetik dan ferrimagnetik. Nilai  $k$  nya positif dan tidak tergantung pada temperatur Curie, karena material2 atom mempunyai momen magnet dan interaksi antara atom terdekatnya sangat kuat. Kombinasi orbit elektron dan gerak spin-nya menghasilkan magnet yang kuat. Tipe ini dibagi lagi menjadi 3 jenis, yaitu :

1. Ferromagnetik ( besi, nikel, kobalt)  $\neq$  jarang dalam bentuk murni



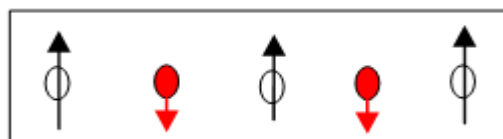
Gambar 2.2 Arah Polarisasi Ferromagnetik (Rosid, 2008)

2. Antiferromagnetik ( hematite  $Fe_2O_3$  ). Ini merupakan material yang tidak umum. Misal superkonduktor  $URu_2Si_2$ , logam Chromium Cr, Alloys FeMn, dan NiO.



Gambar 2.3 Arah Polarisasi Antiferromagnetik (Rosid, 2008)

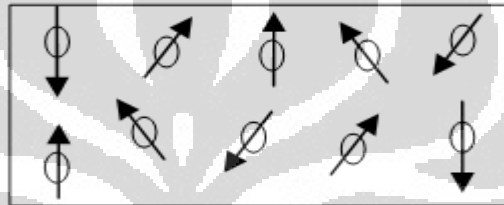
3. Ferrimagnetik (magnetite  $Fe_3O_4$ , x ilmenite  $FeTiO_3$ ). Material ini muncul dalam bentuk garnet ferrit dan magnetik. Material magnetik paling tua yang ditemukan adalah magnetite (iron (II, III) oxide). Contoh lainnya: Almunium, Cobalt, Nikel, Mangan dan Seng.



Gambar 2.4 Arah Polarisasi Ferrimagnetik (Rosid,2008)

b. Paramagnetik

Material paramagnetik mempunyai harga suseptibilitas magnetik ( $4 < k < 36000$ )  $\times 10^{-6}$  emu dan berbanding terbalik dengan temperatur curie. Medan magnet pada material ini hanya ada jika ia dimagnetisasi oleh medan magnet dari luar saja. Jika pengaruhnya dihilangkan maka hilang pula magnetnya. Karena adanya pengaruh thermal maka gerakannya menjadi acak kembali. Jumlah elektronnya ganjil. Momen magnet atomnya searah dengan medan polarisasi dan induksi magnetiknya bernilai kecil karena sebagian kecil spin saja yang teraliansi.

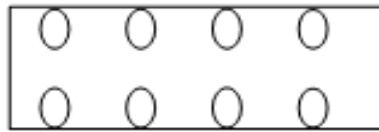


Gambar 2.5 Arah Polarisasi Paramagnetik (Rosid,2008)

Nilai  $k$  nya positif dan berbanding terbalik dgn temperatur absolut (hk. Curie – Weiss). Jumlah elektronnya ganjil. Momen magnet atom nya searah dgn medan polarisasi dan induksi magnetiknya bernilai kecil karena hanya sebagian kecil spin saja yang teraliansi. Temperatur Curie  $\pm$  kedalaman 20 km. Berperan sebagai silicate : olivine, pyroxene, amphibole, & biotite.

c. Diamagnetik

Sedangkan material diamagnetik mempunyai harga suseptibilitas magnetik sebesar ( $-8 < k < 310$ )  $\times 10^{-6}$  emu. Karena harga suseptibilitasnya negatif maka intensitas induksi akan berlawanan arah dengan gaya magnetnya. Semua material menunjukkan respon sebagai diamagnetik ketika ia berada dalam medan magnet.



Gambar 2.6 Arah Polarisasi Diamagnetik (Rosid, 2008)

Nilai dari  $k$  negatif, maka intensitas induksinya akan berlawanan arah dgn gaya magnetnya/ medan polarisasi. Semua material menunjukkan respon sebagai diamagnetik ketika ia berada dalam medan magnet. Contoh batuan: kuarsa, marmer, graphite, rock salt, anhydrite/gypsum, air, kayu dan beberapa bahan organik seperti minyak dan plastik dan beberapa logam diantaranya tembaga. Jumlah elektron dlm atom nya genap dan semuanya sudah saling berpasangan, sehingga efek magnetisasinya paling kuat dlm medan polarisasi.

Magnet permanen adalah sifat magnetik yang tidak hilang setelah medan eksternal dihilangkan. Batuan beku dan batuan sedimen memiliki magnet permanen dalam tingkatan yang berbeda dan fenomena ini berlaku secara umum.

#### 2.2.6. 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 remanennya merupakan fungsi logaritmik terhadap waktu, jadi prosesnya butuh waktu lama. Proses ini lebih merupakan sifat dari batuan berbutir halus dari pada berbutir kasar. Magnet remanent ini cukup stabil.

### 2.2.7. Induksi Magnetik

Suatu bahan magnetik yang diletakkan dalam medan luar  $\vec{H}$  akan menghasilkan medan tersendiri  $\vec{H}'$  yang meningkatkan nilai total medan magnetik bahan tersebut. Induksi magnetik yang didefinisikan sebagai medan total bahan ditulis sebagai berikut :

$$\vec{B} = \vec{H} + \vec{H}' \quad (2.6)$$

Hubungan medan sekunder  $\vec{H}'$  dengan intensitas magnetisasi adalah :

$$\vec{H}' = 4\mu\vec{I} \quad (2.7)$$

Kedua persamaan diatas jika digabungkan akan menjadi :

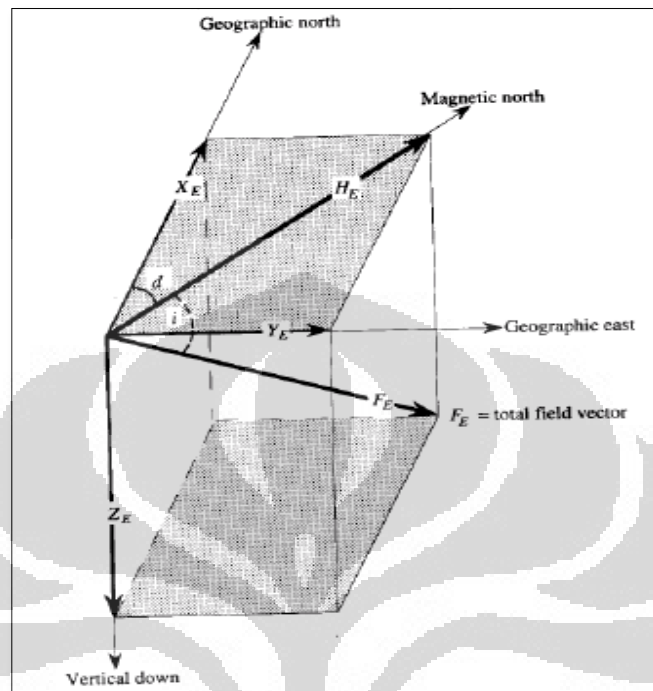
$$\vec{B} = (1 + 4\mu k)\vec{H} \quad (2.8)$$

Konstanta  $(1 + 4\mu k)$  sama dengan permeabilitas magnetik ( $\mu$ ) yang juga merupakan perbandingan antara  $\vec{B}$  dan  $\vec{H}$ , atau ditulis sebagai berikut :

$$\vec{B} = \mu\vec{H} \quad (2.9)$$

## 2.3. Medan Magnetik Bumi

### 2.2.1. Elemen Medan Magnetik Bumi



Gambar 2.7 Elemen – elemen medan magnetik bumi

Elemen-elemen medan magnetik bumi adalah medan total  $F_E$ , medan horizontal  $H_E$ , medan vertikal  $Z_E$ , komponen  $H_E$  ke arah utara  $X_E$ , komponen  $H_E$  ke arah timur  $Y_E$ , deklinasi  $d$  dan inklinasi  $i$ . Intensitas komponen horizontalnya adalah :

$$\vec{H} = \sqrt{\vec{X}_E^2 + \vec{Y}_E^2} \quad (2.10)$$

Intensitas total medan magnetik bumi adalah :

$$F_E = \sqrt{\vec{H}^2 + \vec{Z}_E^2} = \sqrt{X_E^2 + Y_E^2 + Z_E^2} \quad (2.11)$$

Medan magnet bumi juga mempunyai sudut inklinasi ( $i$ ) dan deklinasi ( $d$ ). Sudut inklinasi adalah sudut vertikal antara vektor intensitas medan magnet total dengan bidang horizontal.

$$i = \text{arc tan} \frac{\vec{Z}_E}{\sqrt{\vec{X}_E^2 + \vec{Y}_E^2}} \quad (2.12)$$

Deklinasi adalah sudut yang dibentuk antara utara geografis dengan utara magnetik.

$$d = \text{arc sin} \frac{\vec{Y}_E}{\sqrt{\vec{X}_E^2 + \vec{Y}_E^2}} \quad (2.13)$$

### 2.2.2. 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. Menurut Telford,etal. (1976) periode terjadinya badai magnetik berhubungan dengan aktivitas bintik hitam matahari (*sunspot*). 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 relatif 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)*.

### 2.4. Koreksi Data Magnetik

Untuk mendapatkan anomali medan magnetik yang menjadi target survei, maka data magnetik yang telah diperoleh harus dibersihkan atau dikoreksi dari pengaruh beberapa medan magnet yang lain. Secara umum beberapa koreksi yang dilakukan dalam survei magnetik meliputi :

#### 1. Koreksi Harian

Merupakan koreksi yang dilakukan terhadap data magnetik terstruktur untuk menghilangkan pengaruh medan magnet luar atau variasi harian.

#### 2. Koreksi IGRF

Merupakan koreksi yang dilakukan terhadap data medan magnet terukur untuk menghilangkan pengaruh medan magnet utama bumi, dimana medan magnet IGRF adalah referensi medan magnet disuatu tempat.



### 3. Koreksi Drift

Pada dasarnya koreksi drift yang dilakukan pada data magnetik sama dengan yang dilakukan pada data gravity.

Dengan demikian nilai anomali medan magnet total atau target yang disurvei adalah :

$$\bar{H}_A = \bar{H}_T - \bar{H}_M - \bar{H}_L \quad (2.14)$$

$\bar{H}_T$  = medan magnetik total bumi

$\bar{H}_M$  = medan magnet utama bumi

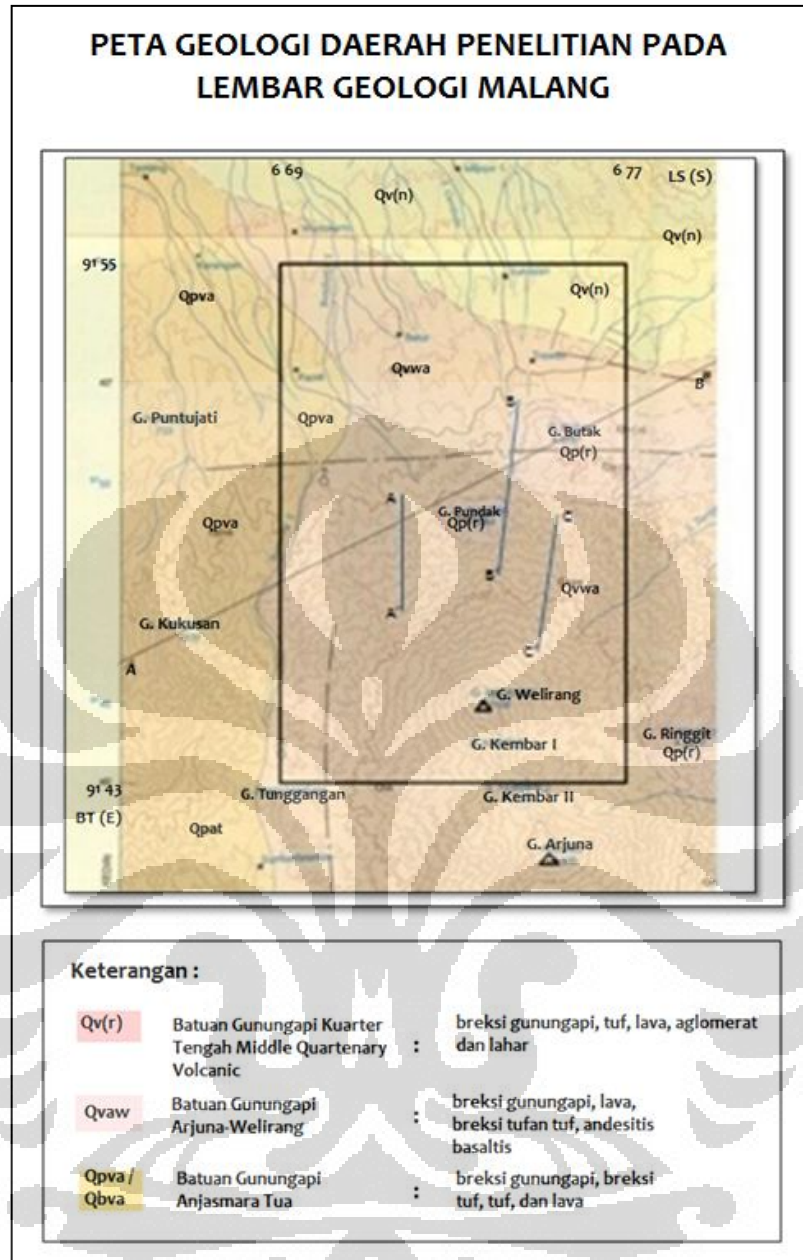
$\bar{H}_L$  = medan magnet luar

$\bar{H}_A$  = medan magnet anomali

#### 2.5. Geologi Arjuno – Welirang

Arjuno – Welirang merupakan salah satu area prospek panasbumi di Provinsi Jawa Timur, yang terletak di wilayah Kabupaten Malang, Mojokerto, Pasuruan dan Kota Batu. Daerah prospek ini berada di lingkungan geologi yang didominasi oleh batuan vulkanik berumur kuartar.

Survey geologi adalah survey yang bertujuan untuk meneliti manifestasi yang muncul ke permukaan seperti singkapan batuan ataupun struktur patahan yang terlihat jelas di daerah penelitian. Pada dasarnya survey geologi merupakan penelitian awal dari rangkaian eksplorasi yaitu untuk mendapatkan data geologi disekitar daerah penelitian yang berfungsi untuk proses interpretasi pada tahap lebih lanjut. Hasil survey geologi akan digabungkan dengan data geofisika agar dapat melakukan proses interpretasi karena data geofisika hanya memberikan informasi berdasarkan parameter – parameter secara fisis tergantung dari metode apa yang digunakan.



Gambar 2.8 Peta Geologi Lembar Malang, Arjuno – Welirang (Santosa dan Suwarti, 1992)

Berdasarkan Gambar 4.12 Peta Geologi Daerah Penelitian Pada Lembar Malang daerah pengukuran Arjuno – Welirang berada pada sekitar latitude 66800 s.d 67700 (E) dan longitude 9143000 s.d 9155000 (S). Berdasarkan koordinat tersebut terdapat beberapa lapisan batuan yang dilewati pada daerah pengukuran yaitu :

- a. Batuan Vulkanik Gunung Anjasmara Muda (Qpva) yang secara umum jenis batuan yang terdapat di bawahnya sama dengan dan Batuan Vulkanik Gunung Anjasmara Tua (Qpat) hanya dibedakan dari segi umur terbentuknya saja, dimana Qpva terbentuk pada umur Plistosen Tengah. Contoh batuan pada jenis ini antara lain endapan piroklastik, andesit, piroksen, basalt dan olivin. (Santosa dan Suwarti, 1992)
- b. Batuan Vulkanik Ringgit (Qp(r)) yang merupakan endapan hasil erupsi Gunung Arjuna – Welirang Tua dan tebalnya diduga beberapa ratus meter. Nama lain untuk Batuan Vulkanik Ringgit adalah “*Old Arjuna Volcanic*”. Lapisan batuan ini terbentuk pada sekitar plistosen tengah menuju akhir. Contoh batumannya antara lain adalah breksi, tuf, aglomerat, lava dan lahar. (Santosa dan Suwarti, 1992)
- c. Batuan Vulkanik Gunung Penanggungan (Qv(n)) yang merupakan endapan piroklastika parasit besar pada kaki/lereng timur laut dari Gunung Arjuna – Welirang. Termasuk batuan vulkanik kuartar atas karena terbentuk sekitar plistosen holosen. Contoh batumannya yaitu breksi gunung api, tuff, lava, breksi tufan, aglomerat dan lahar. (Santosa dan Suwarti, 1992)
- d. Batuan Vulkanik Gunung Arjuna – Welirang (Qvwa) merupakan batuan hasil erupsi besar dari Gunung Arjuna – Welirang tua juga produk baru dari Gunung Arjuna – Welirang. Termasuk batuan kuartar akhir (*late*). Contoh batumannya antara lain breksi gunung api, tufan, andesit, basal, mafik, piroksen, dan gamping.

Pembagian satuan geomorfologi daerah Arjuno - Welirang dilakukan dengan menganalisa bentuk bentang alam dari ciri - ciri di permukaan dan perhitungan analisis morfometri serta morfografi pada klasifikasi morfologi gunungapi. Berdasarkan kriteria tersebut maka satuan morfologi di kompleks Gunung Arjuno - Welirang dapat dibedakan menjadi tujuh satuan geomorfologi, yaitu satuan tubuh Gunung Anjasmoro, tubuh tua kompleks Arjuno – Welirang, erupsi samping Gunung Bulak dan Pundak, tubuh muda Gunung Arjuno – Welirang , Puncak Gunung Arjuno – Welirang, Kaki Gunung Arjuno – Welirang, Kaki Gunung Penanggungan.

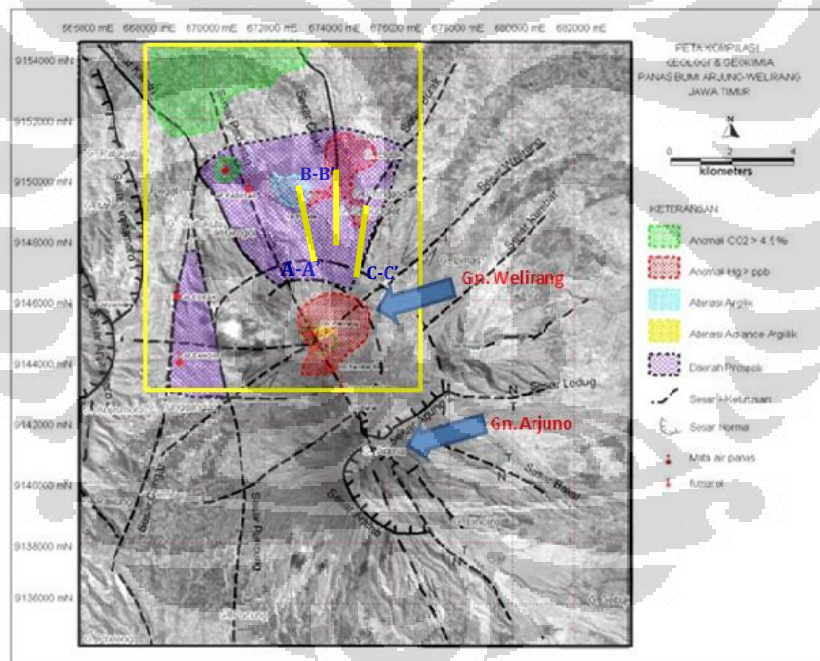
Secara garis besar Komplek Gunungapi Arjuno-Welirang terbagi menjadi bagian, yaitu batuan alas, produk erupsi Arjuno-Welirang Tua dan produk erupsi Arjuno-Welirang Muda. Berdasarkan data regional dan tatanan tektonik Jawa Timur, daerah penyelidikan berada pada Zona Kendeng yang merupakan suatu antiklinorium dengan batuan dasar berupa batuan beku dan sedimen. Berdasarkan data di atas posisi daerah penyelidikan yang berada di bagian selatan zona Kendeng diperkirakan tersusun oleh batuan yang sama berupa batuan beku dan sedimen, walaupun pada pemetaan di lapangan tidak ditemukan batuan sedimen yang muncul di permukaan, hal tersebut diperkirakan karena tutupan dari produk vulkanik Arjuno Welirang yang cukup tebal dan luas. Pemetaan geologi panasbumi dengan metoda vulkanostratigrafi dapat mendelineasi perpindahan sumber panas (heat source) yang sangat terkait dengan pola struktur geologi di area prospek panasbumi tersebut. Kenampakan di lapangan ditunjukkan dengan munculnya pusat – pusat erupsi yang membentuk pola kelurusan berarah barat laut tenggara. Setidaknya terdapat 5 (lima) pusat erupsi yaitu Gunung Welirang, Gunung Arjuno, Gunung Kembar I, Gunung Kembar II, dan erupsi samping pada Gunung Butak, serta Gunung Pundak di utara dan Gunung Tunggangan di bagian barat. Masing - masing produk gunungapi tersebut diklasifikasikan sebagai letusan magmatik yang menghasilkan produk berupa lava dan piroklastik. Gambaran batuan vulkanik G. Arjuno – Welirang diawali oleh sejarah erupsi G. Arjuno – Welirang Tua. Deformasi tektonik yang sangat kuat mempengaruhi aktivitas vulkanik G. Arjuno – Welirang, sehingga posisi kawah utama G. Arjuno – Welirang Tua sulit ditentukan. Berdasarkan analisis citra dan kenampakan morfologi di lapangan pembentukan batuan erupsi samping terbentuk sebelum terbentuknya Gunung Welirang, dicirikan oleh pola aliran lava yang cenderung menabrak Gunung Pundak dan Gunung Bakal sehingga mengalir ke sampingnya.

Secara garis besar kompleks Gunungapi Arjuna – Welirang terbagi menjadi beberapa bagian, yaitu batuan alas, produk erupsi Arjuna – Welirang Tua dan produk erupsi Arjuna – Welirang Muda. Berdasarkan data regional dan tatanan tektonik Jawa Timur, daerah penyelidikan berada pada Zona Kendeng yang

merupakan suatu antiklinorium dengan batuan dasar berupa batuan beku dan sedimen.

Berdasarkan data diatas, posisi daerah penelitian berada di bagian selatan zona Kendeng diperkirakan tersusun oleh batuan yang sama berupa batuan beku dan sedimen. Diperkirakan juga daerah penelitian pada permukaan tertutup oleh produk vulkanik Arjuna – Welirang yang cukup tebal dan luas.

Survey magnetik yang dilakukan pada daerah prospek panasbumi Arjuna-Welirang dilakukan sebanyak 284 titik stasiun. Lokasinya terdistribusi barat – barat laut – utara dari gunung Welirang. Titik ini juga melingkupi manifestasi permukaan yang ada seperti mata air panas Padusan, Cangar dan Coban seperti ditunjukkan pada Gambar 2.9 Peta Kompilasi Geologi dan Geokimia Panasbumi Arjuna – Welirang dibawah ini.



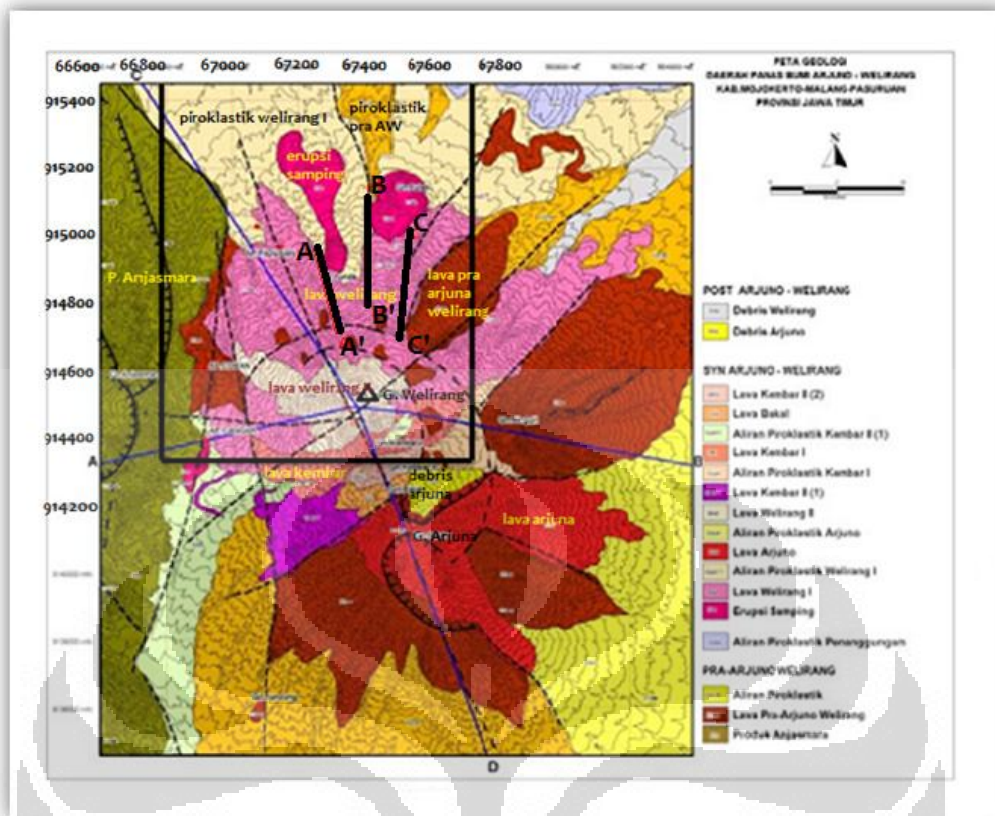
Gambar 2.9 Peta Kompilasi Geologi & Geokimia Panasbumi Arjuna – Welirang (PSDG, 2010)

Penyelidikan terpadu geologi dan geokimia juga telah dilakukan di daerah panasbumi Arjuna – Welirang. Hasil penyelidikan geologi menyatakan bahwa secara garis besar kompleks Gunungapi Arjuna – Welirang terbagi menjadi beberapa bagian yaitu batuan alas, produk erupsi Arjuna – Welirang Tua dan

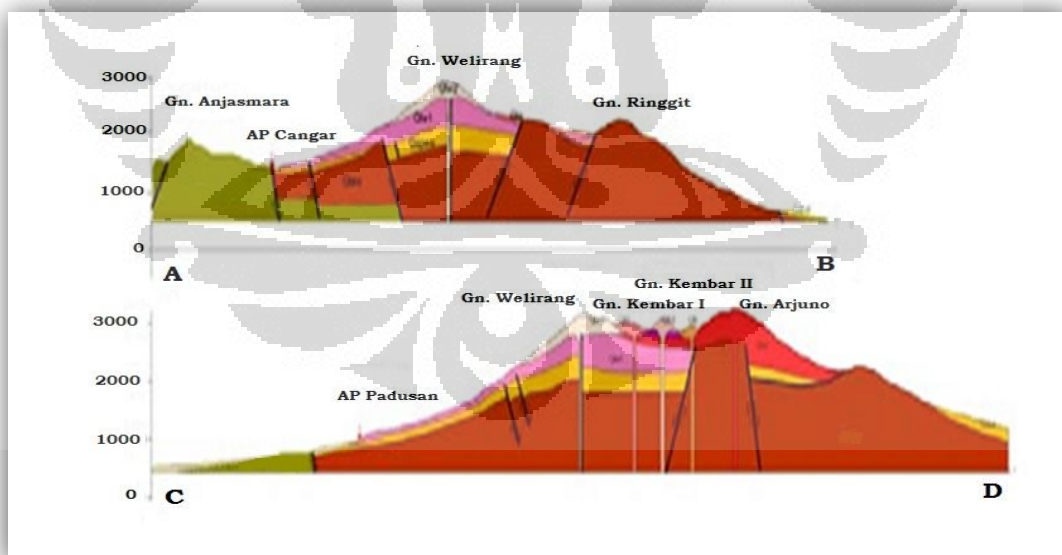
produk erupsi Arjuna – Welirang Muda. Berdasarkan data regional dan tatanan tektonik Jawa Timur, daerah penyelidikan berada pada Zona Kendeng yang merupakan suatu antiklinorium dengan batuan dasar batuan beku dan sedimen. Sekalipun tidak terlalu banyak sedimen terpetakan di permukaan lapangan, diperkirakan tertutup dari produk vulkanik Arjuna – Welirang yang cukup tebal dan luas.

Setidaknya terdapat 5 pusat erupsi yang terbentuk pada pola kelurusan berarah barat – tenggara yakni Gunung Welirang, Gunung Arjuno, Gunung Kembar I dan Gunung Kembar II, serta erupsi samping pada Gunung Butak dan Gunung Pundak di utara dan Gunung Tunggangan di Barat. Berdasarkan analisa citra dan kenampakan morfologi di lapangan, menunjukkan pembentukan erupsi samping terjadi sebelum terbentuknya Gunung Welirang, hal ini terlihat dari pola aliran lava yang cenderung menabrak Gunung Pundak dan Gunung Butak sehingga mengalir ke sampingnya. Yang kemudian setelahnya terjadi erupsi besar pada Gunung Arjuna – Welirang Tua yang mengakibatkan kekosongan material pada produk Arjuna – Welirang Tua karena material vulkanik dikeluarkan pada saat erupsi besar terjadi, sehingga nampak bentukan *ring fracture* berupa zona amblasan/*collapse*. Kekosongan itu kemudian memunculkan produk Welirang dan Arjuna Muda yang dipengaruhi oleh sesar mendatar permukaan (Sesar Dekstral Padusan) yang berarah barat laut – tenggara sebagai antitentik dari Sesar Sinistral Welirang yang berarah baratdaya – timurlaut. (Gambar 2.10 Peta Geologi Panasbumi Arjuna – Welirang)

Gambar 2.11 lintasan AB – CD pada peta geologi panasbumi Arjuna – Welirang memperlihatkan susunan perlapisan batuan berarah barat laut tenggara (CD) dan barat timur pada lintasan AB



Gambar 2.10 Peta Geologi Daerah Panasbumi Arjuna – Welirang (Hadi, 2008)



Gambar 2.11 Lintasan AB – CD pada Peta Geologi Panasbumi Arjuna – welirang (Hadi, 2008)

## BAB 3

### PENGOLAHAN DATA MAGNETIK

#### 3.1. Pengolahan Data Awal

Pengambilan data magnetik bertujuan untuk mengamati besaran Medan Magnetik Total (H) bumi pada titik tertentu. Dari data yang diperoleh akan didapatkan benda magnet terinduksi dimana nilai medan magnet (H) tersebut harus dikurangi oleh nilai medan magnet yang menginduksi sehingga akan menghasilkan nilai medan magnet yang disebut Anomali Magnet ( $\Delta H$ ).

Data yang diperoleh dari lapangan belumlah berupa data yang menunjukkan nilai anomali magnetik melainkan masih berupa data mentah hasil pengukuran di lapangan dimana masih terdapat pengaruh dari dalam dan luar bumi. Oleh karenanya dibutuhkan suatu koreksi terhadap data lapangan tersebut dengan tujuan untuk mendapatkan nilai anomali magnetik yang sudah tidak dipengaruhi oleh nilai magnetik dari dalam dan luar bumi tersebut.

Terdapat 2 koreksi utama yang diterapkan pada data lapangan yaitu Koreksi IGRF dan Koreksi Harian (*Diurnal Correction*). Koreksi IGRF digunakan untuk menghilangkan pengaruh medan magnet dari dalam bumi yang disebabkan oleh medan magnet utama (*Out Core*) serta medan magnet dari kerak bumi. Sementara Koreksi Harian berfungsi untuk menghilangkan pengaruh medan magneti yang berasal dari luar bumi seperti pengaruh atmosfer (ionosfer).

Selain itu dilakukan juga koreksi drift yang berfungsi sebagai faktor koreksi data base. Tujuan dilakukannya koreksi drift ini adalah untuk melihat perubahan nilai intensitas magnetik di base station yang bergantung pada waktu.



### 3.1.1. Koreksi IGRF (*International geomagnetic Reference Field*)

Koreksi geomagnetik diperlukan karena medan magnet bumi bervariasi secara alami sebagai salah satu bergerak dari kutub ke khatulistiwa. Variasi ini merupakan derajat predicable karena itu disebut bidang referensi geomagnetik. *International Geomagnetic Reference Field* (IGRF) mendefinisikan medan magnet teoritis tidak terganggu pada setiap titik di permukaan bumi. Sekitar 90% dari lapangan Bumi dapat diwakili oleh bidang dipol magnetik teoritis di pusat Bumi miring pada sekitar 11,5 derajat ke sumbu rotasi. Momen magnetik *dipole geosentris* dapat dihitung dari bidang yang diamati. Jika bidang ini dipol dikurangi dari medan magnet yang diamati, bidang sisa kemudian dapat dirata – ratakan oleh dipol sekunder yang lebih kecil. Proses ini dapat diulangi berkali-kali dengan memposisikan dipol kecil dan lebih kecil ke saat pernah menurun sampai medan geomagnetik diamati disimulasikan dengan tingkat akurasi yang diperlukan. Efek dari setiap kontribusi dipol fiktif bersifat harmonik.

Koreksi IGRF merupakan koreksi secara regional yang dilakukan terhadap data magnet terukur untuk menghilangkan pengaruh medan utama magnet bumi. Koreksi ini bersifat global. Koreksi ini dilakukan dengan cara mengurangi nilai medan magnet yang terbaca dengan nilai IGRF daerah tersebut.

Nilai IGRF dapat diperoleh dari peta isodinamis, yaitu peta yang menggambarkan daerah yang memiliki harga intensitas magnetik yang sama di suatu daerah pada kurun waktu tertentu. Data nilai koreksi IGRF sekarang dapat diperoleh dari situs *National Geophysical Data Center* (NDGC) untuk data geomagnetik. Data yang dihasilkan dari hasil kalkulasi merupakan data realtime karena dapat disesuaikan daerah (regional) nya sesuai dengan waktu pengukuran yang berlangsung, sehingga bernilai lebih akurat. Parameter yang diperlukan untuk memperoleh nilai referensi IGRF dari situs ini antara lain nilai lintang dan bujur wilayah pengukuran, ketinggian, serta tanggal bulan dan tahun pengukuran.

Untuk mendapatkan nilai IGRF disuatu wilayah saat ini bisa langsung digunakan cara online melalui website [www.ngdc.gov/geomagmodels/struts/calsIGRFWMM](http://www.ngdc.gov/geomagmodels/struts/calsIGRFWMM), maka akan muncul tampilan berikut :

The screenshot shows the NOAA National Geophysical Data Center website interface for calculating IGRF values. The form is structured as follows:

City or Location	Latitude	Longitude	Model	Elevation
Zip Code: <input type="text"/> <input type="button" value="Get Location"/> or Select a Country: <input type="text"/> Select a City: <input type="text"/>	Lat: <input type="radio"/> North <input type="radio"/> South Degree: <input type="text" value="6"/> Minute: <input type="text" value="31"/> Second: <input type="text" value="35"/>	Lon: <input type="radio"/> East <input type="radio"/> West Degree: <input type="text" value="112"/> Minute: <input type="text" value="32"/> Second: <input type="text" value="36"/>	Model: <input type="text" value="IGRF 11"/>	Elevation: <input type="text" value="8.66"/> <input type="radio"/> Feet <input type="radio"/> Meters <input type="radio"/> Kilometers

Start Date: Day: 15, Month: March, Year: 2010  
 Step Size: Years: 1  
 End Date: Day: 31, Month: March, Year: 2010

Gambar 3.1 Tampilan Website NDGC Calculation Geomagmodel (NDGC,2012)

Pada kolom koordinat silahkan tentukan Lintang (Latitude) dan bujur (Longitude) nya. kemudian input nilai - nilai koordinatnya (dalam bentuk derajat, menit, detik). Pada kolom "Model" silahkan pilih "IGRF 10". Pada Kolom "Elevation" silahkan input nilai elevasi dan tentukan pula satuan yang dipakai. Pada kolom "start date" dan "End date" silahkan input waktu dimulainya dan berakhirnya pengukuran (tgl, bln, thn). Pada kolom "step size" input "2010". Kemudian klik "compute magnetic Field Values" untuk memperoleh hasilnya.

Setelah mendapatkan nilai IGRF maka data tersebut digunakan untuk melakukan koreksi yaitu dengan cara mengurangi dari data hasil koreksi diurnal yang sebelumnya sudah di dapatkan.

### 3.1.2. Koreksi Harian (*Diurnal Correction*)

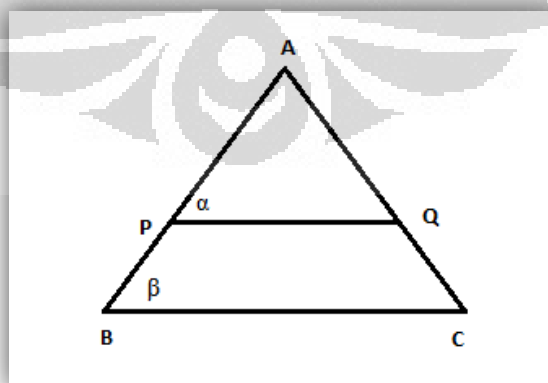
Medan magnet bumi bervariasi dari permukaan itu dari waktu ke waktu dan tempat ke tempat. Perubahan ini terutama disebabkan oleh variasi dalam aktivitas flare matahari dan efek badai matahari yang ada pada lokasi yang berbeda di bumi. Ada beberapa cara untuk menghilangkan efek – efek variasi harian (*diurnal*).

Koreksi harian atau variasi harian merupakan variasi medan magnet yang sebagian bersumber dari medan magnet luar yang berasal dari perputaran arus listrik di dalam lapisan ionosfer. Ion – ion yang dihasilkan dari lapisan udara yang terionisasi oleh matahari sehingga menjadi ion – ion yang akan menjadi magnet ketika ada listrik di ionosfer (Rosid, 2009). Variasi harian ini juga dipengaruhi oleh adanya aktivitas badai matahari, dimana akan mengakibatkan nilai magnet yang tinggi.

### 3.1.3. Koreksi Drift (*Drift Correction*)

Koreksi ini dilakukan pada base camp yang telah terlebih dahulu dikoreksi terhadap base station. Hasil koreksi digunakan untuk mengoreksi nilai bacaan pada tiap – tiap titik ukur (*station*).

Cara kerjanya sama seperti pada metode gravity, yang menggunakan prinsip segitiga sebangun. Seperti pada Gambar 3.2  $\Delta ABC \sim \Delta APQ$ .



Gambar 3.2 Segitiga Sebangun  $\Delta ABC \sim \Delta APQ$

$$T_{dc} = T_{obs} - \frac{T_{Base2} - T_{Base1}}{t_{Base2} - t_{Base1}} \times (t_{obs} - t_{Base1}) \quad (3.1)$$

Dimana :

$T_{dc}$  : Nilai koreksi drift terhadap base

$T_{obs}$  : Nilai medan magnet terukur dilapangan

$T_{Base2}$  : Nilai medan magnet akhir terukur tiap station

$T_{Base1}$  : Nilai medan magnet awal terukur tiap station

$t_{Base2}$  : Waktu pengukuran akhir tiap station

$t_{Base1}$  : Waktu pengukuran awal tiap station

$t_{obs}$  : Waktu pengukuran medan magnet di base

Pada data magnetik koreksi drift dilakukan terhadap waktu pengukuran. Sehingga nilai magnetik observasi nya dapat disesuaikan tiap satuan waktu.

### 3.2. Anomali Magnetik

Setelah melalui proses koreksi IGRF dan Koreksi Harian, maka akan didapatkan nilai anomali magnetik total lapangan yang merupakan nilai magnetik kerak bumi..

$$\Delta T = (T_{obs} - T_{IGRF} - T_{VH}) \pm T_{dc} \quad (3.2)$$

Dimana :

$\Delta T$  = Anomali magnetik total

$T_{obs}$  = Nilai medan magnet terukur di lapangan

$T_{IGRF}$  = Nilai medan magnet utama menurut isodinamik

$T_{VH}$  = Nilai variasi harian (*diurnal variation*)

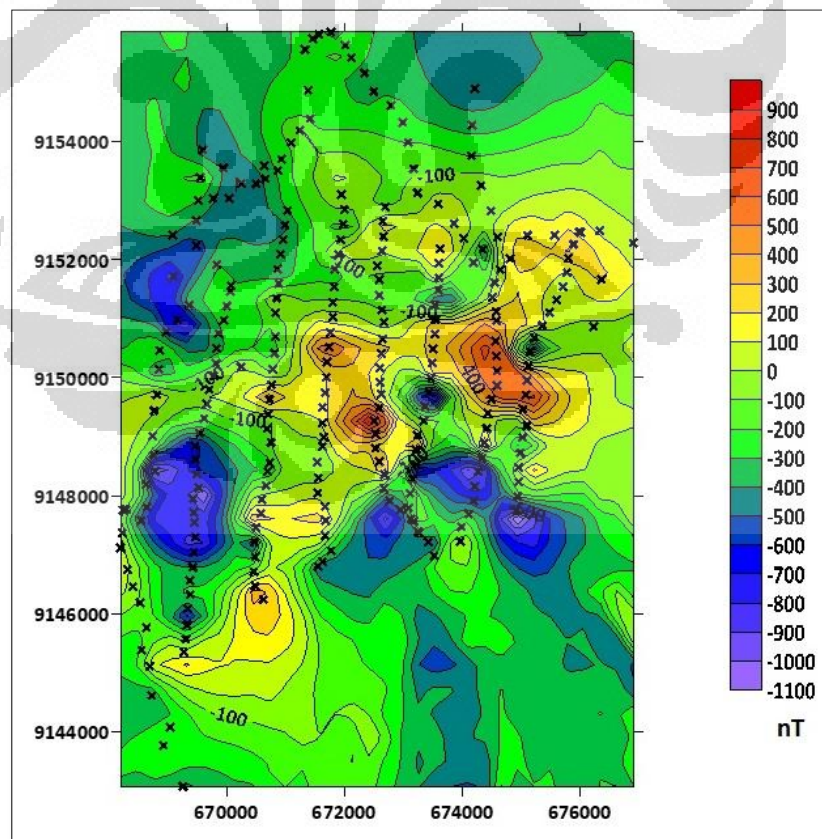
$T_{dc}$  = Nilai koreksi drift terhadap base.

Nilai anomali magnetik awal yang didapat kemudian dijumlahkan dengan nilai koreksi drift yang dihasilkan dari perhitungan koreksi drift.

Nilai koreksi tersebut dijumlahkan tergantung dari proses perhitungannya. Apabila perhitungan drift yang dilakukan adalah dengan cara mengurangi data akhir dengan data awal pengukuran, maka koreksi tersebut haruslah ditambahkan. Namun apabila proses perhitungan yang dilakukan adalah mengurangi data awal dengan data akhir, maka nilai koreksi yang didapat digunakan sebagai pengurang.

Setelah proses pengolahan selesai dilakukan maka hasil akhir kita mendapatkan nilai anomaly magnetic yang kemudian akan di Plot untuk melihat hasil dari anomaly magnetic tersebut. Plot dilakukan pada program/software SURFER 9. Teknisnya hanya tinggal melakukan proses griding data dimana data yang di Input merupakan kordinat (x dan Y) serta data anomaly magnetiknya.

Nilai anomali ini merupakan campuran antara anomali regional dan residual, seperti terlihat pada Gambar 3.3 Peta Kontur Anomali Magnetik dibawah ini :

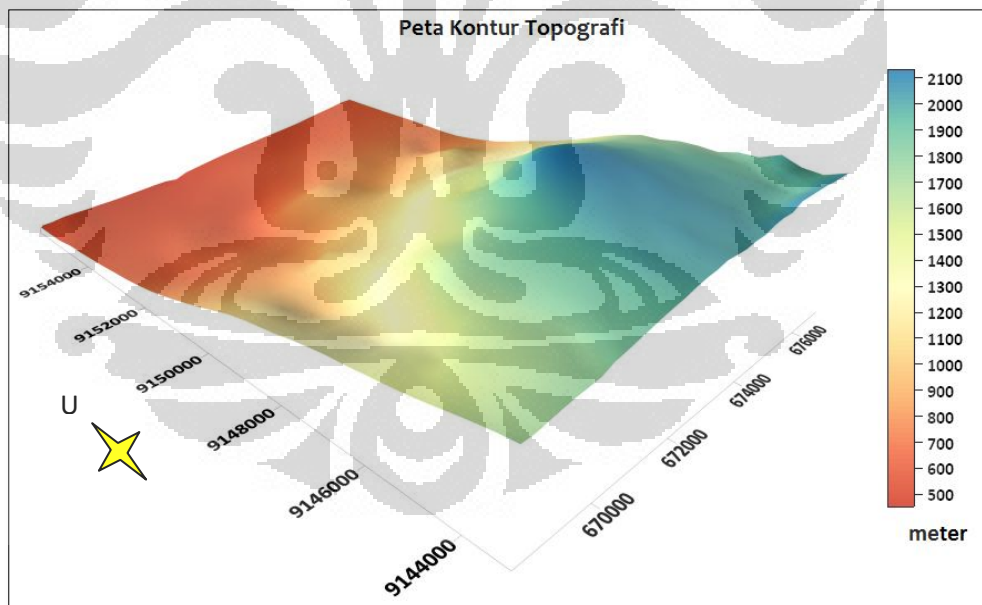


Gambar 3.3 Peta Kontur Anomali Magnetik

Pada peta di atas terlihat intensitas magnetik yang cukup kuat ditandai dengan nilai anomali negatif dan positif yang tidak jauh berbeda dari -1100 nT hingga +900 nT. Intensitas magnetik nya saling mendekati nol sehingga dapat dikatakan bahwa intensitas magnetik di daerah tersebut cukup kuat. Meskipun demikian, daerah tersebut cenderung dikuasai oleh intensitas magnetik negatif sekitar -100nT hingga -400nT.

Kemungkinan intensitas magnetik negatif tersebut dipengaruhi oleh batuan sedimen vulkanik yang terdapat disekitar daerah pengukuran.

Selain anomali magnetik, data pengukuran juga memperlihatkan nilai topografi atau ketinggian pengukuran dari permukaan yang dapat digunakan sebagai acuan melakukan koreksi IGRF serta modeling. Pada peta ini diperlihatkan bahwa titik pengukuran tertinggi terdapat pada ketinggian 2100 mdpl dan terendah berada pada ketinggian 500mdpl. Peta kontur topografi diperlihatkan pada Gambar 3.4 Peta Kontur Topografi di bawah ini.



Gambar 3.4 Peta Kontur Topografi

### 3.3. Kontinuasi

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.

#### 3.3.1. Upward Continuation (Kontinuasi ke atas)

*Upward Continuation* atau Kontinuasi ke atas adalah proses reduksi data magnetik terhadap ketinggian. Cara ini diharapkan dapat menekan noise – noise frekuensi tinggi dengan benda – benda magnetik disekitarnya. Penentuan nilai ketinggian dilakukan menurut keinginan kita dan tergantung dari efek yang ingin dihilangkan atau ditampilkan.

Akan tetapi pada prosesnya 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.

Dari peta kontur kontinuasi upward 50m ini anomali terlihat tidak jauh berbeda dengan peta kontur anomali magnetiknya, akan tetapi sebenarnya anomali magnetik dibuat lebih di dominankan. Ketika anomali di upward setinggi 50m, nilai anomali magnetiknya berkurang kisaran -1000nT s/d 700nT dari sebelumnya -1100nT s/d 900nT. Hal ini terjadi karena ketika anomali dikontinuasi upward, sebenarnya kita sedang mendominankan nilai anomali magnetiknya dengan mengubah bidang pengamatnya. Pada gambar

ini juga terlihat jumlah jarak antar line-nya sama yang menandakan kutub magnetik pada anomali tersebut rata.

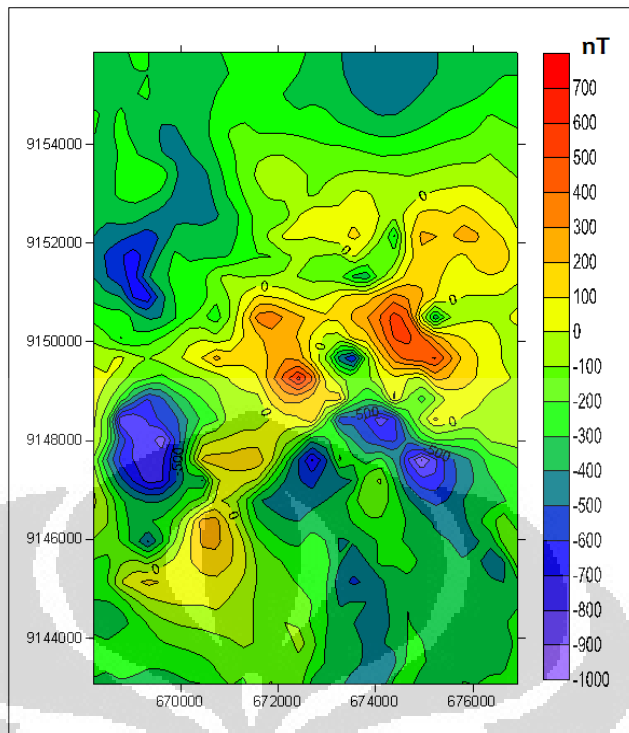
Begitu juga ketika kontinuitas upward diatur pada ketinggian 100m (pada Gambar 3.5 (b) peta kontur upward magnetik 100m), gambar terlihat lebih *smooth* lagi dengan nilai anomali magnetik yang juga berkurang kisaran -800nT s/d 550nT.

Dari kedua peta tersebut terlihat perbedaan selain dari nilai anomali magnetiknya yang berkurang juga dari kerapatan konturnya. Pada peta kontur kontinuitas upward 100m konturnya lebih rapat, hal ini menandakan bahwa daerah tersebut menjadi semakin dangkal. Semakin tinggi nilai upward yang diberikan akan menghasilkan kontur yang memperlihatkan daerah anomali dengan bidang pengamatan yang lebih dangkal. Sehingga hasil kontur akan semakin regional dengan semakin meniadakan residualnya. Kontinuitas upward juga akan menghasilkan nilai anomali intensitas magnetik yang semakin berkurang. Ditunjukkan pada Gambar 3.5 kontinuitas upward dengan variasi ketinggian dari 100m hingga 1000m.

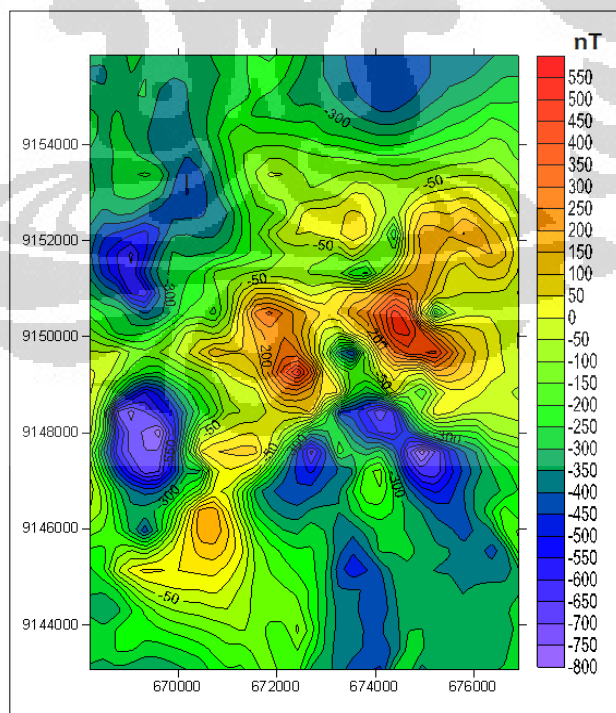
Kerapatan kontur juga menandakan kedalaman anomali. Daerah yang memiliki kontur lebih rapat maka anomali tersebut berada pada bagian yang lebih dangkal, sedangkan daerah dengan kontur yang kurang rapat berada pada bagian yang lebih dalam. Nilai anomali magnetik pada kontur yang rapat ditunjukkan dengan warna merah pada peta sedangkan kontur yang kurang rapat memiliki ditunjukkan dengan warna biru.

Hasil dari penerapan kontinuitas ke atas (*upward continuation*) ditunjukkan dalam Gambar 3.5 (a), (b), (c), (d) dan (e) Peta Kontur Kontinuitas Upward Magnetik berikut ini :

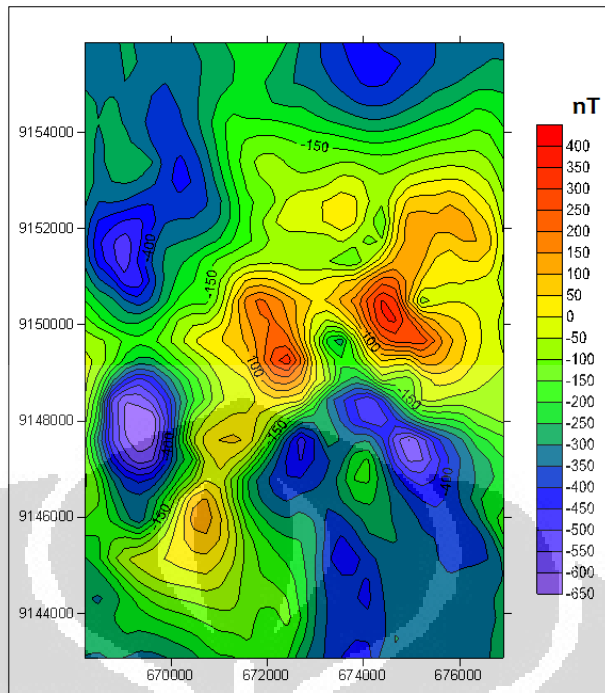




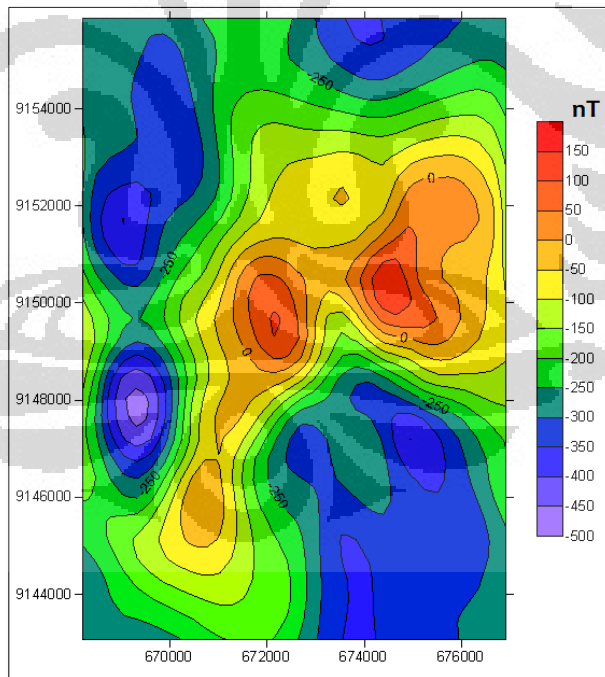
Gambar 3.5 (a) Peta Kontur Kontinuasi Upward Magnetik 50m



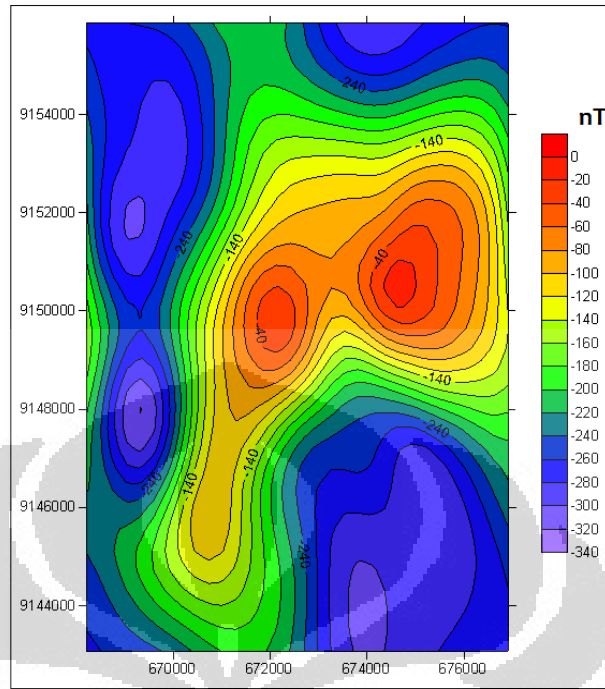
Gambar 3.5 (b) Peta Kontur Kontinuasi Upward Magnetik 100m



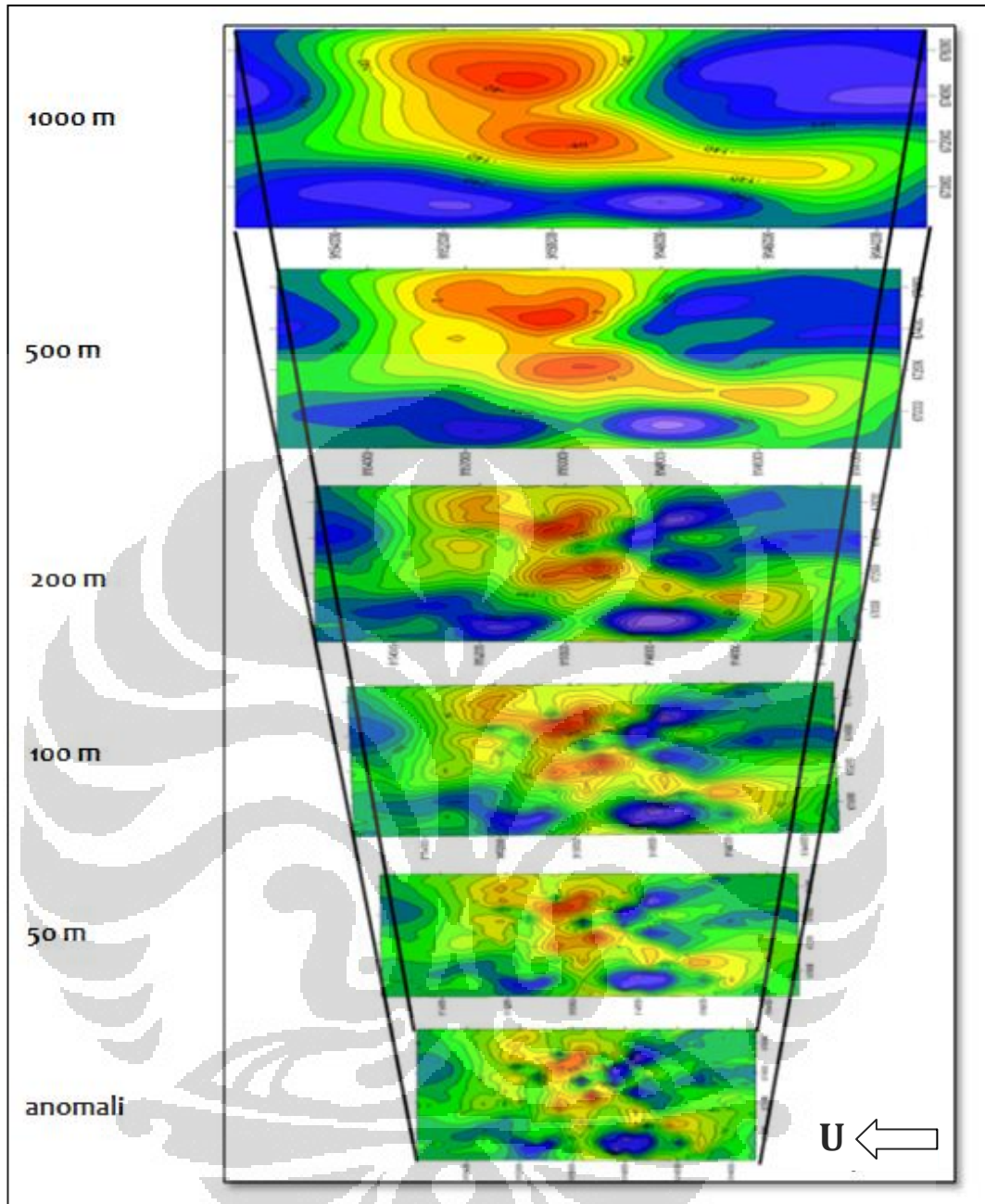
Gambar 3.5 (c) Peta Kontur Kontinuasi Upward Magnetik 200m



Gambar 3.5 (d) Peta Kontur Kontinuasi Upward Magnetik 500m



Gambar 3.5 (e) Peta Kontur Upward Magnetik 1000m



Gambar 3.6 Penggabungan Kontur Anomali Magnetik & Kontinuasi Upward

Pada Gambar 3.6 diatas, terlihat adanya pendominanan body anomali seperti yang sudah dibahas sebelumnya. Semakin tinggi upward dilakukan, body anomali semakin jelas terlihat. Pada kontinuasi upward 100m body anomali sudah semakin terdominankan. Semakin terlihat jelas dugaan adanya body anomali magnetiknya. Semakin ke atas, semakin terlihat jelas dominasi dari dugaan body anomalnya. Diduga terdapat dua body anomali

berarah utara selatan yang ditandai dengan warna merah dan biru. Body anomali berupa dipole ditandai dengan nilai intensitas magnetik berpasangan positif dan negatif. Kontur yang berwarna merah terlihat lebih rapat dibandingkan dengan kontur yang berwarna biru. Hal ini menandakan bahwa body anomali yang ditandai dengan kontur yang berwarna merah berada pada posisi lebih dangkal dibandingkan dengan kontur yang berwarna biru yang lebih renggang yang berarti berada pada posisi lebih dalam.

Hasil dari kontinuitas upward ini kemudian akan dipilih untuk diinterpretasikan hingga dilakukan permodelan. Kontinuitas yang dipilih adalah kontinuitas upward 50m. Kontur kontinuitas upward 50m dipilih karena sudah dianggap cukup memperlihatkan keberadaan body anomali magnetik untuk diinterpretasikan. Selain itu efek residualnya belum terlalu terhilangkan. Sementara hasil kontinuitas upward 100m hingga 1000m sudah terlihat mendominasi efek regionalnya, sehingga anomali aslinya sudah tidak terlalu terlihat lagi. Kontinuitas upward itu sendiri berfungsi untuk mendominasi body anomali dengan tidak menghilangkan body itu sendiri.

## BAB 4

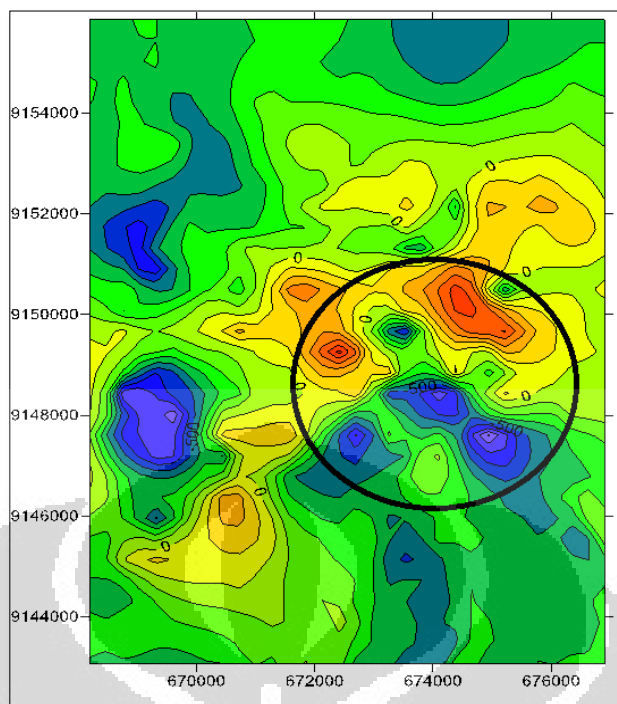
### INTERPRETASI DATA TERPADU

#### 4.1. Hasil Prosesing

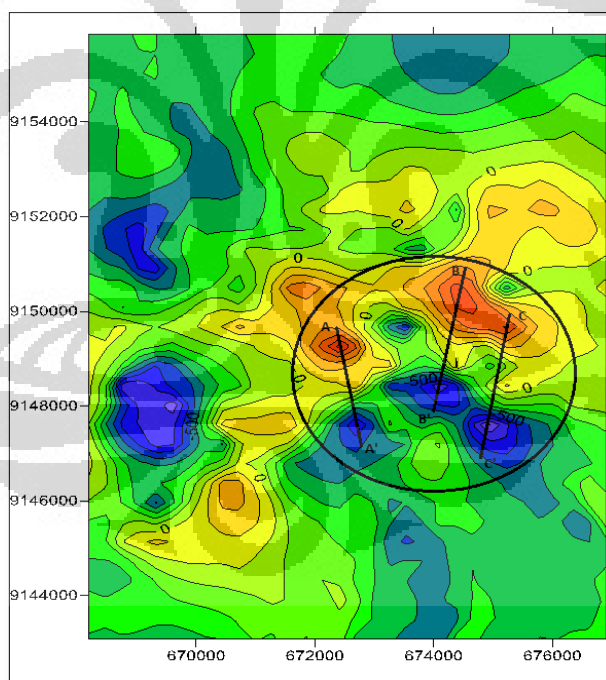
Hasil pengukuran data magnetik sangat dipengaruhi oleh target anomali, variasi harian dan data regional nya. Variasi harian di interpolasikan pada pengukuran data magnetik dengan waktu. Data regional di koreksi menggunakan nilai IGRF (*International Geomagnetik Reference Field*) tahun 2010 yang mengacu pada WGS 84. Hasil pengkoreksian tersebut akhirnya menghasilkan anomali magnetik seperti dapat dilihat pada Gambar 4.3 Daerah Suspect Anomali *Body*.

Anomali magnetik yang dihasilkan dari pemodelan ini harus cocok dengan anomali hasil observasi. Apabila anomali yang dihasilkan dari pemodelan sudah sesuai dengan anomali observasi maka posisi bentuk dan paramater model dapat diasumsikan dan diinterpretasikan sebagai posisi, bentuk dan parameter dari benda yang sebenarnya. Data yang diinterpretasi menggunakan *Mag2DC* adalah data yang sudah dikontinuasi ke atas sebesar 50 meter. Dilakukan interpretasi terhadap sayatan A-B-C. Sayatan ini akan menghasilkan profil anomali observasi yang digunakan sebagai acuan membuat model.

Daerah yang dilingkari oleh garis hitam merupakan daerah yang diduga sebagai daerah dimana *body* pluton berada, ditandai dengan kontras magnetik yang tinggi yang berarti terdapat *body* batuan dibawahnya. Pada daerah itu juga nantinya akan dibuat 3 penyatan, yaitu lintasan A-A', B-B' dan C-C' seperti ditunjukkan pada Gambar 4.2 Lintasan A-B-C pada data kontinuasi upward 50m.



Gambar 4.1 Daerah Suspect Anomali *Body*

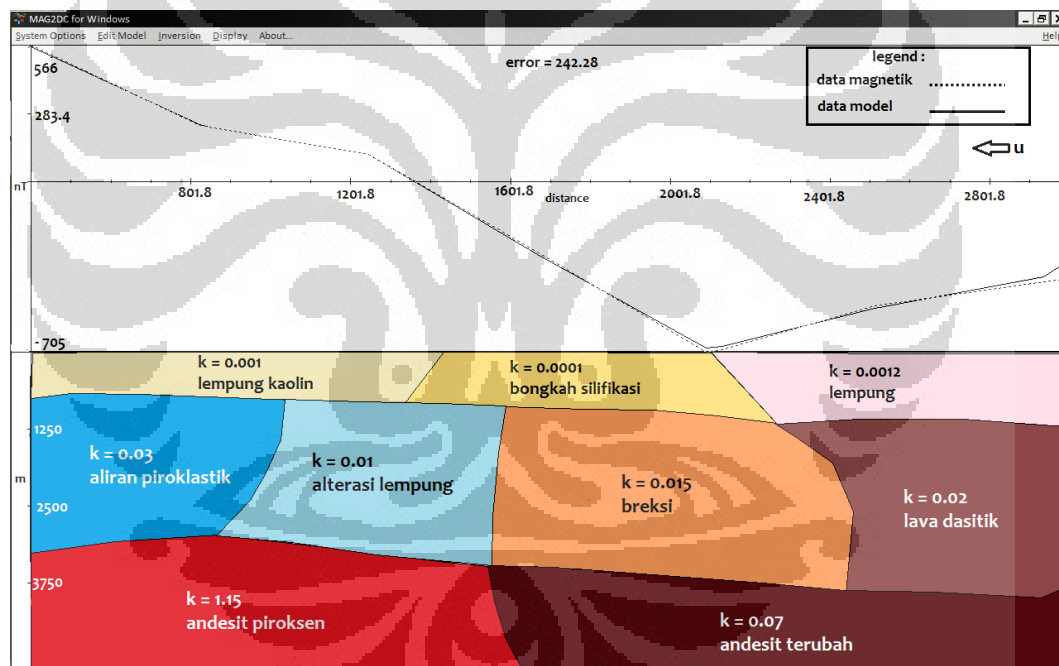


Gambar 4.2 Lintasan A-B-C pada data kontinuasi upward 50m

## 4.2. Pemodelan Anomali Magnetik

Interpretasi dilakukan dengan membuat model menggunakan software *Mag2DC*. Parameter yang digunakan dalam pemodelan adalah nilai IGRF sebesar 45200.96 nT, sudut inklinasi sebesar -32.5 derajat, sudut deklinasi sebesar 1 derajat, station spacing 50, maximum depth displayed 5000 m, satuan yang digunakan adalah meter dan sistem cgs ( $10^{-6}$ cgs). Pada software *Mag2DC*, nilai susceptibilitas yang dihasilkan sudah mengindikasikan harga yang sudah dikalikan dengan  $10^{-6}$  seperti pada Tabel 2.1 Nilai Suseptibilitas Batuan dan Mineral. Lintasan A-A', B-B' dan C-C' berarah utara selatan.

### 4.3.1. Lintasan A-A'



Gambar 4.3 Model Penampang Magnetik Batuan Lintasan A-A'

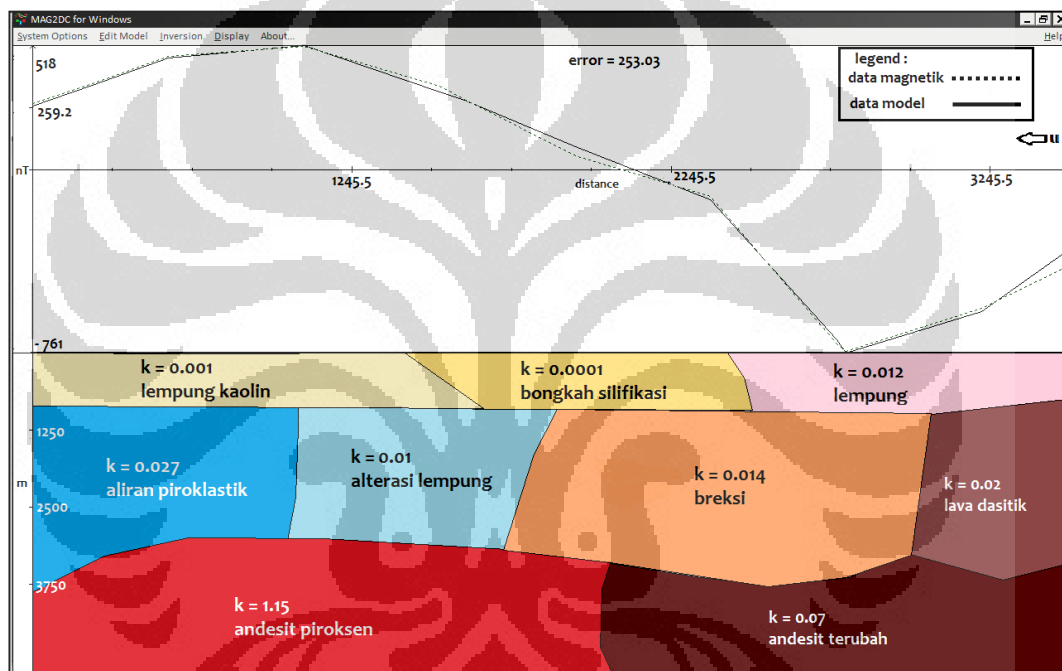
Anomali magnet pada lintasan A memperlihatkan harga antara  $\hat{A}$  -705 nT s/d 566.8 nT. Harga anomali dibagian utara secara umum lebih tinggi dari bagian selatan. Terjadi penurunan nilai anomali yang cukup tajam yaitu dari A 1201.8 ke A 2001.8 diduga penurunan nilai anomali itu terjadi akibat adanya lapisan *reservoir* disekitar titik itu.



Lintasan A-A' ini didominasi oleh batuan endapan piroklastik pada batuan penutupnya yang ditandai dengan nilai suseptibilitas yang rendah. Anomali yang muncul pada kontur yang terlihat pada lintasan A-A' diduga adalah batuan beku yang merupakan hasil intrusi dari rekahan magma Welirang.

Penampang lintasan A-A' dapat dilihat pada Gambar 4.3 Penampang Lintasan A-A'.

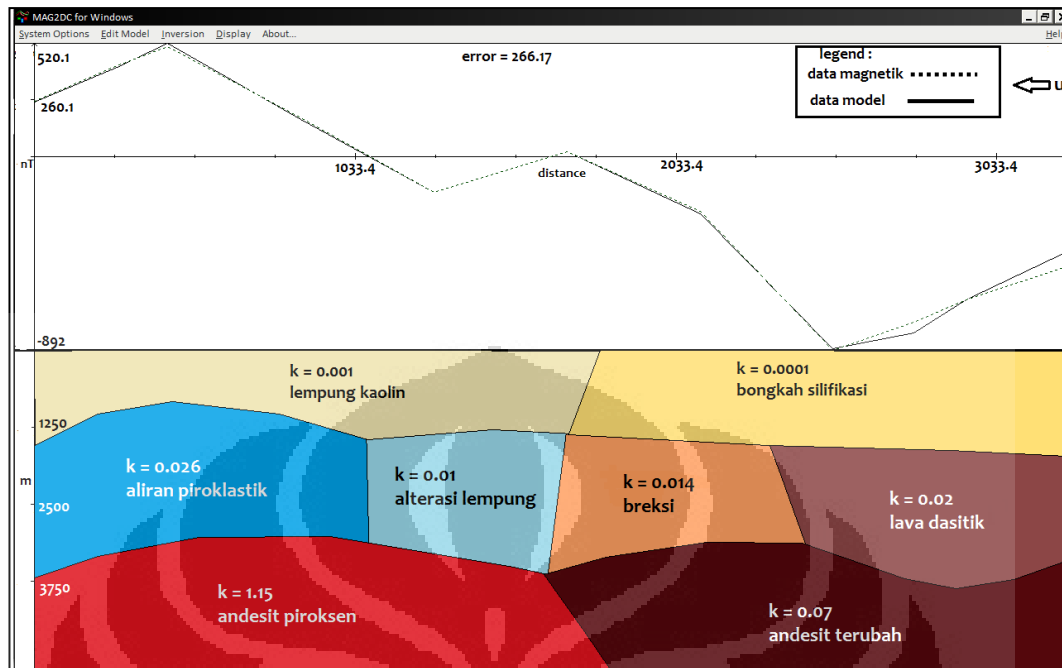
#### 4.3.2. Lintasan B-B'



Gambar 4.4 Model Penampang Magnetik Batuan Lintasan B-B'

Lintasan B-B' masih didominasi oleh batuan – batuan yang sama dengan lintasan A-A' yaitu endapan piroklastik, sedimen vulkanik dan batuan beku. Seperti pada lintasan A-A' terjadi penurunan anomali magnetik pada lintasan B-B'. Diduga hal ini terjadi sebagai akibat dari pengendapan batuan hasil erupsi samping produk dari batuan vulkanik Gunung Ringgit.

### 4.3.3. Lintasan C-C'



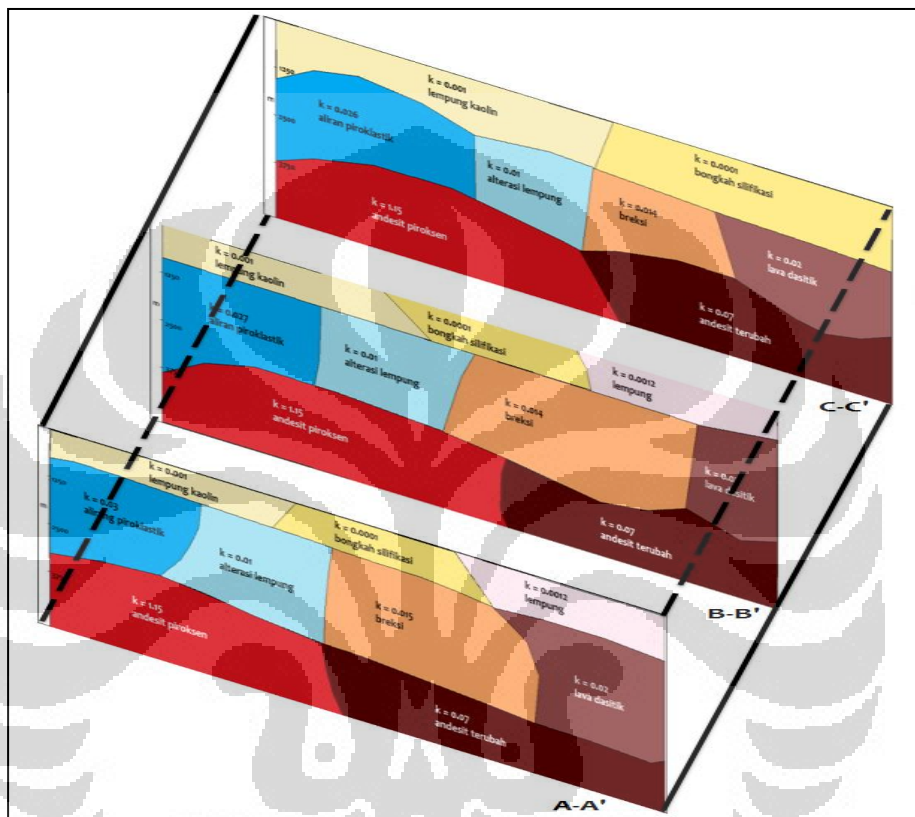
Gambar 4.5 Model Penampang Magnetik Batuan Lintasan C-C'

Lintasan C-C' didominasi oleh batuan sedimen vulkanik dan endapan piroklastik. Namun terdapat juga batuan beku yang berasal dari Batuan Vulkanik Arjuna – Welirang. Ada 2 jenis lapisan Vulkanik yang memengaruhi anomali magnetik di lintasan ini antara lapisan Batuan Vulkanik Gunung Ringgit dan Batuan Vulkanik Gunung Arjuna – Welirang. Pada lintasan C-C' ini terjadi fenomena naik turunnya nilai anomali magnetik, sehingga menghasilkan 2 buah puncak positif dan negatif. Hal ini terjadi diduga karena terdapat patahan yang pada lintasan pengukuran ditandai dengan adanya gawir air terjun.

### 4.3.4. Penggabungan Lintasan

Jika lintasan modeling diurutkan sejajar, maka kita dapat melihat adanya kontinuitas dari tiap formasi dan perubahan yang terjadi di tiap lintasan modeling. Penggabungan lintasan A-A', B-B' dan C-C' bertujuan untuk melihat hubungan antar lintasan yang ada. Dari penggabungan lintasan ini terlihat dugaan *body* batuan beku yang mempengaruhi anomali magnetik merupakan batuan yang sama

yakni andesit. Oleh karenanya dapat diindikasikan bahwa terdapat body anomali yang merupakan batuan beku pada hasil modeling seperti diperlihatkan pada kontur kontinuasi upward. Penggabungan lintasan dapat dilihat pada Gambar 4.6 Penggabungan model penampang magnetik batuan lintasan A-A', B-B' dan C-C' dibawah ini.



Gambar 4.6 Penggabungan Model Penampang Magnetik Batuan Lintasan A-A', B-B' dan C-C'

### 4.3. Interpretasi Magnetik Panasbumi

Hasil forward modeling magnetik pada tiap – tiap lintasan yang ada kemudian diinterpretasikan untuk dicari hubungannya dengan sistem panasbumi. Dimana pada sistem panasbumi terdapat 3 komponen utama yaitu *heat source*, *reservoir* dan *clay cap*. *Heat source* atau sumber panas umumnya ditunjukkan dengan adanya batuan panas (beku) yang masih memiliki kemenerusan dari magma. Hal ini menjadi penting karena batuan beku yang memiliki kemenerusan dari magma diindikasikan masih panas karena masih memiliki temperatur yang

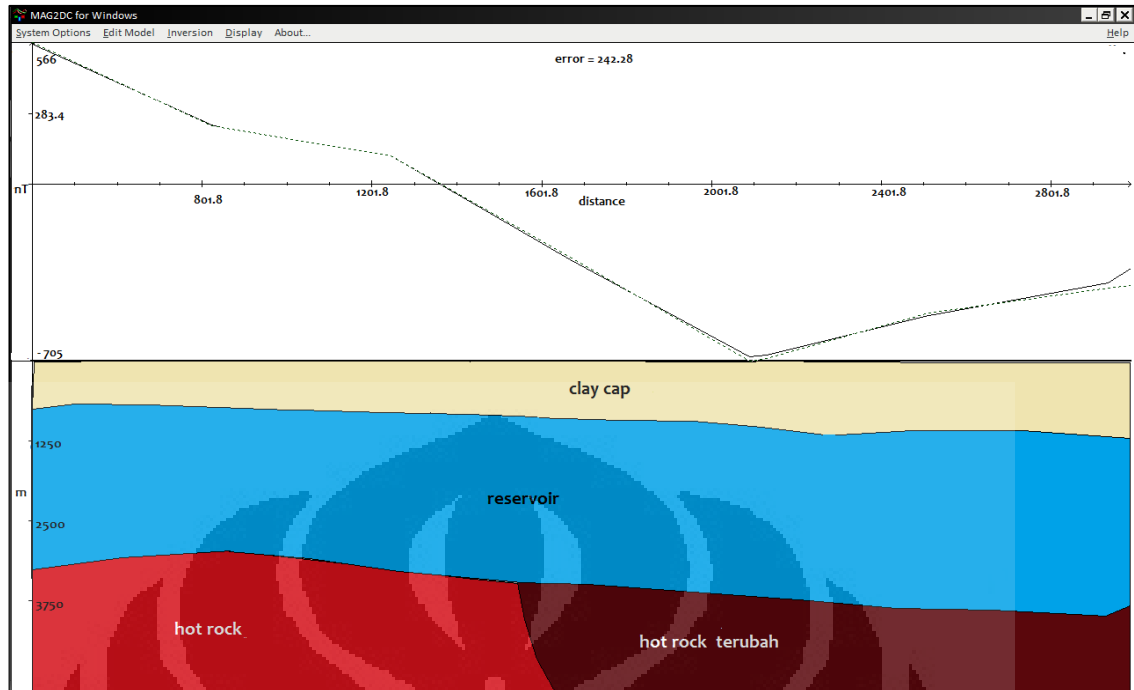
tinggi ( $<180^{\circ}\text{C}$  temperatur *currie*). Batuan beku intrusi inilah yang nantinya akan menjadi kompor dalam sistem panasbumi yang memanaskan air di *reservoir* sehingga menjadi *steam*, maupun gas dan *liquid*.

Foward modeling magnetik bertujuan menentukan batuan beku yang dapat diindikasikan sebagai sumber panas pada sistem panasbumi. Target utama dari modeling ini adalah jenis dan posisi batuan beku yang terdapat dibawah permukaan yang mempengaruhi anomali magnetik yang terbentuk. Adapun interpretasi foward modeling magnetik nya terbagi berdasarkan lintasan yang dibuat antara lain :

**a. Lintasan A-A'**

Pada lintasan A-A' lapisan batuan paling atas yang dekat dengan permukaan digambarkan sebagai lapisan *clay cap* dengan litologi batuan nya antara lain lempung kaoling, bongkah silifikasi dan lempung pada kedalaman hingga  $\pm 1250\text{mdpl}$ . Sementara lapisan setelahnya diindikasikan sebagai lapisan *reservoir* dengan jenis batuan antara lain breksi, aliran piroklastik dan lava dasitik. Lapisan ini berada pada kedalaman sekitar  $\pm 1250\text{mdpl}$  s.d  $2750\text{mdpl}$ . Sementara paling bawah merupakan batuan beku dimana terdapat 3 batuan beku yakni andesit piroksen dan andesit terubah.

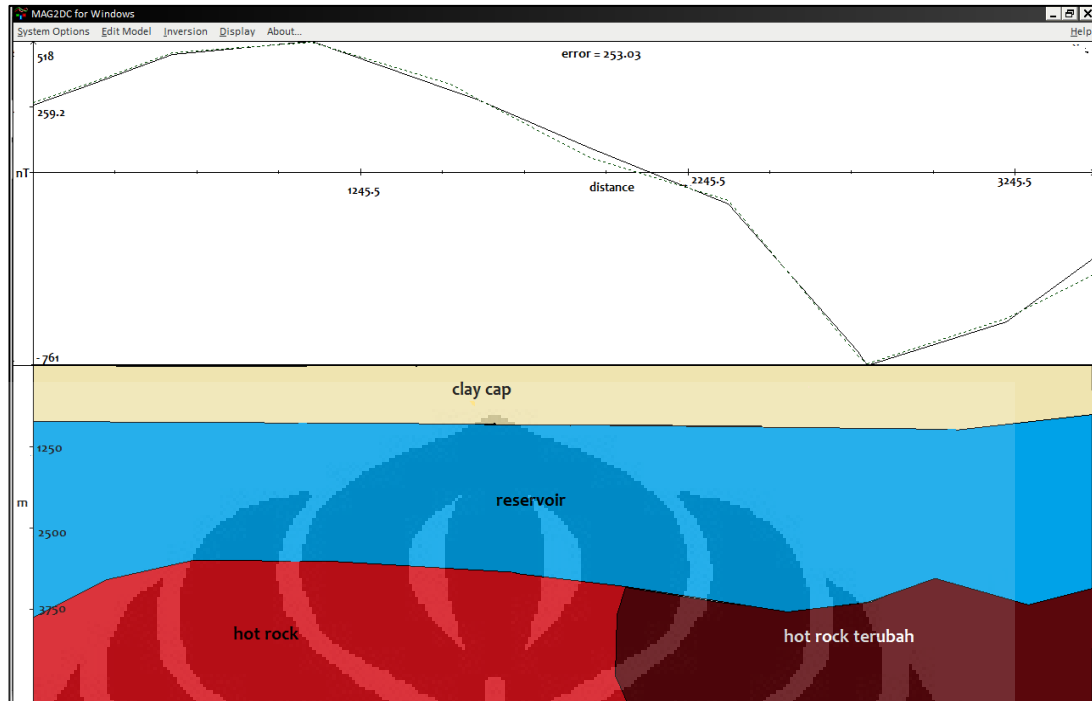
Interpretasi lintasan A-A' dapat dilihat pada Gambar 4.7 Interpretasi magnetik lintasan A-A'.



Gambar 4.7 Interpretasi Magnetik Panasbumi Lintasan A-A'

#### b. Lintasan B-B'

Seperti pada lintasan A-A', hasil forward modeling dari lintasan B-B' juga kemudian diinterpretasikan dengan sistem panasbumi. Pada hasil modeling juga mengindikasikan keberadaan *hot rock* sebagai *heat source* pada lapisan batuan paling bawah dari modeling. Batuan beku yang teridentifikasi adalah lava andesit, andesit terubah dan andesit piroksen yang terletak pada kedalaman sekitar  $\pm 2750 - 5000$ mdpl. Lapisan *clay cap* terletak pada lapisan paling atas dekat dengan permukaan dengan ketebalan sekitar  $\pm 1000$ mdpl. Batuan yang diindikasikan sebagai *clay cap* ini adalah batuan sedimen seperti lempung kaolin, bongkahan silifikasi, dan lempung. Sementara lapisan *reservoir* terletak diantara *clay cap* dan batuan beku pada kedalaman sekitar  $\pm 1000$ mdpl s.d  $2750$ mdpl dengan batuan pendukungnya antara lain breksi, aliran piroklastik, alterasi lempung dan lava dasitik yang keseluruhannya merupakan jenis batuan sedimen. Interpretasi magnetik pada lintasan ini ditunjukkan pada Gambar 4.8 Interpretasi magnetik panasbumi lintasan B-B'.

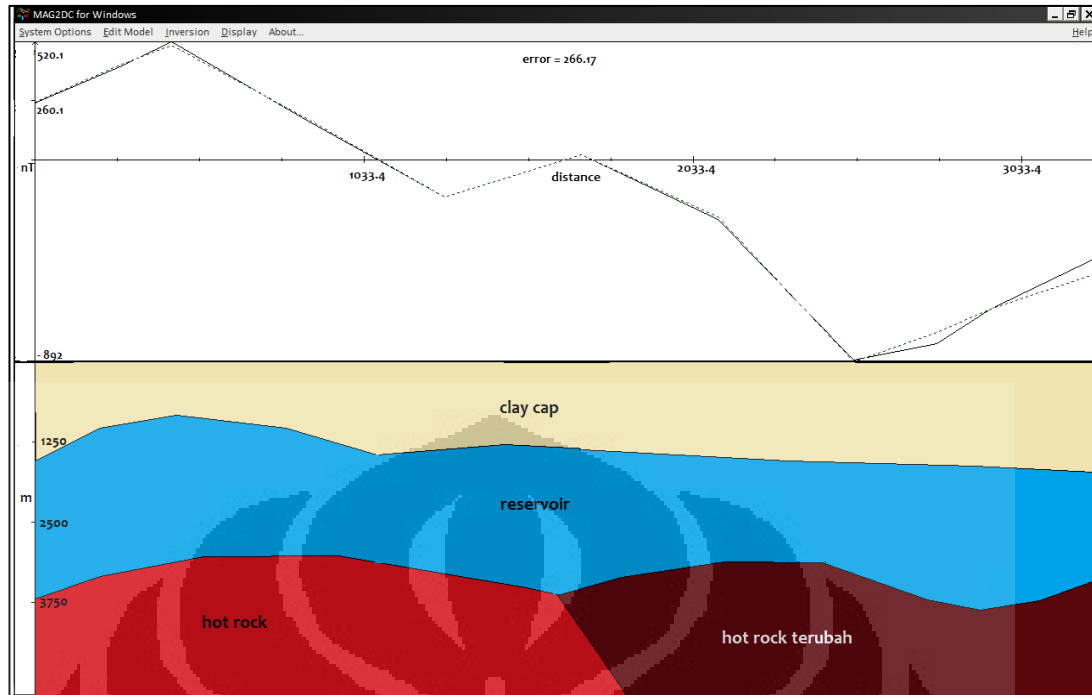


Gambar 4.8 Interpretasi Magnetik Panasbumi Lintasan B-B'

### c. Lintasan C-C'

Lintasan C-C' yang diinterpretasikan menghasilkan Gambar yang tidak jauh berbeda dengan 2 lintasan sebelumnya yakni A-A' dan B-B'. Hal ini diduga karena hubungan antar lintasan yang ditunjukkan pada Gambar 4.6 Penggabungan model lintasan A-A', B-B' dan C-C' sebelumnya.

Pada lintasan C-C' juga diindikasikan adanya lapisan *clay cap*, *reservoir* dan *hot rock*. Juga seperti sebelumnya lapisan yang diduga sebagai *clay cap* terletak pada lapisan paling atas dekat dengan permukaan dengan kisaran ketebalan sekitar  $\pm 1000$  mdpl. Batuan yang mengisi lapisan ini antara lain adalah lempung kaolin dan bongkahan silifikasi. Dibawahnya diduga adalah lapisan *reservoir* pada kedalaman sekitar  $\pm 1250$  mdpl dengan didominasi oleh batuan breksi, aliran piroklastik, alterasi lempung dan lava dasitik. Kemudian lapisan paling bawah seperti dua lintasan sebelumnya diduga adalah batuan beku yang mempengaruhi anomali magnetik yang terletak pada kedalaman sekitar  $\pm 2500$  mdpl. Batuan beku yang teridentifikasi antara lain yaitu andesit piroksen dan andesit berubah.



Gambar 4.9 Interpretasi Magnetik Panasbumi Lintasan C-C'

Sesuai dengan hasil pemodelan menggunakan Magnetotelurik yang telah dilakukan sebelumnya yang menyatakan bahwa diduga terdapat *hot rock* yang berfungsi sebagai *heat source* dengan nilai resistivitas tinggi yang berada dibawah lapisan zona reservoir sekitar kedalaman  $\pm 3500\text{m}$ . Pada pemodelan magnetik menunjukan dugaan adanya *hot rock* yang dimulai pada kedalaman  $\pm 3500\text{m}$  yang juga diduga masih memiliki kemenerusan kearah selatan.

Sehingga batuan beku yang menjadi target sebagai *heat source* yang diduga adalah andesit. Berdasarkan penyelidikan geologi yang ada, batuan andesit diduga berasal dari batuan vulkanik arjuna – wilerang (Qvwa). Lapisan batuan beku ini terdapat pada kedalaman sekitar  $\pm 3550\text{mdpl}$  hingga  $5000\text{mdpl}$ .

#### 4.4. Diskusi Terpadu dan Pembahasan

##### 4.5.1. Diskusi Geologi

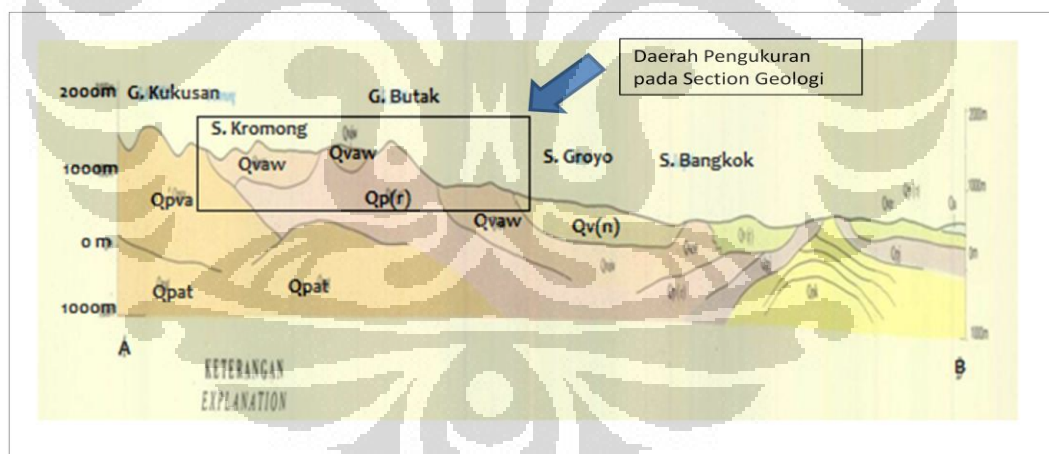
Pengolahan data magnetik memiliki tujuan untuk mengidentifikasi anomali magnetik yang dihasilkan pada suatu daerah pengukuran tertentu. Anomali

magnetik tersebut dapat teridentifikasi melalui nilai suseptibilitas batuan yang dihasilkan pada permodelan lintasan yang diambil pada titik anomali magnetik itu sendiri. Suseptibilitas magnetik yang diartikan sebagai derajat kemagnetan suatu material dapat menentukan nilai intensitas magnetik dalam suatu material.

Anomali magnetik yang dihasilkan pada suatu wilayah pengukuran berasal dari adanya material atau batuan magnetik dibawah permukaan yang memungkinkan alat ukur magnetik untuk mendeteksi derajat kemagnetannya.

Batuan yang memiliki nilai suseptibilitas magnetik tinggi diantaranya adalah batuan vulkanik yang berasal dari lava, endapan piroklastik dan endapan hasil erupsi samping. Kebanyakan batuan vulkanik adalah berupa batuan beku (*igneous rocks*) yang proses pembentukannya memang dari hasil pembekuan magma secara intrusif maupun ekstrusif.

Daerah pengukuran dilintasi oleh *section slice* geologi A-B yang menunjukkan urutan perlapisan batuan disekitar daerah pengukuran. (Gambar 4.10 Daerah Section Slice Geologi Lembar Malang A-B)



Gambar 4.10 Daerah Section Slice Geologi Lembar Malang A-B

Pada Gambar 4.10 daerah section slice A-B geologi lembar malang terlihat susunan perlapisan batuan yang terdapat disekitar daerah pengukuran dengan arah barat – timur laut yaitu batuan vulkanik anjasmara sejajar dengan batuan vulkanik ringgit, yang ditindih oleh batuan vulkanik arjuna – welirang di atasnya kemudian semakin ke barat laut dengan permukaan menurun kembali dilapisi oleh batuan



vulkanik arjuna – welirang dan berakhir pada lapisan batuan vulkanik penanggungan.

Lintasan pemodelan magnetik yang dibuat memotong daerah *section slice* geologi A-B pada lembar geologi malang. Pada daerah tersebut diketahui terdapat beberapa lapisan batuan antara lain batuan vulkanik arjuna – welirang, batuan vulkanik ringgit, batuan vulkanik anjasmara muda, dan batuan vulkanik penanggungan (lihat subbab 2.5 Geologi Arjuna – Welirang).

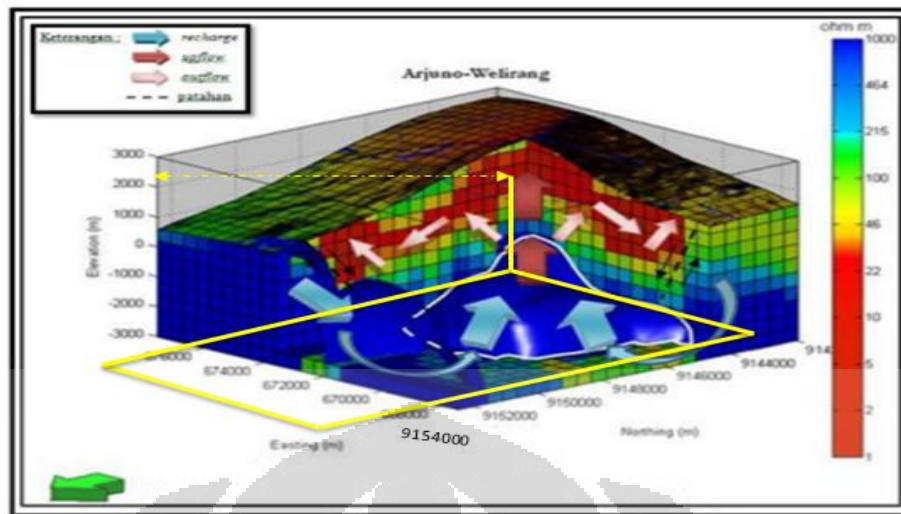
Batuan andesit piroksen yang diduga sebagai *hot rock* yang kemudian mengalami proses alterasi yang diduga disebabkan oleh magma yang masih terdapat dibawah lapisan batuan andesit yang dimodelkan. Batuan andesit piroksen itu berasal dari lapisan batuan vulkanik gunung arjuna – welirang (Santosa dan Suwarti, 1992)

Adanya *hot rock* yang dapat digunakan sebagai *heat source* pada daerah lintasan pemodelan diperkuat dengan adanya dugaan alterasi pada batuan andesit piroksen. Selain itu turunnya nilai suseptibilitas magnetik menimbulkan dugaan terjadinya proses demagnetisasi yakni pelemahan derajat kemagnetan yang disebabkan oleh temperatur yang cukup tinggi meskipun diduga temperatur tersebut tidak mencapai temperatur currie.

#### **4.5.2. Metoda Magnetotelurik**

Metode magnetotelurik (MT) adalah metode terbaik saat ini dalam menggambarkan kondisi bawah permukaan daerah prospek panasbumi berdasarkan nilai konduktivitasnya. Metode ini memanfaatkan sumber dari alam berupa variasi medan magnet bumi dengan frekuensi rendah (0.001 – 10 Hz). Dengan rentang frekuensi yang seperti ini, MT dapat menjangkau struktur bawah permukaan dari yang dangkal sampai puluhan kilometer.

Metode MT dalam daerah prospek panasbumi digunakan untuk memetakan lapisan konduktif yang menutupi *reservoir* panasbumi dengan kedalaman yang bervariasi hingga 2 km.



Gambar 4.13 Model Konseptual MT Arjuna – Welirang (Aswo, 2011)

Hasil modeling magnetotelurik yang diperlihatkan pada Gambar 4.13 model konseptual MT arjuna welirang memperlihatkan adanya lapisan konduktif ( $<15$  ohm-m) dengan ketebalan sekitar 1km, diindikasikan sebagai *clay cap* dari sistem panasbumi. Lapisan yang berada dibawahnya memiliki nilai resistivitas sedikit lebih tinggi ( $>30$ ohm-m) diindikasikan sebagai zona *reservoir* dengan ketebalan 1 - 1,5 km. Lapisan dengan nilai resistivitas tinggi ( $\pm 1000$  ohm-m) dan berbentuk *updome* berada dibawah gunung welirang, diindikasikan sebagai *hot rock*. Pada model juga mengindikasikan zona *upflow* dari sistem panasbumi dengan arah barat – barat laut. (Aswo, 2011)

#### 4.5.3. Pembahasan Magnetik

Pada lintasan A-A' yang daerahnya dominan batuan vulkanik Arjuna Welirang yang terdiri dari beberapa lapisan diantaranya lapisan endapan piroklastik Welirang I yang merupakan endapan piroklastika parasit pada lereng Gunung Welirang, batuan ini dikelompokkan pada Batuan Vulkanik Gunung Penanggungan (Qvn). Lava Welirang I yang merupakan hasil dari Gunung Welirang yang juga termasuk pada pengelompokan batuan Vulkanik Arjuna – Welirang (Qvaw) serta lapisan endapan hasil erupsi samping dari gunung Butak dan Pundak yang termasuk dalam pengelompokan Batuan Vulkanik Ringgit (Qpr).

Pada lintasan A-A' kontras suseptibilitas magnetik cenderung bervariasi pada tiap – tiap lapisannya. Lapisan paling atas terdiri dari *body* dengan nilai suseptibilitas  $k = 0.001 \times 10^{-6}$  cgs,  $0.0001 \times 10^{-6}$  cgs dan  $0.0012 \times 10^{-6}$  cgs pada kedalaman  $1250 \pm 75.5$  mdpl. Lapisan *body* ini juga diidentifikasi sebagai jenis piroklastik welirang I dan erupsi samping G. Butak dan G. Pundak serta jenis lava welirang I. Lapisan batuan ini juga termasuk pada kelompok Batuan Vulkanik G. Penanggungan dan Vulkanik G. Ringgit serta kelompok Batuan Vulkanik Gunung Arjuna – Welirang. Dari nilai suseptibilitasnya diketahui bahwa batuan yang melapisinya adalah lempung kaolin, bongkah silifikasi dan lempung. Lapisan kedua terdiri *body* dengan variasi suseptibilitas sebesar  $k = 0.03 \times 10^{-6}$  cgs,  $0.01 \times 10^{-6}$  cgs,  $0.015 \times 10^{-6}$  cgs dan  $0.02 \times 10^{-6}$  cgs pada kedalaman  $1500 \pm 134.5$  mdpl, secara geologi diidentifikasi sebagai jenis lava welirang I yang termasuk dalam Batuan Vulkanik Arjuna – Welirang. Dari nilai suseptibilitasnya diketahui batuanannya masuk dalam klasifikasi batuan sedimen vulkanik yaitu aliran piroklastik, alterasi lempung, breksi dan lava dasitik. Lapisan ketiga terdiri dari *body* dengan suseptibilitas sebesar  $k = 0.07 \times 10^{-6}$  cgs, dan  $1.15 \times 10^{-6}$  cgs pada kedalaman  $3500 \pm 144.55$  mdpl s.d 5000mdpl, diidentifikasi sebagai lapisan Batuan endapan piroklastik pra Arjuna – Welirang yang termasuk dalam jenis Batuan Vulkanik G Ringgit. Adapun batuan yang teridentifikasi adalah jenis batuan beku yaitu andesit piroksen, andesit terubah.

Sedangkan pada lintasan B-B' melewati 4 lapisan batuan pada permukaannya, yaitu piroklastik welirang I, erupsi samping, kemudian terakhir adalah lava welirang I. Keempat lapisan tersebut terbagi dalam 3 kelompok batuan yang mempengaruhi daerah pengukuran yaitu Batuan Vulkanik Gunung Penanggungan, Batuan Vulkanik Gunung Ringgit dan Batuan Vulkanik Gunung Arjuna – Welirang. Lapisan paling atas terdiri dari 3 *body* dengan nilai suseptibilitas  $k = 0.001 \times 10^{-6}$  cgs dan  $0.0001 \times 10^{-6}$  cgs, dan  $0.0012 \times 10^{-6}$  cgs yaitu batuan lempung kaolin, bongkah silifikasi dan lempung. pada kedalaman  $750 \pm 170.5$  s.d 1250 mdpl. Lapisan kedua terdiri *body* dengan suseptibilitas  $k = 0.033 \times 10^{-6}$  cgs,  $0.01 \times 10^{-6}$  cgs,  $0.014 \times 10^{-6}$  cgs dan  $0.02 \times 10^{-6}$  cgs pada kedalaman  $1250$  s.d  $2750 \pm 17.5$  mdpl, secara geologi diidentifikasi sebagai jenis

lava welirang I yang termasuk dalam Batuan Vulkanik Arjuna – Welirang. Dari nilai suseptibilitasnya diketahui batuannya masuk dalam klasifikasi batuan sedimen vulkanik. Lapisan ketiga terdiri dari *body* dengan variasi suseptibilitas sebesar  $0.04 \times 10^{-6}$ cgs,  $0.07 \times 10^{-6}$ cgs dan  $1.15 \times 10^{-6}$ cgs pada kedalaman  $3550 \pm 144.55$  s.d 5000 mdpl, diidentifikasi sebagai lapisan Batuan vulkanik Gunung Ringgit. Adapun batuan yang teridentifikasi antara lain batuan beku andesit terubah dan andesit piroksen.

Lintasan C-C' seperti dua lintasan sebelumnya juga memiliki kontras suseptibilitas magnetik cenderung bervariasi pada tiap – tiap lapisannya. Lapisan paling atas terdiri dari 1 *body* dengan nilai suseptibilitas  $k = 0.001 \times 10^{-6}$ cgs dan  $0.0001 \times 10^{-6}$ cgs pada kedalaman  $1000 \pm 170.5$  s.d 1250 mdpl. Lapisan *body* ini juga diidentifikasi sebagai lapisan batuan hasil erupsi samping dari Gunung Butak dan Gunung Pundak yang termasuk kedalam tipe Batuan vulkanik Gunung Ringgit. Dari nilai suseptibilitasnya diketahui batuan masuk dalam klasifikasi batuan lempung kaolin dan bongkahan silifikasi. Lapisan kedua terdiri dari beberapa *body* dengan variasi suseptibilitas sebesar  $k = 0.03 \times 10^{-6}$ cgs,  $0.01 \times 10^{-6}$ cgs,  $0.014 \times 10^{-6}$ cgs dan  $0.02 \times 10^{-6}$ cgs pada kedalaman  $1250 \pm 324.55$  s.d 2750 mdpl, diidentifikasi sebagai lapisan Batuan Vulkanik Arjuna – Welirang yang berasal dari lava welirang I. Adapun batuan yang teridentifikasi antara lain sedimen vulkanik yaitu aliran piroklastik, alterasi lempung, breksi dan lava dasitik. Lapisan ketiga diisi oleh *body* batuan dengan suseptibilitas sebesar  $k = 0.07 \times 10^{-6}$ cgs dan  $1.15 \times 10^{-6}$ cgs pada kedalaman  $3750 \pm 120.45$  mdpl s.d 5000mdpl. Dari nilai suseptibilitasnya diketahui batuan tersebut adalah batuan beku yaitu seperti lintasan B-B' andesit piroksen, dan andesit terubah. Seperti pada lintasan 2 kontras suseptibilitas magnetik yang cenderung lebih tinggi pada lintasan ini diketahui sebagai batuan beku yaitu andesit. Pada lintasan C-C' terjadi penurunan anomali magnetik yang diakibatkan oleh adanya patahan pada lintasan. Menurut data geologi, patahan yang terletak pada lintasan C-C' ini pada permukaan terlihat sebagai gawir air terjun.

Penurunan anomali ini juga terjadi karena turunnya lapisan yang lebih magnetik sehingga pembacaan nilai anomali magnetik semakin melemah dimana bagian penutupnya diisi oleh lapisan yang kurang magnetik dibandingkan dengan

lapisan yang ada di bawahnya. Oleh karena itu pembacaan nilai anomali magnetik menjadi semakin negatif karena pembacaan rata – rata nya lebih di dominasi oleh lapisan yang memiliki suseptibilitas kecil.

Pada ketiga lapisan terdapat penurunan suseptibilitas batuan beku dengan suseptibilitas rendah sebesar  $0.07 \times 10^{-6}$  cgs yaitu andesit terubah. Diduga batuan andesit terubah itu awalnya merupakan andesit piroksen yang masih terpanaskan sehingga mengalami proses alterasi karena terpanaskan oleh magma yang terletak dibawahnya. Dari proses alterasi itu kemudian memunculkan indikasi terjadinya proses demagnetisasi pada batuan andesit piroksen yang sudah teralterasi oleh magma yang merupakan sumber panas menjadi batuan andesit terubah.

Sumber panas (*heat sources*) merupakan komponen utama dalam suatu sistem *panasbumi*. Pada sistem *panasbumi* yang berhubungan dengan sistem vulkanik biasanya yang menjadi sumber panas adalah batuan termuda (kuarter) yang masih memiliki kandungan panas dan muncul di permukaan. Kaitannya dengan sistem *panasbumi* Arjuna – Welirang yang secara sejarah erupsi berumur Kuarter dan pada tahun 1950 terjadi erupsi hidrotermal di puncak Gunung Welirang maka diambil kesimpulan bahwa sumber panas pada sistem ini berasal dari kegiatan vulkanisme produk Gunung Welirang. Hasil pentarikan umur batuan pada lava welirang muda adalah 200.000 tahun yang lalu.

Dari hasil permodelan anomali magnetik dengan parameter suseptibilitas diketahui terdapat batuan beku pada lintasan pengukuran yang dapat diduga bisa dijadikan sumber panas untuk sistem panasbumi.

Suseptibilitas andesit dikelompokkan pada batuan beku ekstrusif intermediet sesuai dengan kandungan mineral batuan andesit itu sendiri.

Andesit merupakan batuan beku ekstrusif pada klasifikasi batuan beku berdasarkan kandungan mineral utama dan minor (Noor,2009) yang berasal dari gunung ringgit. Namun keberadaan batuan beku tersebut cenderung lebih sedikit karena daerah pengukuran didominasi oleh endapan vulkanik dan piroklastik dari hasil erupsi Gunung Arjuna – Welirang Tua yang sudah tidak dapat diketahui lokasi pastinya.

#### 4.5.4. Metode Terintegrasi

Daerah pengukuran didominasi oleh batuan sedimen vulkanik yang dapat berperan sebagai batuan induk sebagai hasil dari pengendapan material vulkanik seperti piroklastik maupun lava dan lahar sehingga masih memiliki nilai magnetik. Diduga temperaturnya masih cenderung tinggi  $< 200^{\circ}\text{C}$  yang mengakibatkan terjadi alterasi hidrotermal yang dipengaruhi oleh fluida asam zona agrilik.

Dari hasil identifikasi metode magnetotelurik menyebutkan bahwa ada indikasi batuan beku disekitar daerah pengukuran. Hal itu didukung oleh hasil permodelan anomali magnetik yang penulis lakukan. Hasil permodelan magnetik mengindikasikan adanya batuan beku pada kedalaman sekitar 2250 – 5000 mdpl. Batuan beku yang dihasilkan pada permodelan diduga berasal dari batuan pembentuknya yaitu Batuan Vulkanik Gunung Ringgit (Qp(r)) yang terbentuk pada pliestosen tengah (*middle plistocene*). Batuan Vulkanik Gunung Ringgit juga dikenal sebagai “Old Arjuna Volcanic” (Bemmelen, 1973)

Diduga batuan beku yang terdeteksi pada anomali magnetik daerah pengukuran merupakan batuan beku hasil erupsi besar Gunung Arjuna – Welirang Tua. Ketika erupsi itu terjadi, Gunung Arjuna – Welirang Tua memuntahkan seluruh material vulkaniknya sehingga terjadi kekosongan yang kemudian menghasilkan produk baru yaitu Gunung Arjuna, Gunung Kembar I, Gunung Kembar II dan Gunung Welirang (Hadi, 2008)

Metode magnetik tidak dapat digunakan untuk menentukan letak *clay cap* maupun *reservoir*. Karena baik *clay cap* maupun *reservoir* memiliki derajat kemagnetan yang sangat rendah. Sehingga pada pemodelan baik *clay cap* maupun *reservoir* ditunjukkan sebagai batuan sedimen dengan nilai suspetibilitas yang sangat kecil. Selain itu ambiguitas modeling magnetik sangat tinggi karenanya diperlukan metode lain sebagai pendukung untuk memetakan struktur geologi yang lebih detail. Pada daerah prospek panasbumi metode magnetik digunakan untuk mendeteksi dan memetakan lokasi batuan beku. Batuan beku merupakan salah satu komponen penting bagi sistem panasbumi, karena batuan beku dapat berfungsi sebagai sumber panas pada sistem panasbumi.

Dari hasil pemodelan data magnetik berdasarkan lintasan pada anomali magnetik, terdapat batuan beku yang terletak pada daerah sebelah selatan dari anomali. Hal ini mengindikasikan bahwa hasil pemodelan magnetik sesuai dengan hasil pemodelan magnetotelurik yakni diindikasikan terdapat sistem panasbumi pada daerah sebelah selatan dari daerah pengukuran Arjuna – Welirang.

Berdasarkan hasil integrasi dari metode magnetik dan magnetotelurik, dapat disimpulkan bahwa terdapat batuan beku pada daerah pengukuran arjuna welirang yang dapat digunakan sebagai sumber panas pada sistem panasbumi Arjuna – Welirang.



## BAB 5

### KESIMPULAN dan SARAN

#### 5.1. KESIMPULAN

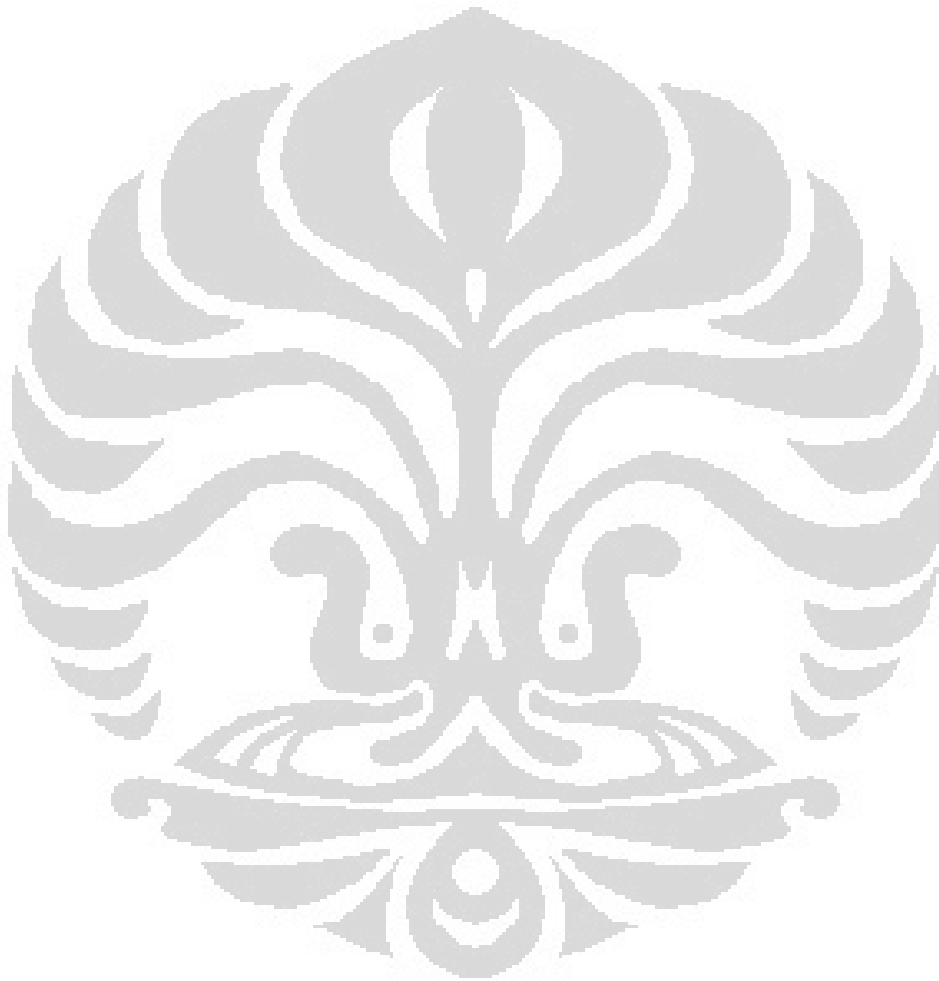
Dari hasil interpretasi dan diskusi dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Peta kontur anomali magnetik total daerah Arjuna – Welirang mempunyai nilai antara -1100 nT s.d 900 nT, menunjukkan intensitas magnetik yang cukup tinggi.
2. Hasil pemodelan struktur batuan permukaan hingga kedalaman maksimal 5000 m dengan menggunakan Mag2DC dapat dilihat bahwa di daerah pengukuran terdapat lapisan batuan dengan harga suseptibilitas yang berbeda – beda, yang didominasi oleh batuan sedimen vulkanik sebagai hasil endapan material vulkanik seperti lava dan piroklastik.
3. Karakteristik dari anomali magnetik menunjukkan bahwa diduga ada batuan beku sebagai hasil dari material vulkanik Gunung Arjuna – Welirang Tua. Batuan beku yang mendominasi anomali adalah andesit.
4. Batuan beku yang menjadi target pada anomali magnetik adalah andesit dengan suseptibilitas sekitar  $0.07 - 1.20 \times 10^{-6}$  cgs. Diindikasikan sebagai batuan beku yang dapat menjadi sumber panas pada sistem panasbumi Arjuna – Welirang.
5. Diduga terjadi proses demagnetisasi pada batuan beku yang teridentifikasi, ditandai dengan turunnya nilai suseptibilitas batuan beku karena proses pemanasan yang disebabkan oleh magma (heat source).
6. Dari analisis data terintegrasi antara metode magnetik, magnetotelurik dan geologi diindikasikan bahwa daerah Gunung Arjuna – Welirang merupakan daerah yang cukup memiliki prospek panasbumi.



## 5.2. SARAN

Sebaiknya dilakukan permodelan 3D untuk mendapatkan gambaran lebih detail mengenai struktur bawah permukaan Arjuna – Welirang. Dan perlu ditambahkan metode geofisika lainnya seperti geolistrik dan gravitasi sebagai pendukung agar memperoleh hasil yang lebih bagus sebagai pendukung interpretasi.



## DAFTAR REFERENSI

<http://www.ocean.washington.edu/people/grads/mpruis/magnetics/corrections/corr.html>. 23 April 2012. 12:17am

<http://bu-gis.blogspot.com/2010/12/pengaksesan-data-igrf.html>. 23 April 2012. 12:40am

Bemmelen, R.W. van. (1937). *The Volcano – Tectonic Structure Of The Residency Of Malang, Eastern Java. De Ingenieur in Ned. Indie, vol. IV, No.9, pp. 159-172*

Garland, George D. (1971). *Introduction to Geophysics Mantle, Core and Crust – Geomagnetic Scope and Fundamental Concepts*. W.B Saunders Company. Philadelphia, London, Toronto. Tokyo Company Limited. Tokyo.

Gupta, Harsh dan Sukanta Roy. (2007). *Geothermal Energy An Alternative Resource For The 21st Century*. Elsevier Publications. Amsterdam.

Goff, Fraser and Cathy J. Janik. (2000). *Encyclopedia of Volcanoes - Geothermal System*. Academic Press.

Hadi, Muhammad Nur., Dedi Kusnadi., dan Yuanno Rezky. (2010). *Survey Terpadu Geologi dan Geokimia Daerah Panasbumi Gunung Arjuno – Welirang Kabupaten Mojokerto, Malang dan Pasuruan Provinsi Jawa Timur*. Pusat Sumber Daya Geologi.

Mustang, Ario., Dendi S, dan Timoer S. (2007). *Penyelidikan Gaya Berat dan Geomagnet Di Daerah Panasbumi Bonjol, Kabupaten Pasaman Provinsi Sumatera Barat*. Pusat Sumber Daya Geologi. Bandung.

Haerudin, N., Wahyuningsih R., dan Wahyudi. (2011). *Analisis Data Anomali Magnet Untuk Menentukan Daerah Anomali Negatif Magnetik dan Kedalaman Sumber Anomali Di Daerah Panasbumi Rajabasa*. Annual Indonesian Geothermal Association Meeting & Conference. Bandar Lampung.

Nuqramadha, Wambra Aswo., Edi Suhanto., Kasbani., Sri Widodo., Arief Munandar., Ahmag Zarkasyi., Asep Sugianto., Muhammad Kholid., Yunus Daud., Supriyanto Suparno., Lendriadi Agung., dan Suya Aji Pratama. (2011).

*Investigasi Magnetotelurik Pada Daerah Prospek PanasBumi Arjuno – Welirang.* Annual Indonesian Geothermal Association Meeting & Conference. Bandar Lampung.

Noor, Djauhari. (2009). *Pengantar Geologi.*

Robinson, Edwin and Cahit Coruh, (1988). *Basic Exploration Geophysics, Exploration Using the Magnetic Method.* John Wiley and Sons, Inc. Canada.

Rosid, Syamsu. (2008). *Geomagnetic Method Lecture Note.* Physic Departement, FMIPA UI. Depok.

Sanger, Elizabeth A and Jonathan M.G Glen. (2003). *Density and Magnetic Suseptibility Values for Rocks in the Talkeetna Mountains and Adjacent Region, South-Central Alaska.* Open File Report 03-268. USGS 345 Middlefield Roas Menlo Park, CA.

Siahaan, Barita Uli. (2009). *Penentuan Struktur Pada Zona Hidrokarbon Daerah X Menggunakan Metode Magnetik.* Skripsi S1. Universitas Indonesia. Depok.

Sunaryo. (2012). *Identification Of Arjuno-Welirang Volcano-Geothermal Energy Zone By Means Of Density And Susceptibility Contrast Parameters.* International Journal of Civic and Enviromental Engineering IJCEE-IJENS. 120901-3838 IJCEE-IJENS vol 12 no.01.

Suparno, Supriyanto. (2009). *Energi Panas Bumi - A Present to the Earth Edisi 1.* Departemen Fisika FMIPA. Universitas Indonesia.

Zaenudin, Ahmad., Karyanto., Lisa Damayanti., dan Muh Sarkowi. (2011). *Interpretasi Anomali Medan Magnetik Pada Daerah Panasbumi Way Ratai Lampung.* Annual Indonesian Geothermal Association Meetin