

**ANALISIS DATA ANOMALI MEDAN MAGNET REDUKSI KE  
KUTUB DALAM MENENTUKAN POTENSI SUMBER DAN  
PENYEBARAN PANAS BUMI  
(STUDI KASUS DAERAH NGEBEL PONOROGO JAWA TIMUR)**

**SKRIPSI**

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Sains dalam bidang Fisika

Oleh :  
**ERWIN YUDI UTOMO**  
0710930033-93



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2011**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



**LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR**

**ANALISIS DATA ANOMALI MEDAN MAGNET REDUKSI KE  
KUTUB DALAM MENENTUKAN POTENSI SUMBER DAN  
PENYEBARAN PANAS BUMI  
(STUDI KASUS DAERAH NGBEL PONOROGO JAWA TIMUR)**

Oleh :  
**ERWIN YUDI UTOMO**  
**0710930033**

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji  
pada tanggal .....  
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Sains dalam bidang Fisika

**Pembimbing I**

**Pembimbing II**

**Drs. Didik Yudianto, M.Si**  
**NIP. 196904251994121001**

**Ir. Wiyono, M.Si**  
**NIP. 1958021019833031001**

**Mengetahui,**  
**Ketua Jurusan Fisika**  
**Fakultas MIPA Universitas Brawijaya**

**Drs. Adi Susilo, M.Si, Ph.D**  
**NIP. 19631227 1991031 002**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Erwin Yudi Utomo  
NIM : 071093033  
Jurusan : Fisika  
Penulis Tugas Akhir Berjudul :

**ANALISIS DATA ANOMALI MEDAN MAGNET REDUKSI KE  
KUTUB DALAM MENENTUKAN POTENSI SUMBER DAN  
PENYEBARAN PANAS BUMI  
(STUDI KASUS DAERAH NGEHEL PONOROGO JAWA TIMUR)**

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Isi dari Tugas Akhir yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, nama-nama dan karya-karya yang ada dalam daftar pustaka digunakan semata-mata untuk acuan.
2. Apabila dikemudian hari ternyata Tugas akhir yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, Agustus 2011  
Yang menyatakan,

Erwin Yudi Utomo  
NIM. 0710930033

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “ANALISIS DATA ANOMALI MEDAN MAGNET REDUKSI KE KUTUB DALAM MENENTUKAN POTENSI SUMBER DAN PENYEBARAN PANAS BUMI (STUDI KASUS DAERAH NGEBEL PONOROGO JAWA TIMUR) “ ini dengan sebaik-baiknya.

Dalam proses pengerjaan tugas akhir ini mandapatkan bantuan dan dukungan dari banyak pihak. Oleh Karena itu, penulis sampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Drs. Didik Yudianto, M.Si, selaku pembimbing I, yang telah banyak meluangkan waktu dan tenaga dalam proses pembuatan tugas akhir ini.
2. Ir. Wiyono, M.Si, selaku pembimbing II, terima kasih atas masukan dan saran yang diberikan kepada penulis.
3. Bapak Drs. Adi Susilo, M.Si, PhD., selaku Ketua Jurusan Fisika, yang telah memberi ijin atas selesainya tugas akhir ini.
4. Ayah dan mama, adik-adik penulis. Terima kasih atas segala dukungan, nasehat dan do'a restu serta kasih sayang yang telah diberikan selama ini.
5. Bapak dan Ibu dosen, seluruh karyawan Jurusan Fisika Universitas Brawijaya, atas ilmu dan bimbingannya selama ini kepada penulis.
6. Bapak Tarno sekeluarga, Bapak Boimin Sekeluarga, yang telah banyak membantu selama di Ponorogo.
7. Temen seperjuangan dalam pembuatan tugas akhir ini Efi, Afandi, Indra, Anggun, Ali, wardha terima kasih atas bantuan yang telah diberikan.
8. Mukhlis, Badar, Eddy, Bagus, Dimas, Ardian dan seluruh mahasiswa Fisika khususnya angkatan 2007, terima kasih atas bantuan dan kebersamaan yang terjalin.
9. Seseorang yang selalu memberikan semangat, bantuan, motivasi sehingga terselesaikannya penulisan skripsi ini.
10. Semua pihak yang telah membantu kesuksesan penulisan skripsi ini, terimakasih banyak.

Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak walaupun penulis yakin bahwa laporan ini masih jauh untuk dikatakan sempurna.

Malang, Agustus 2011

Penulis

UNIVERSITAS BRAWIJAYA





**ANALISIS DATA ANOMALI MEDAN MAGNET REDUKSI KE  
KUTUB DALAM MENENTUKAN SUMBER DAN PENYEBARAN  
POTENSI PANASBUMI  
(STUDI KASUS DAERAH NGEBEL PONOROGO JAWA TIMUR)**

**ABSTRAK**

Penelitian petensi panasbumi telah dilakukan dengan menggunakan metode magnetik di daerah Ngebel, Kabupaten Ponorogo. Penelitian yang bertujuan untuk menentukan potensi sumber dan penyebaran panasbumi pada daerah penelitian. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan instrumen *Proton Precession Magnetometer* (PPM) dengan tipe *Geometrics G-856/27616* dengan luas area 200 m x 200 m. Data yang didapatkan dari hasil pengukuran adalah waktu, letak titik pengukuran, ketinggian titik pengukuran, dan pembacaan nilai intensitas magnet pada magnetometer.

Pengolahan data meliputi koreksi harian, koreksi IGRF untuk mendapatkan anomali magnet total, reduksi bidang datar dan kontinuitas ke atas untuk mendapatkan anomali magnet sisa, serta reduksi ke kutub dan gradien horisontal untuk mengetahui informasi letak benda anomali.

Nilai anomali magnet total didapatkan berkisar antara -650 nT sampai dengan 50 nT yang didominasi oleh kelompok magnet rendah (-350 nT - -150 nT). Sedangkan untuk nilai anomali magnet sisa -150 nT sampai dengan 75 nT. Nilai Anomali magnetik setelah direduksi ke kutub berkisar antara -320 nT- 180 nT. Daerah potensi panas bumi diinterpretasikan terdapat di daerah anomali magnet rendah atau negatif yang terdapat di bagian Barat Laut dan Timur Laut daerah penelitian. Interpretasi kuantitatif pada anomali residual dihasilkan struktur geologi bawah permukaan untuk mengetahui penyebaran panasbumi yang dipengaruhi oleh porositas, permeabilitas, konduktivitas dan aktifitas batuan.

Kata kunci : Metode magnetik, Panasbumi, Ngebel, Sumber dan Penyebaran panasbumi

**ANALYSIS OF MAGNETIC REDUCTION TO THE POLE DATA  
TO DETERMINED THE SOURCE AND SPREAD OF  
GEOTHERMAL POTENTIAL  
(CASE STUDY AT NGBEL PONOROGO EAST JAVA)**

**ABSTRACT**

Study on potential geothermal zone using magnetic method at Ngebel area, Ponorogo Regency, East Java had been done. This study conducted to determined the source and spread of geothermal potential in the study area. The measuring of primary data using Proton Precession Magnetometer (PPM) Geometrics G-856/27616 with 200 m x 200 m in wide. The obtained result of data measurement are time, location of observation points, elevation of observation points, and magnetic intensity readings from magnetometer.

Data processing was consisted of the diurnal correction and IGRF correction to get total magnetic anomaly, reduction to even surface and upward continuation to get residual magnetic anomaly, reduction to pole and horisontal gradien to determine the location of the anomaly.

Total magnetic anomaly values obtained ranged from - 650 nT to 50 nT which is dominated by low magnetic (-350 nT - -150 nT). While for residual magnetic anomaly values ranged from -150 nT to 75 nT. Magnetic anomaly after the value reduced to the pole ranged from -320 nT to 180 nT. Geotherm potential area was interpreted in low magnetic anomaly area or negative which is located on the northwestern and northeastern area of study. The quantitative interpretation from residual anomaly obtained the subsurface geology structure to determined the spread of geotherm potential which is influenced by porosity, permeability, conductivity and activity of rock.

Keyword : Magnetic method, Geothermal, Ngebel, The source and spread of geothermal

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRAK/ABSTRACT</b> .....	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Daerah Penelitian .....	5
2.1.1 Kondisi Geografis.....	5
2.1.2 Kondisi morfologi dan Stratigrafi.....	6
2.1.3 Kondisi Geologi .....	6
2.2 Medan Magnet Bumi .....	8
2.2.1 Medan Magnet Utama .....	9
2.2.2 Medan Luar .....	10
2.3 Anomali Magnet lokal .....	11
2.4 Gaya Magnetik .....	11
2.5 Induksi Magnet.....	12
2.6 Kuat Medan Magnet.....	12
2.7 Momen Magnetik .....	13
2.8 Intensitas Kemagnetan .....	13
2.9 Suseptibilitas Kemagnetan .....	14
2.10 Metode Magnetik .....	14
2.11 Suseptibilitas Batuan dan Mineral .....	15
2.12 Reduksi Kekutub .....	18
2.13 Perpindahan Kalor.....	18
2.14 Sesar .....	19
2.15 Sistem Panasbumi .....	20

<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>23</b>
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	23
3.2 Peralatan Penelitian .....	23
3.3 Bentuk Penelitian .....	25
3.4 Prosedur Pelaksanaan Penelitian .....	25
3.4.1 Tahap Pengambilan Data.....	25
3.4.2 Pengolahan Data.....	26
3.4.3 Pemodelan .....	29
3.4.4 Interpretasi dan Analisis .....	29
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>31</b>
4.1 Pendahuluan .....	31
4.2 Pengolahan Data.....	32
4.2.1 Anomali Magnet Total.....	32
4.2.2 Reduksi Bidang Datar.....	34
4.2.3 Kontinuasi ke Atas .....	35
4.3 Interpretasi dan Analisis Kualitatif .....	36
4.3.1 Anomali Magnet Lokal.....	36
4.3.2 Reduksi ke Kutub .....	37
4.3.3 Gradien Horisontal .....	41
4.3.4 Distribusi Panasbumi.....	44
4.4 Interpretasi dan Analisis Kuantitatif .....	46
4.4.1 Penampang Melintang Lintasan XX' .....	49
4.4.2 Penampang Melintang Lintasan YY' .....	51
4.5 Analisis Sumber Potensi dan Persebaran Panas Bumi .....	52
4.5.1 Sumber Potensi Panasbumi.....	52
4.5.2 Penyebaran Panasbumi .....	54
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>59</b>
5.1 Kesimpulan .....	59
5.2 Saran .....	59
<b>Daftar Pustaka.....</b>	<b>61</b>
<b>Lampiran .....</b>	<b>63</b>

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Panasbumi merupakan salah satu sumber daya alternatif dan sangat berpotensi untuk diproduksi di Indonesia karena potensi panasbumi di Indonesia mencapai 40 % cadangan panasbumi dunia. Hal ini disebabkan Indonesia memiliki 129 gunung api yang berpotensi sebagai daerah pengembangan panasbumi (Ilyas, 2004).

Pada abad ke-21 ini, panasbumi merupakan salah satu sumber energi alternatif yang ada di bumi yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi dalam kehidupan sehari-hari. Hal ini dikarenakan panasbumi merupakan salah satu potensi energi yang ramah lingkungan dan terbarukan serta masih minimnya pemanfaatan panasbumi untuk pemenuhan kebutuhan. Salah satu contoh pemanfaatan panasbumi adalah pengkonversian panasbumi menjadi energi listrik yang dapat kita gunakan untuk kehidupan sehari-hari (Indratmoko, 2010).

Energi panasbumi tersebut dapat kita ketahui keberadaanya dengan berbagai survey geofisika. Pada umumnya, metode geofisika tersebut diterapkan untuk mengetahui keberadaan suatu energi panasbumi dengan mengetahui adanya sifat-sifat fisik batuan yang ada di bawah permukaan. Adanya anomali dari sifat fisik batuan tersebut dapat digunakan untuk memperkirakan suatu sistem panasbumi di bawah permukaan. Sedangkan dalam membantu interpretasi potensi panasbumi suatu daerah penelitian maka data geofisika sangat membantu dalam hal menentukan keberadaan sumber panas, keberadaan zona reservoir, serta zona *permeable* dan *upflow* (Kirbani, 2001).

Di daerah Propinsi Jawa Timur terdapat banyak potensi panasbumi yang belum banyak dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif, dan salah satunya adalah di daerah Ngebel Kabupaten Ponorogo. Pada daerah Ngebel Kabupaten Ponorogo ini terdapat manifestasi panasbumi yang berupa air panas sehingga dimungkinkan diadakan penelitian lebih lanjut mengenai panasbumi tersebut. Di desa Wagirlor, Ngebel, Ponorogo, Jawa Timur dilakukan penelitian dengan metode magnetik untuk mengetahui sumber dan penyebaran panasbumi di daerah tersebut. Pada daerah penelitian tersebut terdapat beberapa mata air panas yang merupakan manifestasi dari panasbumi daerah penelitian dimana dari mata air

panas tersebut dapat dilakukan identifikasi mengenai sumber panasbumi dan penyebarannya pada daerah penelitian dengan menggunakan metode magnetik. Selain itu, pada daerah sekitar 100 meter dari daerah penelitian terdapat bekas titik pengeboran sumber energi panasbumi yang dilakukan pemerintah pada tahun 1992 yang ditutup dua tahun kemudian, pada 1994. Saat ini, bekas lokasi pengeboran ini telah berubah menjadi kebun singkong warga sekitar (Zakaria,2010).

Dalam eksplorasi panasbumi, metode magnetik digunakan untuk mengetahui variasi medan magnet di daerah penelitian. Variasi medan magnet disebabkan oleh sifat kemagnetan yang tidak homogen dari kerak bumi, dimana batuan di dalam sistem panasbumi pada umumnya memiliki magnetisasi rendah dibanding batuan sekitarnya. Hal ini disebabkan adanya proses demagnetisasi oleh proses alterasi hidrotermal, dimana proses tersebut mengubah mineral yang ada menjadi mineral-mineral paramagnetik atau bahkan diamagnetik. Nilai magnet yang rendah tersebut dapat menginterpretasikan zona-zona potensial sebagai reservoir dan sumber panas (Santoso, 2002).

## **1.2 Rumusan Masalah**

Dari latar belakang diatas maka diperoleh perumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana melakukan pengolahan data magnetik di daerah penelitian dengan mentransformasi reduksi data ke kutub?
2. Bagaimana pola anomali magnetik di daerah panasbumi Ngebel, Ponorogo berdasarkan data magnetik?
3. Bagaimana sumber dan penyebaran potensi daerah panasbumi Ngebel, Ponorogo berdasarkan anomali magnetik?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mendapatkan pola anomali magnetik berdasarkan data magnetik yang telah dikonversi dan direduksi.
2. Untuk mengetahui sumber dan pola penyebaran daerah panasbumi di daerah Ngebel Ponorogo dengan interpretasi dan analisa data anomali magnetik total.

#### **1.4 Batasan Masalah**

Batasan masalah untuk penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini hanya dilakukan di desa Wagirlor Kecamatan Ngebel Kabupaten Ponorogo.
2. Pengolahan data hanya menggunakan dengan konversi dan reduksi data ke kutub.
3. Pengolahan data hanya menggunakan *software* Surfer9, Magpic dan Mag2dc.
4. Alat yang digunakan adalah Proton Procession Magnetometer (PPM) tipe GEOMETRICS G-856 Memory-Mag™ PPM.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah untuk memberikan informasi tentang sumber dan pola penyebaran panasbumi di desa Wagirlor Kecamatan Ngebel Kabupaten Ponorogo dan hasil yang diperoleh dapat memberikan dampak yang baik serta dapat dimanfaatkan secara maksimal bagi pihak-pihak yang berkepentingan dalam hal tersebut.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



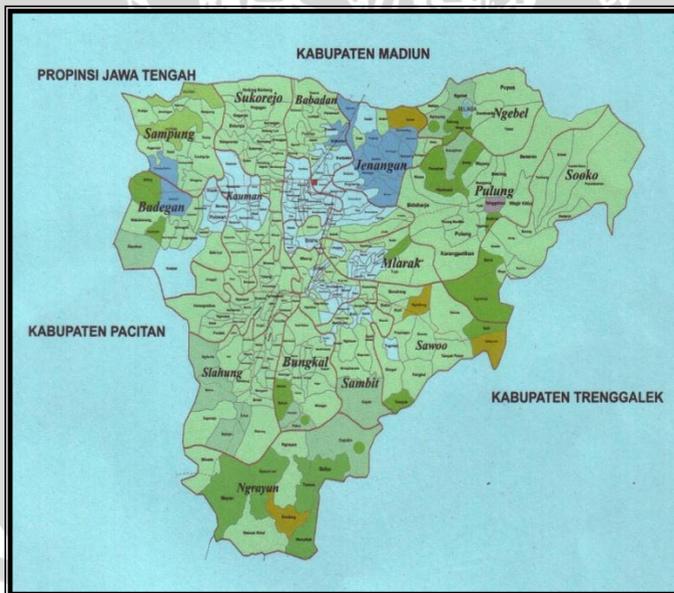


## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Daerah Penelitian

#### 2.1.1 Kondisi Geografis

Berdasarkan kondisi geografisnya, Kabupaten Ponorogo mempunyai luas 1.371,78 km<sup>2</sup> yang terletak antara 111° 17' - 111° 52' Bujur Timur dan 7° 49' - 8° 20' Lintang Selatan dengan ketinggian antara 92 m sampai dengan 2.563 meter di atas permukaan laut. Kabupaten Ponorogo memiliki batas wilayah sebelah utara Kabupaten Madiun, Magetan dan Nganjuk, sebelah timur Kabupaten Tulungagung dan Trenggalek, sebelah selatan Kabupaten Pacitan serta sebelah barat Kabupaten Pacitan dan Wonogiri (Jawa Tengah). Adapun jarak ibukota Ponorogo dengan ibukota Propinsi Jawa Timur (Surabaya) kurang lebih 200 km arah timur laut dan ke ibukota negara kurang lebih 800 km ke arah barat. Sedangkan untuk daerah penelitian ini, dilaksanakan di desa Wagirlor kecamatan Ngebel dimana lokasi tersebut masih masuk dalam wilayah administratif Kabupaten Ponorogo (Anonymous, 2011a).



Gambar 2.1 Peta Kab.Ponorogo (Anonymous, 2011a).

## **2.1.2 Kondisi Morfologi dan Stratigrafi**

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Bidang Pemetaan Geologi, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (PPPG) pada tahun 1985 morfologi daerah penelitian didominasi oleh litologi maupun struktur geologinya. Apabila dilihat dari ketinggian dan bentuk bukitnya, daerah ini dipisahkan oleh empat satuan morfologi secara umum, yaitu kerucut gunungapi, perbukitan bertimbunan tajam, perbukitan menggelombang dan pedataran rendah (PPPG, 1985).

Mengenai stratigrafi dari daerah penelitian adalah termasuk dalam morfonit Ngebel dimana satuan ini tersebar di sekitar Telaga Ngebel dan daerah-daerah disekitar Telaga tersebut. Satuan ini terdiri dari breksi gunungapi, tuf dan konglomerat gunungapi. Breksi gunungapi pada umumnya terdiri dari andesit piroksen, andesit horenblenda dan sedikit mikrodiorit yang meruncing. Breksi gunungapi ini ditemukan di sekitar Telaga Ngebel dengan jumlah komponennya mencapai 80% - 90% dan sangat kompak. Sedangkan tuf merupakan suatu Kristal, bertekstur dan bersifat andesit. Untuk tuf sendiri tersusun dari felspar, piroksen, horenblenda dan pecahan batuan. Pada batuan ini memiliki butiran yang menyudut sampai menyudut tanggung serta memiliki lapisan dengan tebal lapisan antara 20 cm sampai dengan 1,5 m. Sedangkan mengenai struktur lapisan dalam batuan ini adalah mulai dari tuf kasar yang mengandung kerikil andesit di bagian bawah berangsur ke atas yang merupakan tuf halus dengan ukuran lanau. Sedangkan konglomerat gunungapi memiliki kepingan andesit yang membuldar dan kebanyakan dijumpai sebagai lensa. Untuk bagian batas lapisanya biasanya merupakan bidang yang tak rata (PPPG, 1985).

## **2.1.3 Kondisi Geologi**

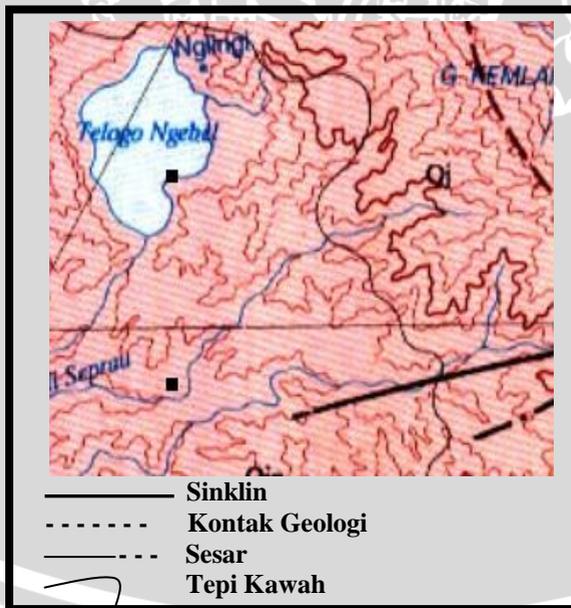
Untuk kondisi geologi, daerah penelitian termasuk dalam tiga mandala geologi, yaitu Lajur Kendeng di utara, Pegunungan selatan Jawa Timur di selatan, dan Lajur Gunungapi di antara keduanya.

Proses tektonika pada Lajur Kendeng yang terletak di utara terjadi pada awal Plistosen akhir. Proses ini di mulai dengan proses lipatan yang terjadi pada formasi Notopuro, meskipun hasil dari

lipatan sangat lemah atau minimal dengan arah lipatan timur-barat dan miring ke selatan.

Sedangkan untuk pegunungan selatan terjadi dua pengendapan yaitu pada akhir Oligosen-Awal Miosen membentuk Formasi Mandalika dan pada akhir Miosen Awal sampai Miosen Tengah membentuk Formasi Jaten, Formasi Wuni dan Formasi Wonosari. Pada umumnya bidang lipatan berarah baratlaut sampai tenggara. Untuk kelurusan baik sesar maupun kekar, pada umumnya berarah timurlaut sampai baratdaya dan sebagian kecil baratlaut sampai tenggara serta utara sampai selatan.

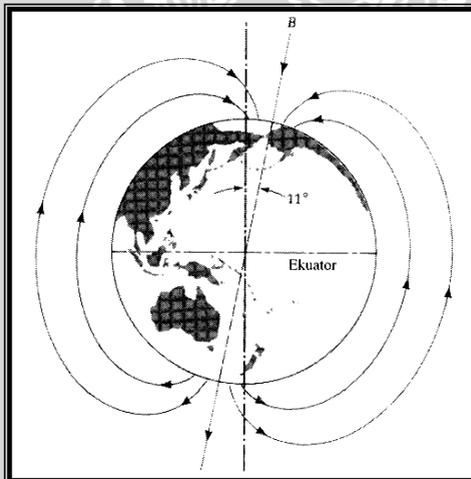
Untuk pola kelurusan di batuan gunungapi Kuarter Gunung Wilis pada umumnya hampir sama dengan pola Pegunungan Selatan yaitu membentuk sesar dan kekar. Pada pola ini memiliki arah timurlaut-baratdaya, baratlaut-tenggara dan sedikit yang berarah utara-selatan. Terbentuknya sesar dan kekar pada pola ini adalah akibat dari adanya pergerakan sesar dan kekar Miosen Tengah, pada batuan yang mengalasi gunungapi. Perkiraan ini didasarkan pada pola struktur di batuan gunungapi pada pola Pegunungan Selatan (PPPG, 1985).



Gambar 2.2 Peta geologi daerah penelitian (PPPG, 1985).

## 2.2 Medan Magnet Bumi

Magnet bumi adalah harga kemagnetan dalam bumi. Arus listrik yang mengalir dalam inti besi cair dari bumi dan akan menghasilkan medan magnet. Kerapatan fluks magnet ( $B$ ) sekitar  $0,62 \times 10^{-4} \text{ Wb/m}^2$  ( $0,062 \text{ mT}$ ) di kutub Utara magnet dan sekitar  $0,5 \times 10^{-4} \text{ Wb/m}^2$  ( $0,05 \text{ mT}$ ) di garis lintang  $400$ . Sumbu simpal arus magnetik efektif berada pada  $110$  dari sumbu rotasi bumi (Liang Chi Shen, 2001). Sementara itu Demarest (1998) menyatakan bahwa bahwa harga komponen horizontal dari medan magnet bumi di daerah khatulistiwa sekitar  $35 \mu\text{T}$  ( $0,035 \text{ mT}$ ). Kuat medan magnet yang terukur di permukaan bumi sebagian besar berasal dari dalam bumi (*internal field*) mencapai lebih dari  $90 \%$ . Sedangkan sisanya adalah magnet dari kerak bumi yang menjadi target dalam eksplorasi geofisika dan medan dari luar bumi (*external field*). Medan magnet dari dalam bumi merupakan bagian yang terbesar, maka medan ini sering juga disebut medan utama (*main field*) yang dihasilkan oleh adanya aktifitas di dalam inti bumi bagian luar (*outer core*) (Untung, 2001).



Gambar 2.3. Medan magnet bumi dengan sudut inklinasi  $11^{\circ}$ .

Berdasarkan hasil penelitian terdapat beberapa medan magnet dengan periode pendek yang mengakibatkan adanya variasi medan magnet bumi terhadap waktu :

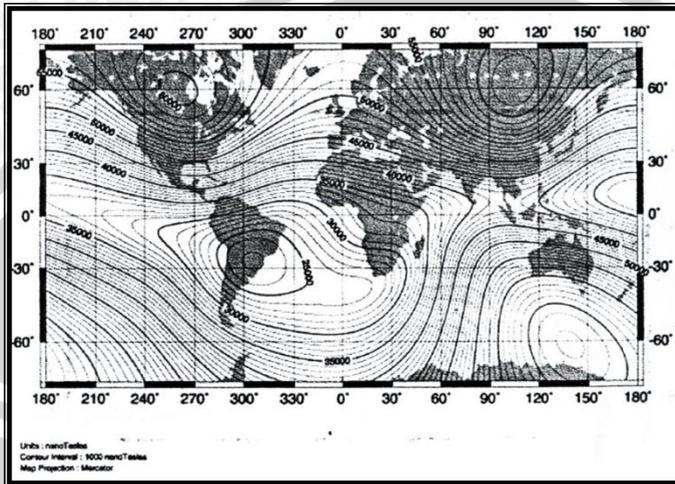
- A. Variasi Sekuler: variasi yang ditimbulkan oleh adanya perubahan internal bumi. Perubahannya sangat lambat (orde puluhan sampai ratusan tahun) untuk bisa mempengaruhi hasil survey magnetik. *International Geomagnetic Reference Field* (IGRF) adalah medan magnet teoritis di permukaan bumi yang dihitung oleh *International Association of Geomagnetism and Aeronomy* (IAGA) setiap 5 (lima) tahun sekali. Medan magnet ini juga merupakan fungsi posisi di permukaan bumi.
- B. Variasi diurnal (harian): variasi akibat osilasi cepat dengan magnitudo kecil dalam medan magnet bumi secara periodik setiap hari yang mencapai magnitudo rata-rata sebesar  $12 \gamma$ . Variasi dominan ditimbulkan oleh gangguan matahari (*solar-diurnal variation*). Radiasi ultraviolet matahari menimbulkan ionisasi dan juga adanya elektron-elektron yang terlempar dari matahari akan menimbulkan arus sebagai sumber medan magnet. Sifat perubahan harian ini acak tetapi periodik dengan periode rata-rata sekitar panjang dari matahari (25 jam) dengan rentang harga perubahan sekitar  $10-30 \gamma$  ( $1 \gamma = 1 \text{ nT}$ ). Komponen lain dalam variasi harian berhubungan erat dengan rotasi bumi terhadap bulan sebesar lebih kurang  $1/15$  dari amplitudo variasi matahari, dicatat disesuaikan dengan hari bulan (*lunar-diurnal variation*).
- C. Variasi yang lain adalah badai magnetik (*magnetik storm*) akibat aktifitas matahari. Perubahannya sangat cepat, acak, dan besar hingga secara praktis mengaburkan hasil survey magnetik. Osilasi magnitudo badai di daerah dari garis khatulistiwa sampai lintang  $60^\circ$  dapat mencapai  $1000 \gamma$  (Untung, 2001).

### 2.2.1 Medan Magnet Utama

Definisi dari medan magnet ini adalah hasil pengukuran rata-rata dalam waktu satu tahun dan pada luasan tertentu. Proses rata-rata ini tidak menghilangkan beberapa medan periodik yang berasal dari luar. Pengaruh medan utama magnet bumi variasinya terhadap waktu sangat lambat dan kecil.

Medan magnet utama mempunyai nilai yang tidak konstan, tetapi perubahan sangat lambat karena sumber dari medan ini

berasal dari internal bumi. Variasi sekuler bersifat regional dan pengukuran dilakukan setiap lima tahun. Nilai medan magnet utama bumi dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Peta medan magnet bumi yang dapat dilihat medan magnet utamanya.

### 2.2.2 Medan Luar

Medan ini merupakan bagian kecil dari medan magnet bumi. Sumber medan magnet ini berasal dari luar bumi, yang berhubungan dengan arus listrik yang mengalir dalam lapisan terionisasi di atmosfer luar yang ditimbulkan oleh sinar ultraviolet matahari (Moehadi, 2000).

Beberapa sumber medan magnet luar antara lain :

- Perubahan konduktivitas listrik lapisan atmosfer dengan siklus sebelas tahun.
- Variasi harian dengan periode 24 jam yang berhubungan dengan pasang surut matahari dan mempunyai jangkauan 30 nT.
- Variasi harian dengan periode 25 jam yang berhubungan dengan pasang surut bulan dan mempunyai jangkauan 2 nT.
- Badai magnet yang bersifat acak dan mempunyai jangkauan sampai dengan 1000 nT (Wahyudi, 2004).

Badai magnet merupakan gangguan transier dengan amplitude 1000  $\gamma$  disemua garis lintang. Saat badai magnet pengukuran tidak dapat dilakukan. Ciri yang dapat dilihat dari alat ukur yang menunjukkan nilai anomali magnet yang tinggi dan gelegar petir. Badai ini hanya terjadi dalam waktu yang sangat singkat yaitu dalam hitungan detik maksimal menit.

### 2.3 Anomali Magnet Lokal

Anomali ini bersumber dari batuan dekat kerak yang termagnetisasi dan menimbulkan medan induksi serta kemagnetan remanen yang berasal dari tubuh batuan sendiri. Anomali magnet dapat menyebabkan perubahan pada medan utama yang biasanya jauh lebih kecil dari medan utama tersebut. Perubahan ini dapat dikaitkan perubahan kandungan mineral magnet dan batuan yang bersifat magnet dekat permukaan. Pada umumnya anomali lokal ini tidak menyebar pada daerah yang luas, karena letak sumbernya tidak terlalu dalam.

Variasi medan magnet yang terukur di permukaan merupakan terget dari survey magnetik (anomali magnet). Besarnya anomali ini berkisar ratusan sampai denagn ribuan nano-Tesla. Secara garis besar anomali ini disebabkan oleh medan magnet remanen dan medan magnet induksi (Untoro, 2005).

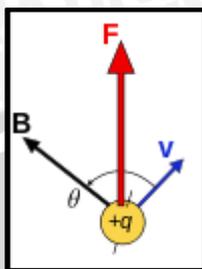
Anomali medan magnetik total dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\Delta H = |H| - |H_0| \quad (2.1)$$

dimana  $|H|$  merupakan medan magnet pada suatu titik dan  $|H_0|$  adalah medan magnet utama pada titik yang sama (Telford, 1976).

### 2.4 Gaya Magnetik

Muatan bergerak berinteraksi antara satu sama lain melalui gaya magnetik. Karena arus listrik terdiri dari muatan yang bergerak, maka arus listrik itu juga mengerahkan gaya magnetik satu sama lainnya. Gaya ini diuraikan dengan mengatakan bahwa satu muatan bergerak atau arus menciptakan medan magnetik yang selanjutnya akan mengerahkan gaya pada muatan bergerak yang lain. Hal ini ditunjukkan oleh gambar 2.6 dimana  $F$  adalah gaya magnetik,  $B$  adalah medan magnetik,  $q$  adalah muatan dan  $v$  adalah kecepatan.



Gambar 2.5. Muatan yang bergerak dengan kecepatan  $v$ .

Dimana apabila muatan  $q$  bergerak dengan kecepatan  $v$  dalam medan magnet  $B$  muatan itu mengalami gaya :

$$F = qv \times B \quad (2.2)$$

dimana satuan untuk gaya magnetik ( $F$ ) dalam SI adalah newton ( $N$ ) ( Tipler, 1991).

## 2.5 Induksi Magnet

Suatu gaya medan magnet dapat menimbulkan suatu arus magnet. Kerapatan arus magnet yaitu jumlah arus dalam satu satuan daerah yang juga disebut induksi magnet yang dinyatakan dengan  $B$ . Untuk perumusan induksi magnet dirumuskan oleh dua ilmuwan terkenal yaitu Bio – Savart yang dikenal dengan hukum Bio-Savart dengan perumusan sebagai berikut :

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{i \, dl \times r}{r^2} \quad (2.3)$$

dengan satuan  $B$  dalam SI adalah tesla (T).

## 2.6 Kuat Medan Magnet

Kuat medan magnet di suatu titik yang terletak di dalam medan magnet ialah besar gaya pada satu satuan kuat kutub di titik itu yang berada di dalam medan magnet tersebut. Dalam hal ini, kuat medan magnet memiliki hubungan dengan induksi magnet ( $B$ ) dengan perumusan sebagai berikut :

$$B = \mu H \quad (2.4)$$

dimana apabila dalam satuan SI nilai  $H$  memiliki satuan  $\text{Am}^{-1}$ .

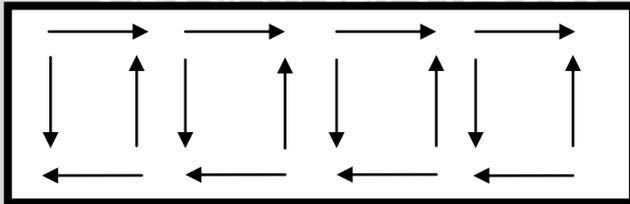


## 2.7 Momen Magnetik

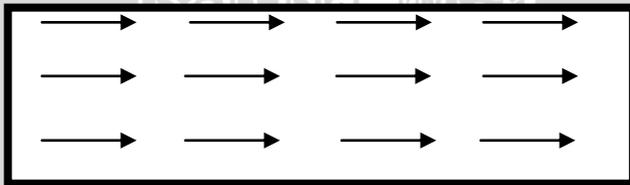
Momen magnet ( $M$ ) termasuk besaran vektor karena mempunyai besar dan arah yang memanjang dari kutub negatif ke kutub positif atau dari kutub selatan ke kutub utara magnetik. Besarnya momen magnetik bergantung pada kuat tidaknya suatu benda termagnetisasi serta jarak yang memisahkan diantara kedua kutubnya. Momen magnetik ini sebanding dengan massa, arus, sebagaimana dapat dilihat dari persamaan di bawah ini:

$$M = m l = i A \quad (2.5)$$

Arah momen magnetik dari atom bahan non magnetik adalah acak sehingga momen magnetik resultannya menjadi nol sebagaimana yang ditunjukkan oleh gambar 2.6. Sebaliknya di dalam bahan-bahan magnetik, arah momen magnetik atom-atom bahan itu teratur sehingga momen magnetik resultan tidak nol yang dimana ditunjukkan oleh gambar 2.7 (Blakely, 1995).



Gambar 2.6. Arah momen magnetik bahan non magnetik.



Gambar 2.7 Arah momen magnetik bahan magnetik.

Untuk momen magnet dalam SI mempunyai satuan  $A \cdot m^2$  (Kasbani, 2005).

## 2.8 Intensitas Kemagnetan

Sejumlah benda-benda magnet dapat dipandang sebagai sekumpulan benda magnetik. Apabila benda magnet tersebut

diletakkan dalam medan luar, benda tersebut menjadi termagnetisasi karena induksi. Dengan demikian, intensitas kemagnetan dapat didefinisikan sebagai tingkat kemampuan menyearahkan momen-momen magnetik dalam medan magnetik luar dapat juga dinyatakan sebagai momen magnetik persatuan volume.

$$\vec{I} = \frac{\vec{M}}{V} \quad (2.6)$$

Satuan Intensitas magnet adalah dalam SI adalah  $\text{Am}^{-1}$  (Ilyas, 2004).

## 2.9 Suseptibilitas Kemagnetan

Tingkat suatu benda magnetik untuk mampu dimagnetisasi ditentukan oleh suseptibilitas kemagnetan yang dituliskan sebagai berikut :

$$\vec{I} = k\vec{H} \quad (2.7)$$

Besaran ini adalah parameter dasar yang dipergunakan dalam metode magnetik dimana  $I$  adalah intensitas medan magnet batuan (nT),  $H$  adalah intensitas medan magnet bumi yang menginduksi batuan dalam (nT). Harga  $k$  pada batuan semakin besar apabila dalam batuan tersebut semakin banyak dijumpai mineral-mineral yang bersifat magnetik (Untung, 2001).

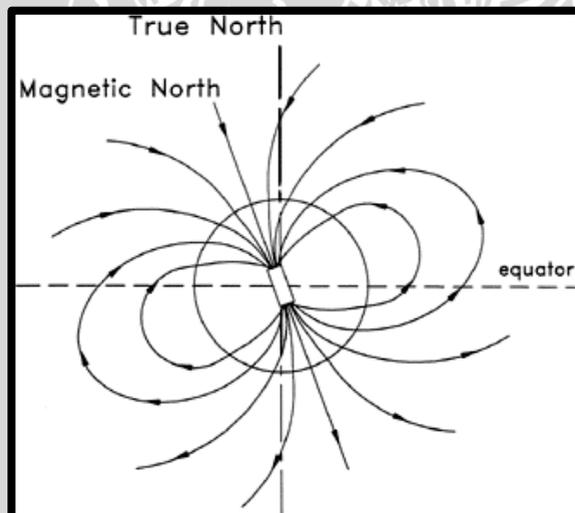
## 2.10 Metode Magnetik (Geomagnet)

Metode magnetik didasarkan pada pengukuran variasi intensitas medan magnetik di permukaan bumi yang disebabkan oleh adanya variasi distribusi benda termagnetisasi di bawah permukaan bumi (suseptibilitas). Variasi yang terukur (anomali) berada dalam latar belakang medan yang relatif besar. 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. Metode magnetik memiliki kesamaan latar belakang fisika dengan metode gravitasi, kedua metode sama-sama berdasarkan kepada teori potensial, sehingga keduanya sering disebut sebagai metode potensial. Namun demikian, ditinjau dari segi besaran fisika yang terlibat, keduanya mempunyai perbedaan yang mendasar.

Dalam magnetik harus mempertimbangkan variasi arah dan besar vektor magnetisasi. Sedangkan dalam gravitasi hanya ditinjau variasi besar vektor percepatan gravitasi. Data pengamatan magnetik lebih menunjukkan sifat residual yang kompleks. Dengan demikian, metode magnetik memiliki variasi terhadap waktu jauh lebih besar. 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 arkeologi (Untoro, 2005).

## 2.11 Suseptibilitas Batuan dan Mineral

Bumi merupakan benda magnetik yang besar, letak kutub Utara dan Selatan magnet bumi tidak berimpit dengan kutub geografis. Pengaruh kutub Utara dan Selatan magnet bumi dipisahkan khatulistiwa magnet. Intensitas magnet akan bernilai maksimum di kutub dan bernilai minimum di khatulistiwa. Karena letaknya yang berbeda terdapat perbedaan antara arah Utara magnet dan geografi yang disebut dengan deklinasi.



Gambar 2.8. Bumi sebagai batang magnet dengan garis-garis gayanya.

Arah polarisasi benda magnet akan ditentukan oleh nilai inklinasi dimana benda tersebut diletakkan seperti pada gambar

elemen-elemen magnet bumi. Medan magnet bumi dapat digambarkan sebagai batang magnet dengan dua kutub yang terletak di dalam bumi, tapi tidak tepat ditengah-tengah. Sumbu magnet bergeser sejauh 1.200 km dari sumbu tengah bumi.

Dari persamaan 2.7 intensitas magnetik dipengaruhi oleh kuat medan magnet dan suseptibilitas bahan, suseptibilitas bahan merupakan kemampuan suatu bahan untuk menjadi termagnetisasi. Sedangkan permeabilitas adalah kemudahan melewati fluks yang melewatinya (Santoso, 2002).

Tabel 2.1. Tabel suseptibilitas batuan( Telford,1976 ).

Rock Type	Susceptibility (k)
Altered ultra basics	$10^{-4}$ to $10^{-2}$
Basalt	$10^{-4}$
Gabbro	$10^{-4}$ to $10^{-3}$
Granite	$10^{-5}$ to $10^{-3}$
Andesite	$10^{-4}$
Rhyolite	$10^{-5}$ to $10^{-4}$
Metamorphic rocks	$10^{-4}$ to $10^{-6}$
Most sedimentary rocks	$10^{-6}$ to $10^{-5}$
Limestone and chert	$10^{-6}$
Shale	$10^{-5}$ to $10^{-4}$

Setiap batuan yang terdiri dari bermacam-macam mineral, yang memiliki sifat magnetik dan suseptibilitas yang berbeda, masing-masing dikelompokkan kedalam:

1. Diamagnetik

Batuan ini mempunyai suseptibilitas negatif dan nilainya kecil serta suseptibilitas tidak bergantung pada temperatur dan magnet luar H. Mineral ini mempunyai harga suseptibilitas  $(-8 < k < 310) \times 10^{-6}$  emu, contoh: bismut, gipsum, marmer, dan lain-lain.

2. Paramagnetik

Sifat ini material ini adalah nilai suseptibilitas positif dan sedikit lebih besar dari satu serta nilai suseptibilitas tergantung pada temperatur. Mineral ini mempunyai suseptibilitas  $(4 < k < 36000) \times 10^{-6}$  emu, contoh: pyroxene,

fayalite, amphiboles, biotite, garnet. Efek paramagnetik merupakan suatu efek orientasi, mirip dengan efek orientasi dari molekul-molekul polar yaitu dalam hal sifatnya yang bergantung pada temperatur, membesar jika temperatur menurun karena agitasi termis dari atom-atom atau molekul-molekul cenderung untuk mencegah orientasi.

Dalam benda-benda paramagnetik, medan yang dihasilkan oleh momen-momen magnet atomik permanen, cenderung untuk membantu medan magnet luar, sedangkan untuk dielektrik medan dari dipol-dipol cenderung untuk melawan medan luar.

### 3. Ferromagnetik

Sifat yang dimiliki oleh material ini adalah suseptibilitas positif dan jauh lebih besar dari satu, serta nilai suseptibilitasnya bergantung pada temperatur. Nilai suseptibilitas mineral ini adalah  $(100 < k < (1.6 \times 10^6)) \times 10^{-6}$  em, contoh: besi, nikel, dan kobal. Bahan-bahan ferromagnetik intensitas magnetisasi besarnya sejuta kali lebih besar daripada bahan-bahan diamagnetik dan paramagnetik (Santoso, 2002).

### 4. Antiferromagnetik

Bahan antiferromagnetik yang mengalami cacat kristal akan mengalami medan magnet kecil dan suseptibilitasnya seperti pada bahan paramagnetik suseptibilitas  $k$  seperti paramagnetik, tetapi harganya naik sampai dengan titik curie kemudian turun lagi menurut hukum curie-weiss. Contoh : hematit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).

### 5. Ferrimagnetik

Pada bahan ferrimagnetik memiliki suseptibilitasnya tinggi dan tergantung temperatur. Contoh : magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), ilmenit ( $\text{FeTiO}_3$ ), pirhotit ( $\text{FeS}$ ).

Secara lebih spesifik batuan terbagi menjadi tiga macam, yaitu batuan sedimen, batuan beku, batuan metamorf yang memiliki suseptibilitas yang berbeda, berikut nilai suseptibilitas masing-masing batuan :

1. Batuan sedimen, biasanya mempunyai jangkauan suseptibilitas  $(0-4000) \times 10^{-6}$  emu dengan rata-rata  $(10-75) \times 10^{-6}$  emu, contoh: dotomine, limestone, sandstone dan shales.
2. Batuan beku, biasanya mempunyai jangkauan suseptibilitas  $(0-97) \times 10^{-6}$  emu dengan rata-rata  $(200-13500)$  emu, contoh granite, rhyolite, basalt, dan andesit.
3. Batuan metamorf, biasanya mempunyai jangkauan suseptibilitas  $(0-5800) \times 10^{-6}$  emu dengan rata-rata  $(60-350) \times 10^{-6}$  emu, contoh amphibolite, shist, phyllite, gneiss, quartzite, serpentine dan slate (Solihin, 2005).

### **2.13 Reduksi Ke Kutub**

Reduksi ke kutub adalah salah satu filter pengolahan data magnetik untuk menghilangkan pengaruh sudut inklinasi magnetik. Filter tersebut diperlukan karena sifat dipole anomali magnetik menyulitkan interpretasi data lapangan yang umumnya masih berpola asimetrik.

Dalam pengolahan data magnetik, filter reduksi ke kutub kerap dipergunakan untuk membantu proses interpretasi. Filter Reduksi ke Kutub pada dasarnya mencoba untuk mengasumsikan anomali magnetik di suatu lokasi seolah di posisi kutub Utara magnetik bumi. Pada filter reduksi ke kutub terdapat beberapa kelemahan utama salah satu diantaranya adalah penggunaan harga inklinasi dan deklinasi yang cenderung sama pada seluruh daerah pengamatan.

Salah satu solusi yang dipergunakan untuk memecahkan masalah diatas adalah penerapan diferensial reduksi ke kutub. Penerapan filter diferensial reduksi ke kutub memberikan keleluasan setiap data magnetik untuk memperoleh nilai inklinasinya sesuai dengan posisinya di lapangan. Prinsip yang diperkenalkan pertama kali oleh Arkani-Hamed (1988) disempurnakan dengan mencoba mempergunakan ekspansi deret Taylor sehingga menghasilkan output data yang lebih tepat dari pada sebelumnya (Baranov, 1957).

### **2.14 Perpindahan Kalor**

Perpindahan kalor dari suatu tempat ke tempat lain dapat melalui gelombang elektromagnetik (radiasi), gerakan material yang panas (konveksi), dan interaksi antar material berbeda suhu

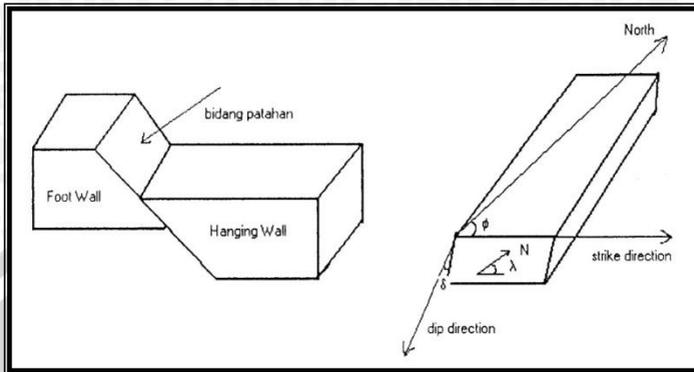
(konduksi). Panas yang berada dalam bumi dapat naik dan menerobos ke permukaan bumi sebagai akibat dari proses konveksi dan konduksi. Perpindahan panas secara konduksi adalah transport panas melalui material oleh karena adanya interaksi atomik/molekul penyusun material tersebut dalam mantel.

Pada sistem dominasi konduksi kebanyakan panas merambat dari sumber panas di dalam bumi menuju ke permukaan secara konduksi hingga ke batuan kerak bumi, menyebabkan bumi mempunyai gradien suhu, tetapi aliran panas ini bervariasi dari tempat satu ke tempat lain di permukaan bumi dan bergantung pula pada konduktivitas batuan (Santoso, 2004).

### **2.15 Sesar**

Sesar adalah rekahan dimana terjadi pergeseran massa batuan secara relatif satu bagian terhadap yang lainnya. Letaknya yang dahulu telah mengalami dislokasi atau perpindahan. Sesar terdiri dari berbagai macam bergantung dari penyebabnya, seperti kompresi, tarikan atau torsi. Sesar biasanya terbatas namun dapat berukuran dari beberapa milimeter sampai ratusan kilometer. Pergeseran biasanya terbesar terjadi di bagian tengah sesar. Jika sesar dijumpai permukaan, akan dihasilkan garis sesar atau jejak sesar yang dapat dipetakan. Masalah penting adalah dislokasi yang sering kali berulang pada posisi yang sama. Pengenalan sesar pada saat pemetaan panasbumi tidak selalu mudah meskipun terdapat beberapa kriteria yang bermanfaat (Kirbani, 2001) yaitu:

1. Cermin sesar dengan striasi.
2. Pergeseran yang tampak dari korok pada sisi-sisi yang berlawanan tetapi biasanya hanya terlihat pada skala kecil.
3. Breksi sesar.
4. Lipatan seretan sesar (*Drag fold*).
5. Perulangan lapisan.
6. Penghilangan lapisan.
7. Penghentian yang tiba-tiba dari trend struktur.



Gambar 2.9. Proses sesar pada lapisan (Anonymous, 2011b).

## 2.16 Sistem Panasbumi

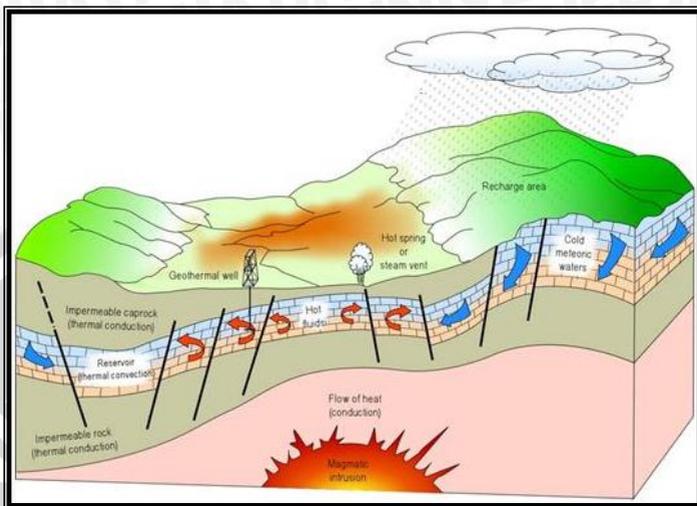
Energi panasbumi merupakan energi yang tersimpan dalam bentuk air panas atau uap pada kondisi geologi tertentu pada kedalaman beberapa kilometer di dalam kerak bumi. Daerah panasbumi (*geothermal area*) atau medan panasbumi (*geothermal field*) ialah daerah dipermukaan bumi dalam batas tertentu dimana terdapat energi panasbumi dalam suatu kondisi hidrologi-batuan tertentu.

Sistem panasbumi ialah terminologi yang digunakan untuk berbagai hal tentang sistem air batuan dalam temperatur tinggi di laboratorium atau lapangan (Santoso, 2004).

Komponen utama pembentuk suatu sistem panasbumi adalah:

1. Sumber panas (*heat source*)
2. Batuan reservoir (*permeable rock*)
3. Batuan penutup (*cap rock*)
4. Serta aliran fluda (*fluida circulation*)





Gambar 2.10. Skema sistem hidrotermal yang ideal (Dikson, 2004).

Sedangkan manifestasi panasbumi menurut Saptaji (2002), kenampakan panasbumi dipermukaan dikontrol oleh:

1. Input panas total ( $Q_{in}$ ) pada bagian dasar reservoir.
2. Permeabilitas terutama permeabilitas vertikal yang merupakan jalannya fluida ke permukaan.
3. Densitas, Viscositas, temperatur, dan asal fluida panas tersebut.
4. Faktor-faktor masuknya fluida dari luar kedalam sistem hidrologi daerah tersebut.
5. Faktor-faktor yang mempengaruhi fluida panas pada kedalaman yang dalam.

Tipe utama dari manifestasi panasbumi (Santoso, 2004) adalah:

1. Mata air panas
2. Mata air klorida mempunyai kecepatan aliran yang tinggi, umumnya berwarna bening dengan disertai endapan silika sinter.
3. Mata air sulfat umumnya kecepatan aliran rendah dan keruh dengan endapan kaolin, mineral sulfat dan residu silika.
4. Mata air campuran klorida dan sulfat, dipermukaan umumnya mempunyai sifat keduanya, dan pH : 2,2 -5 . dapat berwarna bening atau keruh, dengan kecepatan aliran rendah.
5. Hembusan uap/gas

- Alterasi hidrotermal dengan kenampakan khas di lapangan banyak dijumpai batuan yang berubah akibat aliran fluida hidrotermal.



Gambar 2.11. Beberapa tipe manifestasi panasbumi di permukaan (Anonymous, 2011b).

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian tugas akhir tentang geomagnet ini menggunakan data primer dari lokasi penelitian yang terletak pada koordinat  $7^{\circ} 48' - 7^{\circ} 49'$  Bujur Timur dan  $111^{\circ} 38'$  Lintang Selatan. Data geomagnet tersebut diambil pada tanggal 21 Mei 2011 di sekitar sungai Pandosan yang terletak di desa Wagir Lor, Kecamatan Ngebel, Kabupaten Ponorogo.

Penelitian geomagnet ini dilakukan berdasarkan adanya manifestasi dari panasbumi yang berupa mata air panas di sekitar sungai Pandosan sehingga di daerah penelitian yaitu desa Wagir Lor, Ngebel, Ponorogo dimungkinkan adanya sumber panasbumi di bawah permukaan, sehingga diperlukan adanya penyelidikan berlanjut sehubungan dengan hal tersebut.

#### **3.2 Peralatan Penelitian**

Peralatan yang digunakan dalam metode geomagnetik ini adalah

1. Proton Precession Magnetometer (PPM), digunakan untuk mengukur medan magnet total dengan spesifikasi:
  1. Tipe : GEOMETRICS G-856 Memory-Mag™ PPM
  2. Resolusi : 0,1 Gamma dan ketelitian :  $\pm 1$  gamma pada skala penuh
  3. Jangkauan : 20 hingga 90 kilogamma
  4. Display : 6 digit untuk tampilan harga magnetik lapangan
  5. Toleransi gradien : hingga 1800 gammas/meter
2. GPS Garmin, digunakan untuk mengetahui latitude, longitude dan altitude titik pengukuran,
3. Roll meter
4. Alat pengukur waktu misalnya arloji
5. Kompas
6. Kamera
7. Peta Geologi daerah penelitian
8. Termometer
9. Perangkat pendukung lainnya.

Sedangkan untuk perlengkapan yang digunakan untuk pengolahan data digunakan beberapa *Software*, yaitu:

1. *Microsoft Word*

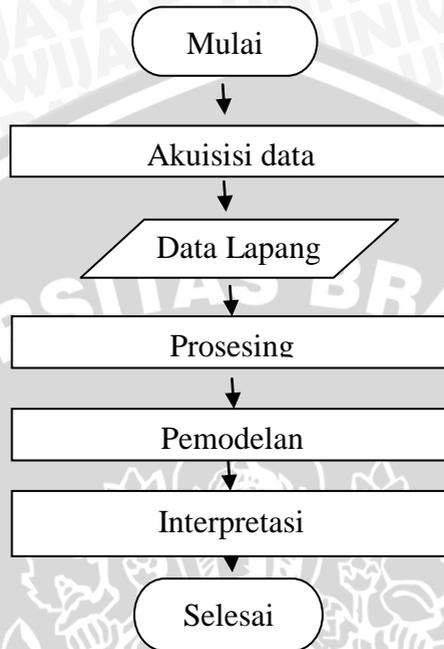
2. *Microsoft Excel*.
3. *Software Surfer 9*,
4. *Magpick*
5. *Mag2dc*.

### 3.3 Bentuk Penelitian

Dalam penelitian ini, data yang digunakan adalah data primer dimana data tersebut merupakan data yang diambil di daerah penelitian yaitu di desa Wagir Lor, Kecamatan Ngebel, Kabupaten Ponorogo. Adapun data tersebut meliputi : titik ukur posisi pengambilan data (lintang dan bujur), Waktu pengambilan data (hari, tanggal, jam), suhu, dan nilai medan magnet.

Dari data-data hasil pengukuran dari lokasi penelitian kemudian diolah menggunakan perangkat lunak *MS. Excel* sehingga akan didapatkan nilai variasi harian, medan utama bumi (IGRF) yang kemudian akan didapatkan nilai anomali magnetik dari titik setiap pengambilan data. Setelah didapatkan nilai anomali magnetic tersebut, dapat dicari kontur dari nilai anomali magnetik daerah penelitian dengan menggunakan perangkat lunak *surfer-9*. Setelah itu, dilakukan pengolahan selanjutnya yaitu reduksi bidang datar, kontinuitas ke atas, transformasi reduksi bidang ke kutub serta gradient horisontal. Untuk pengolahan tersebut digunakan perangkat lunak yaitu *magpick*. Setelah dilakukan semua perhitungan, kemudian digunakan perangkat lunak *mag2dc* untuk mendapatkan pemodelan dari struktur bawah permukaan. Adapun alur penelitian seperti Gambar 3.1:





Gambar 3.1 Diagram alur penelitian.

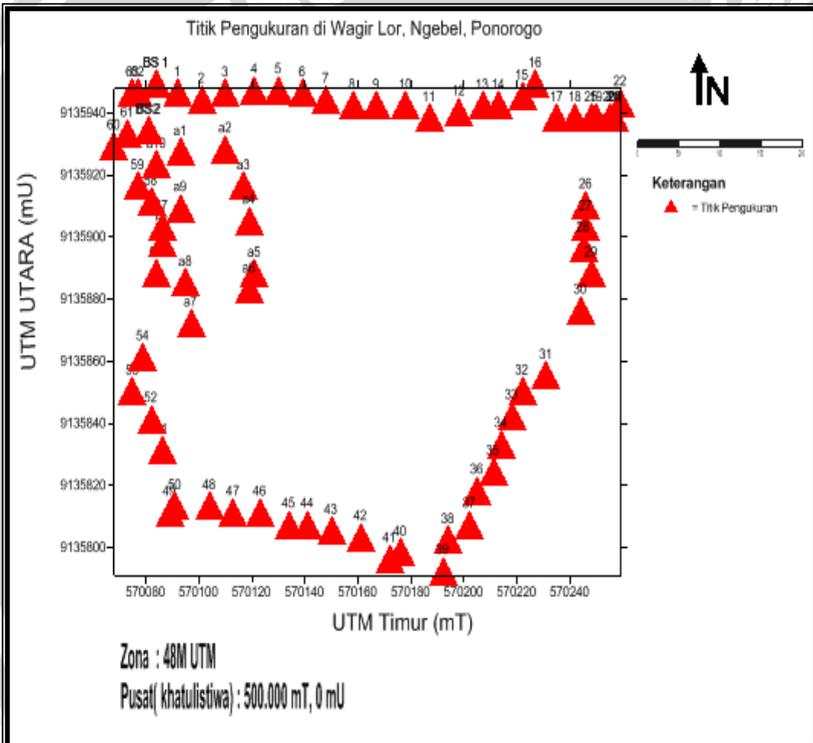
### 3.4 Prosedur Pelaksanaan Penelitian

#### 3.4.1 Tahap Pengambilan Data

Dalam proses penelitian menggunakan metode magnetik ini, ada beberapa hal yang harus diperhatikan, yaitu penggunaan metode ini pada saat pengukuran memiliki tingkat kesensitifan cukup tinggi terhadap sumber medan magnet maupun medan listrik yang berada di lokasi pengukuran penelitian tersebut. Oleh karena itulah maka lebih baik jika meminimalisir atau menghindari sumber medan yang terdapat pada lokasi tersebut untuk mendapatkan hasil yang maksimal.

Proses pengambilan data ini dilakukan dengan metode *loop* tertutup dimana dalam setiap pengukuran pengambilan data titik awal dan titik akhir adalah sama. Hal ini dilakukan dimaksudkan agar dalam pengolahan data dapat dilakukan koreksi harian (*diurnal*) dimana koreksi tersebut merupakan suatu koreksi yang digunakan untuk menghilangkan pengaruh waktu. Pengambilan data dilakukan

dengan jarak 10 meter antara satu titik dengan titik lainya dengan bentangan berbentuk persegi yang memiliki keliling sekitar 800 meter. Data yang dihasilkan memiliki nilai yang tidak jauh berbeda antara nilai data satu dengan yang lainnya. Hal ini disebabkan karena lokasi atau tempat pengambilan data yang berupa sungai, persawahan dengan kemiringan tertentu. Data yang didapatkan adalah sebanyak 77 data dengan terbagi menjadi dua lintasan yang meliputi data nilai intensitas medan magnetik, waktu, posisi latitude, posisi longitude, ketinggian, dan suhu.



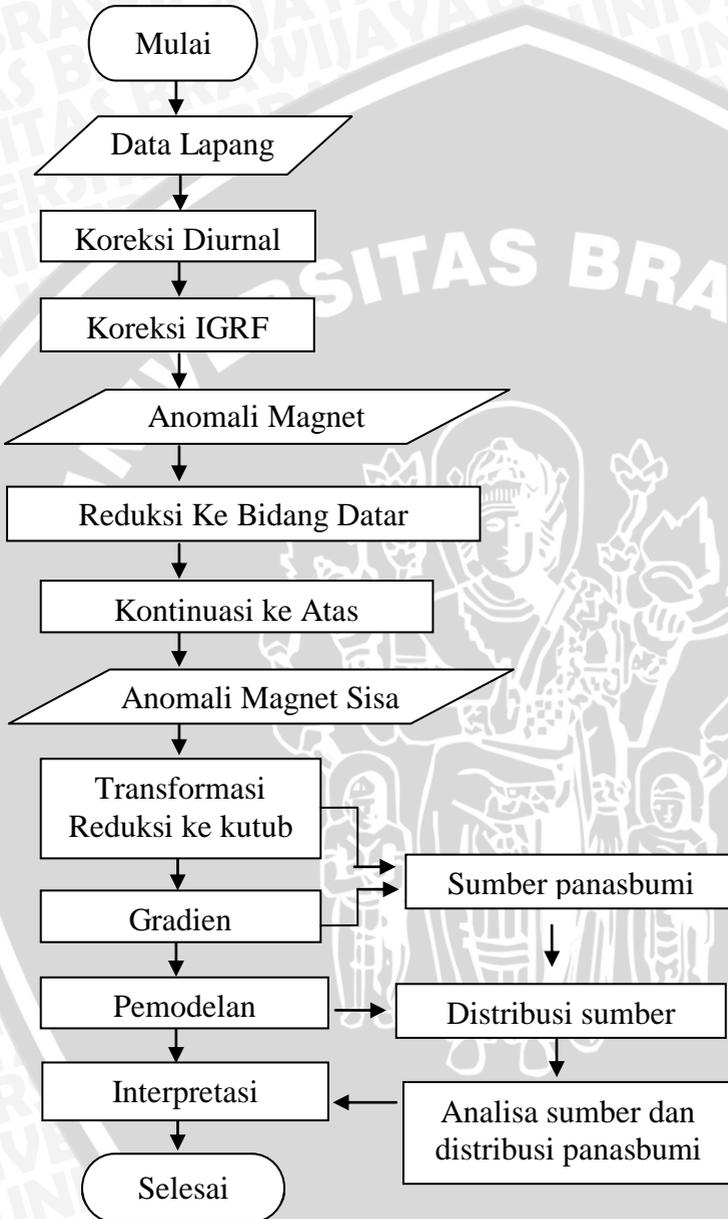
Gambar.3.2 Lintasan pengukuran penelitian (Wagir Lor, Ngebel, Ponorogo).

### 3.4.2 Pengolahan Data

Setelah dilakukan tahap pengambilan data dan didapatkan data berupa nilai intensitas medan magnetik, waktu, posisi latitude, posisi longitude, ketinggian, dan suhu tahap selanjutnya adalah tahap

pengolahan data. Tahap pengolahan data ini meliputi koreksi harian dan koreksi IGRF. Untuk koreksi harian ini didapatkan dari perhitungan pembacaan nilai medan magnet total pada titik acuan dalam waktu tertentu yang dikurangi dengan nilai pembacaan rata-ratanya. Untuk koreksi IGRF dilakukan dengan pengkonversian nilai lintang dan bujur daerah penelitian. Setelah didapatkan nilai koreksi harian dan nilai koreksi IGRF maka akan didapatkan nilai anomali magnet total yaitu dengan cara perhitungan pengurangan nilai rata-rata pembacaan nilai medan magnet total oleh nilai koreksi harian dan nilai IGRF internasional.

Nilai anomali magnetik total tersebut, kemudian dibuat peta kontur dari daerah penelitian menggunakan perangkat lunak *surfer-9*, sehingga dapat diketahui gambaran dasar dari daerah penelitian. Peta anomali tersebut kemudian direduksi ke bidang datar dan di kontinuasi ke atas. Hal ini dilakukan untuk menghilangkan pengaruh topografinya yang dapat mempengaruhi hasil dari perhitungan. Dari hasil tersebut dapat diketahui anomali sisanya yang merupakan pengurangan dari anomali magnetik hasil pengamatan dikurangkan dengan hasil kontinuasi ke atasnya. Nilai anomali magnetik sisa tersebut kemudian ditransformasi reduksi ke kutub dan gradien horizontal menggunakan perangkat lunak *magpick* dan di dapatkan peta kontur anomali magnetik yang telah ditransformasi. Dengan peta kontur anomali magnetik tersebut dapat dilihat pola anomali magnetik baik sebelum dilakukan transformasi reduksi ke kutub maupun setelah dilakukan transformasi reduksi ke kutub. Selain nilai anomali magnetik sisa dapat ditransformasi reduksi ke kutub dan selanjutnya ke gradient, dari anomali ini juga bias dilihat sumber panasbumi yang terletak di daerah lokasi penelitian yang kemudian menggunakan software *surfer 9* dapat diketahui distribusi sumber panasbumi tersebut. Berikut alur dari pengolahan data sebagai berikut :



Gambar 3.3 Diagram pengolahan data.

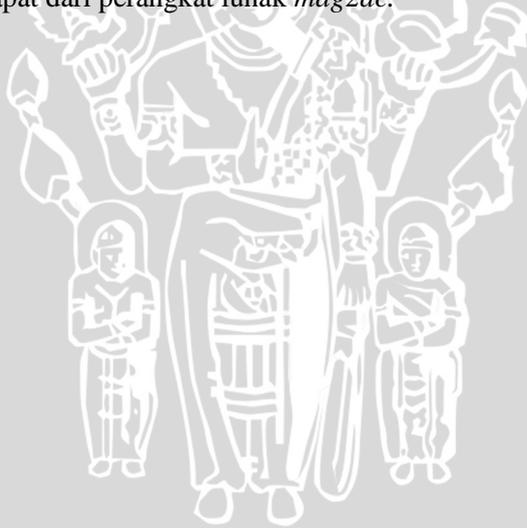


### 3.4.3 Pemodelan

Setelah memperoleh hasil dari pengolahan data tersebut, maka hasil dapat dimodelkan dengan tujuan untuk mengetahui struktur bawah permukaan. Pemodelan ini menggunakan perangkat lunak *mag2dc* dengan memasukkan nilai inklinasi dan deklinasi, posisi titik yang akan dimodelkan serta nilai anomali magnetiknya. Pemodelan ini dapat disesuaikan dengan tampilan yang keluar dengan meminimalisir kesalahan yang dapat dilihat dari nilai error pada program.

### 3.4.4 Analisa dan Interpretasi

Pada penelitian ini, untuk interpretasi dan analisis dilakukan dengan dua tahap, yaitu secara kualitatif dan kuantitatif. Untuk interpretasi kualitatif yaitu dengan menganalisa anomali medan magnet total dan anomali magnet sisa. Sedangkan untuk interpretasi kuantitatif yaitu dengan membandingkan antara peta anomali dengan hasil yang didapat dari perangkat lunak *mag2dc*.



# UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pendahuluan

Metode magnetik merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menentukan lokasi bawah permukaan. Intensitas magnet merupakan salah satu pemandu untuk dapat mengetahui struktur bawah permukaan, dimana kontras intensitas magnet tinggi diperoleh dari banyaknya mineral magnet atau mineral lainnya yang bersifat magnet, hal ini menjadi pedoman dalam menginterpretasi atau merekonstruksi model geologi bawah permukaan.

Pada penelitian ini, pengukuran dititik beratkan pada metode magnetik dimana metode ini merupakan salah satu metode survey geofisika yang dapat menginterpretasikan struktur bawah permukaan daerah penelitian. Dari struktur bawah permukaan ini dapat dikorelasikan dengan sumber, manifestasi, serta distribusi panasbumi untuk daerah penelitian.

Pada penelitian ini data diambil dengan menggunakan metode *loop* dimana dengan bentuk lintasan persegi dengan keliling 800 meter. Penggunaan metode *loop* ini dimaksudkan agar nanti dapat dilakukan koreksi harian (*diurnal*). Koreksi harian (*diurnal*) adalah penyimpangan intensitas medan magnet bumi yang disebabkan oleh adanya perbedaan waktu pengukuran dan efek sinar matahari dalam satu hari. Koreksi harian ini merupakan koreksi yang dilakukan terhadap data magnetik terukur untuk menghilangkan pengaruh medan magnet luar atau variasi harian. Selain koreksi tersebut, juga terdapat koreksi IGRF dimana merupakan koreksi yang dilakukan terhadap data medan magnet terukur untuk menghilangkan pengaruh medan utama magnet bumi. Sedangkan harga rata-rata intensitas medan magnet utama bumi untuk daerah penelitian, yaitu sebesar 45300 nT.

Selain itu hasil yang didapat juga dikorelasikan dengan peta geologi daerah penelitian untuk melihat pergerakan dari lapisan guna menganalisa serta membandingkan hasil yang didapat mengenai struktur lapisan bawah permukaan, serta hal-hal yang mempengaruhi distribusi dan pola penyebaran dari panasbumi daerah penelitian.

## 4.2 Pengolahan Data

### 4.2.1 Anomali Magnet Total

Anomali magnet total adalah perbedaan nilai medan magnet antara hasil pengamatan dan medan magnet teoritis (*IGRF*). Berdasarkan sifat medan magnet bumi dan sifat kemagnetan bahan pembentuk batuan, maka bentuk medan magnetik anomali yang ditimbulkan oleh benda penyebabnya tergantung pada :

- Inklinasi medan magnet bumi di sekitar benda penyebab.
- Geometri dari benda penyebab.
- Kecenderungan arah dipole-dipole magnet di dalam benda penyebab.
- Orientasi arah dipole-dipole magnet benda penyebab terhadap arah medan bumi.

Anomali magnet total ini diperoleh dengan cara pengurangan nilai intensitas medan magnet total yang terukur dengan koreksi harian dan koreksi *IGRF*nya. Untuk koreksi harian (*diurnal*) merupakan koreksi yang dilakukan terhadap data magnetik terukur untuk menghilangkan pengaruh medan magnet luar atau variasi harian, dimana dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$T_{diurnal} = ((T_i - T_{base1}) / (T_{base2} - T_{base1})) * (N_{base2} - N_{base1}) \quad (4.1)$$

Dimana :

- $T_i$  = koreksi waktu pengamatan ke-*i*
- $T_{base1}$  = koreksi waktu pengamatan base 1
- $T_{base2}$  = koreksi waktu pengamatan base 2
- $N_{base2}$  = Nilai medan magnetik observasi base 2
- $N_{base1}$  = Nilai medan magnetik observasi base 1

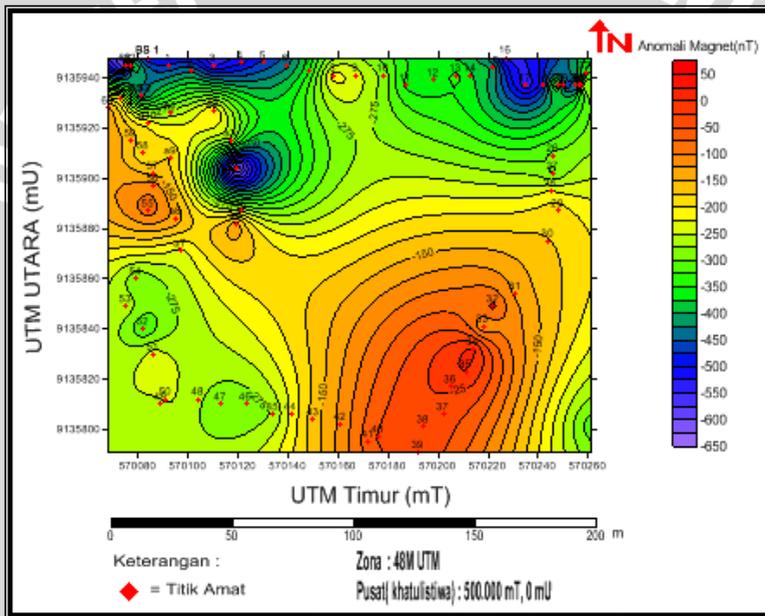
Cara memperoleh koreksi waktu diurnal ke-*i* yaitu mengkonversi waktu dari desimal ke jam:menit:detik, setelah di konversi maka waktu pengamatan pada base1 dikurangi dengan waktu base1, kemudian waktu pengamatan ke-2 dikurangi waktu pengamatan pada base1, dan waktu pengamatan ke-3 dikurangi dengan waktu pengamatan ke-2 dan hal tersebut dilakukan sampai data ke-*i*. Setelah didapatkan selisih dalam menit dan detik maka untuk menit dikalikan 60 kemudian ditambah dengan detiknya.

Sedangkan untuk koreksi *IGRF* merupakan merupakan koreksi yang dilakukan terhadap data medan magnet terukur untuk menghilangkan pengaruh medan utama magnet bumi. Sedangkan

harga rata-rata intensitas medan magnet utama bumi untuk daerah penelitian, yaitu sebesar 45300 nT. Sehingga dari koreksi harian (*diurnal*) dan koreksi *IGRF* dapat dihitung nilai anomali magnet total dengan menggunakan rumus :

$$\Delta T = T_{obs} - (T_{diurnal} + IGRF) \quad (4.2)$$

dimana :  $\Delta T$  = Anomali Magnetik  
 $T_{obs}$  = Data magnetik pengamatan  
 $T_{diurnal}$  = Koreksi diurnal (variasi harian)  
 $IGRF$  = konstanta yang bernilai 45300nT



Gambar 4.1 Anomali magnet total dengan interval 25 nT.

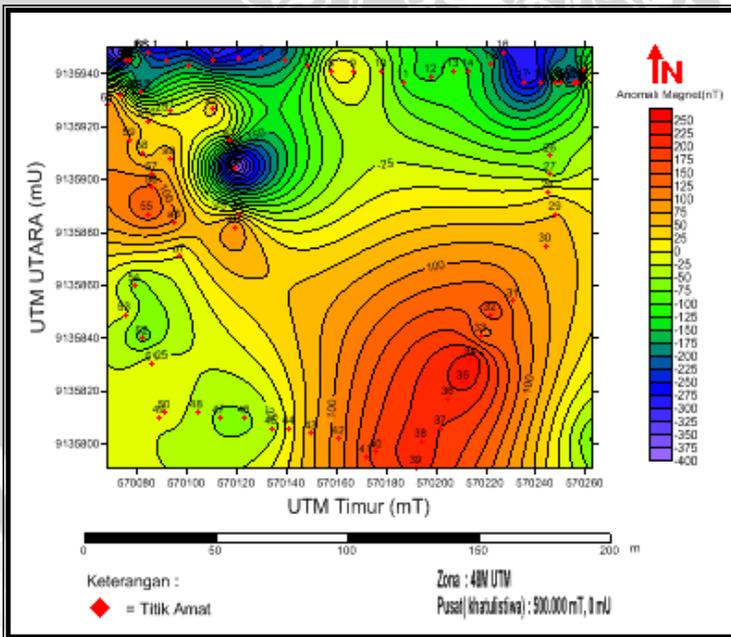
Gambar 4.1 merupakan hasil plot gambar perangkat lunak *surfer 9* dari daerah penelitian. Gambar tersebut menunjukkan adanya variasi nilai anomali magnet total mulai dari negatif sampai nilai positif dengan selang interval dan skala tertentu. Nilai terendah ditunjukkan dengan nilai negatif yaitu sebesar -650 nT dan nilai terbesar ditunjukkan dengan nilai positif yaitu sebesar 50 nT dengan interval sebesar 25 nT dan skala sebesar 0-200 meter. Dari kontur yang dihasilkan oleh anomali magnet total tersebut, dapat dilihat bahwa kontur tersebut didominasi oleh nilai anomali negatif yaitu

antara nilai -650 nT sampai nilai 0 nT yang ditunjukkan oleh ungu sampai oranye muda. Kontur anomali magnet total tersebut masih banyak dipengaruhi oleh beberapa hal seperti topografi, ketinggian dll.

#### 4.2.2 Reduksi Bidang Datar

Anomali magnetik total merupakan anomali yang masih dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu adanya topografi daerah penelitian, ketinggian dll. Oleh sebab itulah, maka dilakukan reduksi bidang datar dengan tujuan menghilangkan pengaruh permukaan yang termagnetisasi pada daerah penelitian.

Penelitian ini dilakukan berkisar pada ketinggian 600-700 meter di atas permukaan laut dengan kemiringan sekitar  $30^{\circ}$ - $40^{\circ}$ . Reduksi bidang datar dilakukan dengan mengambil nilai rata-rata ketinggian yaitu 652 meter di atas permukaan laut. Pengambilan nilai rata-rata ketinggian yang digunakan dalam reduksi bidang datar dimaksudkan untuk mempercepat proses konvergensi. Hasil dari reduksi bidang datar ditampilkan dalam gambar dibawah ini.



Gambar 4.2 Reduksi bidang datar dengan ketinggian 652 m.

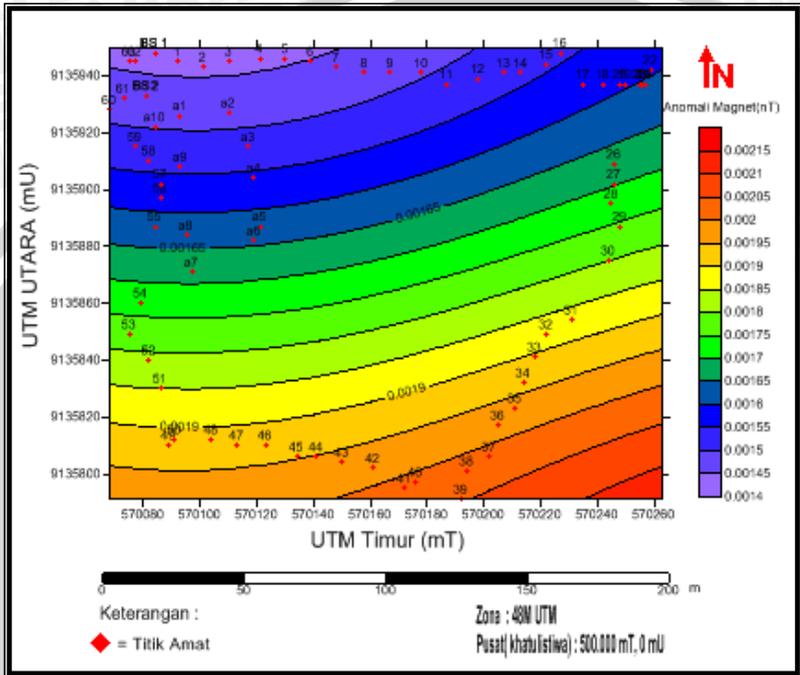
Gambar 4.2 merupakan gambar kontur hasil dari reduksi bidang datar yang menggunakan ketinggian rata-rata sebesar 652 meter. Reduksi bidang datar merupakan suatu perlakuan pada data anomali magnet total dengan menggunakan perangkat lunak *magpick* yang bertujuan untuk menghilangkan pengaruh permukaan yang termagnetisasi pada daerah penelitian. Dari gambar kontur yang dihasilkan, menunjukkan bahwa hasil yang didapat berbeda dengan gambar kontur sebelum dilakukan reduksi bidang datar. Kontur yang memiliki nilai anomali magnetik antara  $-400 \text{ nT}$  –  $250 \text{ nT}$  dengan interval sebesar  $25 \text{ nT}$  tersebut menunjukkan bahwa daerah bagian Utara, Timur laut dan Barat laut memiliki struktur bawah permukaan yang lebih kompleks. Hal ini bisa dilihat dari gambar kontur yang didominasi oleh warna ungu dan hijau dengan nilai anomali magnetik sekitar  $-400 \text{ nT}$  dan  $-25 \text{ nT}$  tersebut terlihat lebih rapat konturnya daripada kontur bagian lainnya. Sedangkan untuk daerah Selatan memiliki struktur bawah permukaan yang kurang kompleks, hal ini ditunjukkan oleh gambar kontur yang berwarna oranye dengan nilai anomali magnetik sekitar  $100 \text{ nT}$  –  $250 \text{ nT}$  tersebut memiliki kontur yang lebih renggang dari kontur bagian Utara. Hal ini juga terjadi pada daerah bagian Barat, Barat daya, dan Timur yang didominasi oleh warna kuning dengan nilai anomali magnetik sekitar  $-25 \text{ nT}$  yang memiliki struktur bawah permukaan yang kurang kompleks.

#### **4.2.3 Kontinuasi Ke Atas**

Kontinuasi ke atas (*upward continuation*) merupakan suatu perlakuan yang dilakukan terhadap hasil proyeksi yang didapat setelah proses reduksi bidang datar. Hal ini dikarenakan hasil proyeksi tersebut merupakan gabungan dari anomali regional dan anomali lokal. Sedangkan untuk proses interpretasi, hanya dilakukan untuk anomali lokal saja sehingga kedua anomali tersebut harus dipisahkan. Pemisahan kedua anomali ini dimaksudkan agar didapatkan anomali magnetik regional yang lebih halus sehingga anomali magnetik lokal lebih jelas dan dapat dilakukan interpretasi sehingga dapat diketahui apa saja yang menyebabkan anomali tersebut.

Dalam hal ini, kontinuasi keatas dilakukan pada ketinggian tertentu untuk mendapatkan hasil yang relatif beraturan. Dalam pembahasan ini dilakukan kontinuasi keatas dengan ketinggian 900 meter. Kontinuasi pada ketinggian 900 meter ini dilakukan karena

pada ketinggian ini memiliki selang nilai anomali magnet yang relatif stabil. Berikut ini adalah gambar kontur hasil kontinuitas dengan ketinggian 900 meter.



Gambar 4.3 Kontinuitas keatas dengan ketinggian 900 meter.

Gambar kontur 4.3 tersebut merupakan hasil dari kontinuitas keatas dengan nilai anomali magnetik sebesar 0,0014 nT – 0,00215 nT. Dari nilai anomali magnetik yang didapat memiliki kenaikan yang stabil yaitu sekitar 0,00005 nT. Hal ini menunjukkan bahwa anomali regional terlihat jelas sehingga didapatkan nilai anomali magnetik lokal.

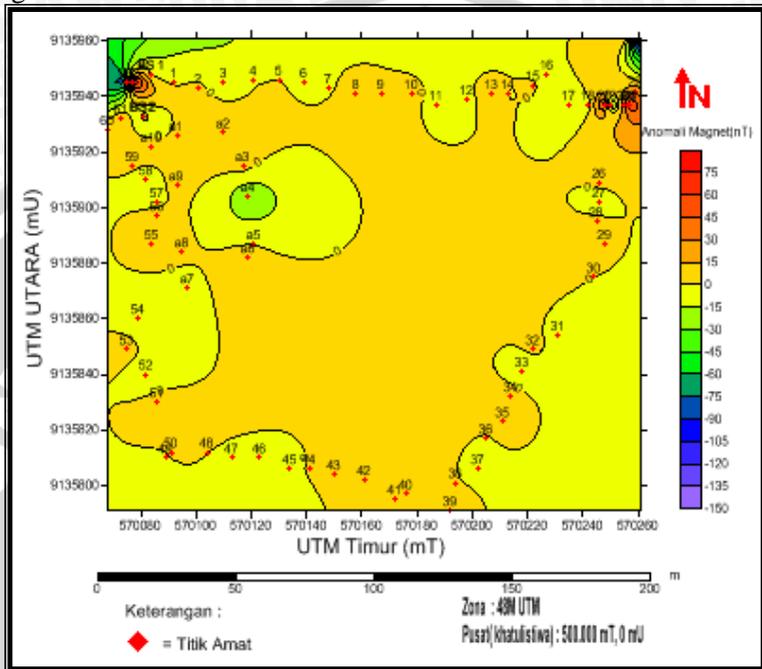
### 4.3 Analisis Dan Interpretasi Kualitatif

#### 4.3.1 Anomali Magnetik Lokal (*Residual*)

Anomali magnetik lokal (*residual*) merupakan hasil pemisahan anomali magnetik total terhadap anomali regional. Hasil anomali tersebut merupakan suatu anomali yang tidak lagi dipengaruhi oleh topografi dan kemagnetisme benda-benda yang ada



disekitar lokasi penelitian. Berikut gambar kontur hasil anomali magnetik lokal.



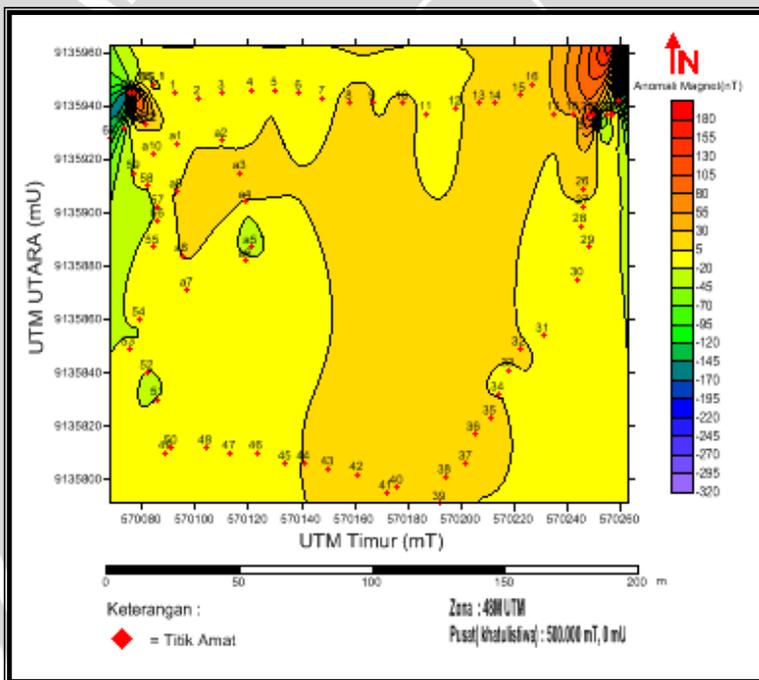
Gambar 4.4 Anomali magnetik lokal dengan interval 15 nT.

Hasil dari kontur anomali magnetik lokal tersebut, menunjukkan bahwa nilai anomali didominasi oleh warna kuning tua yang menunjukkan nilai sebesar 0 nT – 15 nT. Klosur warna ini terletak hampir menyebar di seluruh daerah penelitian. Penyebaran ini terletak di bagian Selatan, Timur dan Barat. Akan tetapi di bagian Barat laut dan Timur laut terdapat beberapa anomali yang berbeda dari lainnya, yaitu anomali yang memiliki klosur warna ungu dan hijau dengan kerapatan yang maksimal. Hal ini menunjukkan bahwa struktur lapisan bawah permukaan yang lebih kompleks dari daerah sekitarnya serta dapat diketahui bahwa pada daerah tersebut memiliki susunan dan tekstur yang berbeda dari daerah lainya.

#### 4.3.2 Reduksi ke Kutub

Reduksi ke kutub adalah salah satu filter pengolahan data magnetik untuk menghilangkan pengaruh sudut inklinasi magnetik. Filter tersebut diperlukan karena sifat dipole anomali magnetik

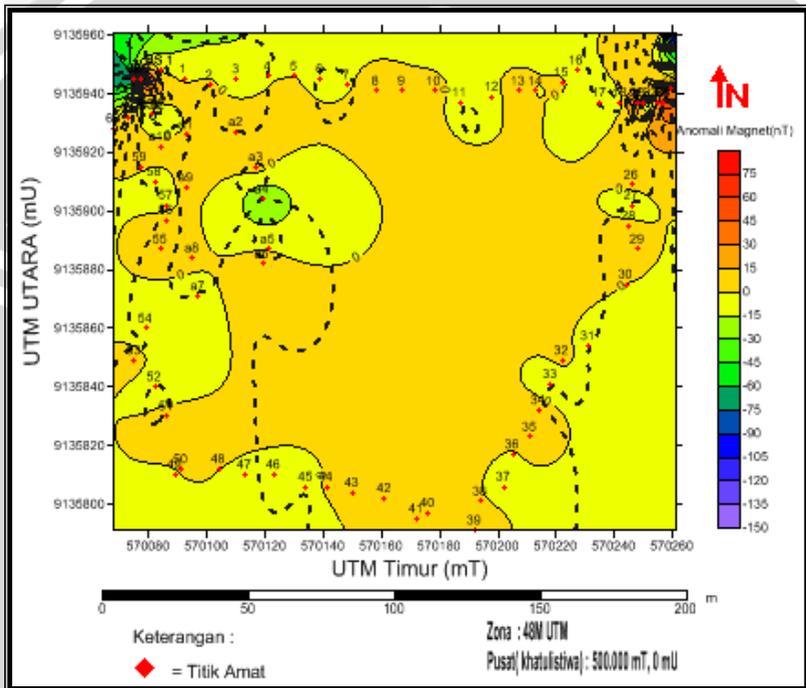
menyulitkan interpretasi data lapangan yang umumnya masih berpola asimetrik. Dalam pengolahan data magnetik, filter reduksi ke kutub kerap dipergunakan untuk membantu proses interpretasi karena lebih dapat menggambarkan pola sumber dari anomali magnetik. Filter Reduksi ke Kutub pada dasarnya mencoba untuk mengasumsikan anomali magnetik di suatu lokasi seolah di posisi kutub Utara magnetik bumi sehingga nanti akan dihasilkan suatu pola anomali yang bersifat monopol. Dalam penelitian ini, daerah penelitian memiliki nilai inklinasi sebesar  $-33,24^{\circ}$  dan nilai deklinasi sebesar  $1,26^{\circ}$ . Untuk transformasi reduksi ke kutub dilakukan dengan mengubah nilai inklinasi menjadi  $90^{\circ}$  dan nilai deklinasi menjadi  $0^{\circ}$  sehingga dihasilkan pola anomali magnetik seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4.5. Kontur reduksi ke kutub dengan interval 25 nT.

Gambar 4.5 merupakan peta kontur daerah penelitian yang mengalami transformasi reduksi ke kutub. Gambar yang dihasilkan dari transformasi tersebut berbeda dengan peta kontur anomali magnetik sisa (*residu*), hal ini bisa dilihat dari pola kontur yang

dihasilkan oleh transformasi reduksi ke kutub tersebut berbeda dengan pola kontur yang terdapat pada anomali sisa. Gambar kontur yang dihasilkan pada reduksi ke kutub terlihat lebih rapat serta sumber pola anomali magnetiknya terlihat lebih jelas. Hal ini dapat dilihat pada gambar berikut yang merupakan korelasi antara anomali magnetik sisa dengan anomali magnetik sisa setelah direduksi ke kutub.

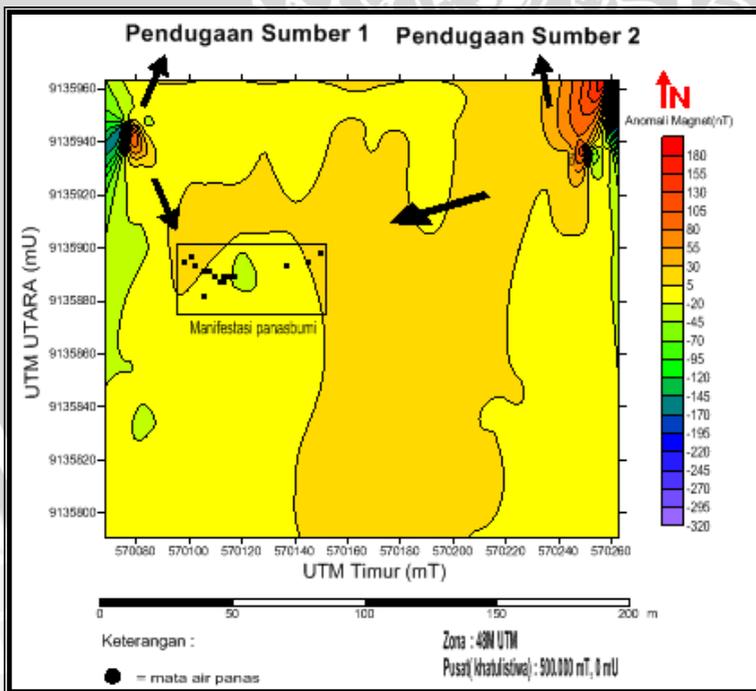


Gambar 4.6. kontur anomali magnet sisa sebelum direduksi ke kutub yang dikorelasikan dengan kontur anomali magnet sisa sesudah direduksi ke kutub ( garis putus-putus).

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa skala warna merupakan nilai anomali magnetik sisa sebelum dilakukan reduksi ke kutub, sedangkan kontur transparan dengan klosur garis putus-putus merupakan nilai anomali magnetik sisa sesudah dilakukan reduksi ke kutub. Sebelum dilakukan proses reduksi ke kutub kontras nilai kemagnetan yang bernilai positif dan kemagnetan yang bernilai negatif yang menyebabkan adanya anomali tidaklah merata. Hal tersebut dikarenakan nilai kemagnetan masih terpengaruh oleh nilai

inklinasi, sehingga menyebabkan data tersebut masih bersifat dipol. Sedangkan setelah dilakukan pemfilteran reduksi ke kutub maka terlihat bahwa daerah negatif mulai ternormalisir karena struktur anomali berubah sifat menjadi monopol karena pengaruh inklinasi telah dihilangkan sehingga daerah yang sebelumnya negatif mengalami penguatan menjadi positif.

Setelah dilakukan proses reduksi ke kutub didapatkan peta kontur anomali magnetik yang mengalami penguatan nilai kemagnetannya terutama di daerah-daerah yang diindikasikan sebagai daerah prospek panasbumi yang berada di bagian timurlaut dan baratlaut daerah penelitian. Dari peta anomali magnetik setelah direduksi ke kutub tersebut dapat diketahui nilai anomali magnetik terendah adalah sebesar -320 nT dan nilai tertinggi sebesar 180 nT. Dari hasil yang didapat, pada daerah penelitian didominasi oleh nilai anomali magnetik yang rendah berkisar antara -20 nT – 30 nT, dimana nilai tersebut dapat diindikasikan bahwa daerah penelitian didominasi oleh batuan beku.



Gambar 4.7. Pendugaan sumber panasbumi dan posisi manifestasi dari panasbumi daerah penelitian.

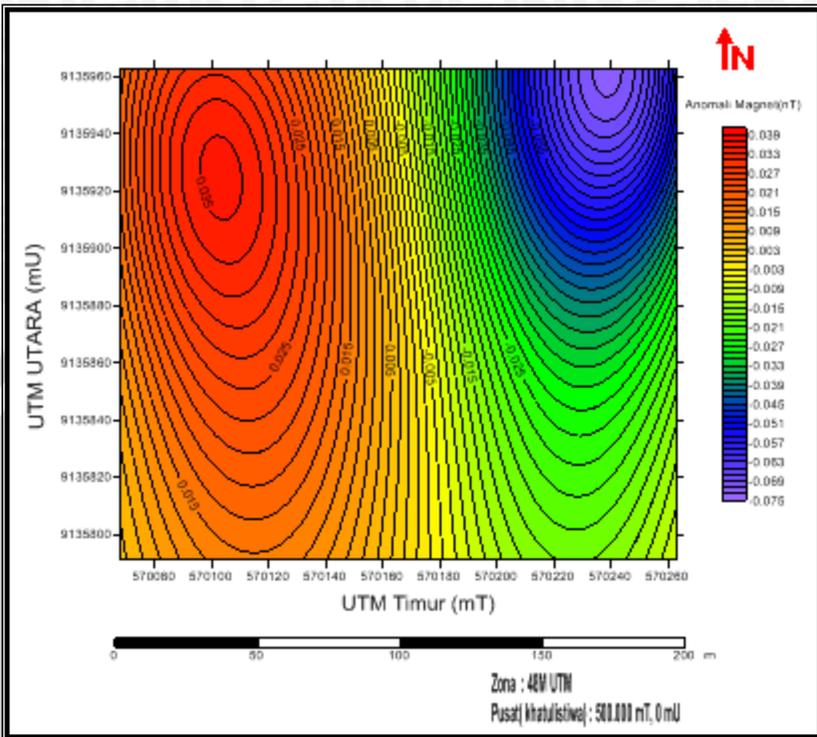
Dari gambar 4.7 dapat diketahui bahwa manifestasi dari sumber panasbumi tersebut terletak diantara pendugaan sumber panasbumi daerah penelitian. Sedangkan untuk pendugaan sumber panasbumi terletak di sekitar timurlaut dan baratlaut daerah penelitian. Hal ini diindikasikan oleh adanya sumber pola anomali pada lokasi tersebut serta adanya perbedaan yang mencolok dari kontur yang dihasilkan. Selain itu dapat dilihat juga dari nilai anomali magnetik yang cenderung rendah antara 2 pendugaan sumber panasbumi tersebut.

Adanya sumber pola anomali magnetik pada 2 pendugaan tersebut yaitu daerah timurlaut dan baratlaut disebabkan karena adanya kontras dari sifat magnet batuan yang terdapat di bawah permukaan daerah penelitian. Adapun faktor penyebab anomali tersebut antara lain adanya perbedaan litologi batuan yang bergantung dari struktur geologinya, serta adanya proses magnetisasi atau demagnetisasi batuan. Demagnetisasi merupakan suatu proses dimana terjadi suatu perubahan sifat batuan dari yang sebelumnya bersifat magnetik menjadi tidak magnetik karena adanya proses-proses geologi seperti alterasi hidrothermal.

Sehingga dari adanya anomali tersebut dapat diindikasikan bahwa daerah tersebut merupakan sumber panasbumi yang terletak pada daerah penelitian. Selain itu hal ini bisa dilihat bahwa terdapatnya beberapa manifestasi mata air panas pada daerah penelitian yang merupakan bentuk penyebaran panasbumi tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa manifestasi mata air panas tersebut berada dalam satu sumber panasbumi yang penyebarannya disebabkan berbagai faktor.

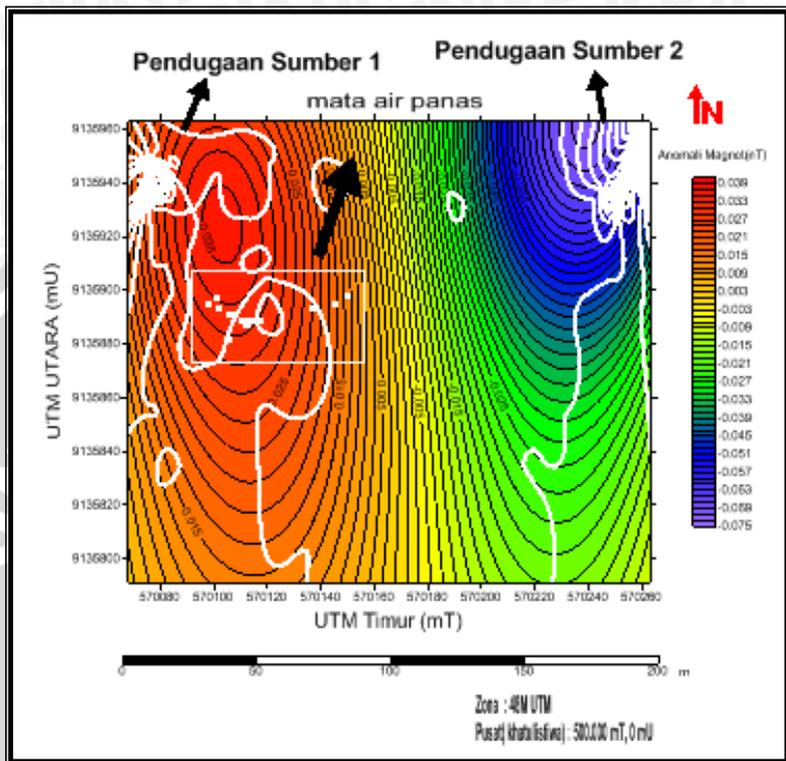
### **4.3.3 Gradien Horisontal**

Gradien horisontal merupakan salah satu pengolahan data yang dilakukan setelah kita melakukan transformasi reduksi ke kutub. Pengolahan ini bertujuan untuk menentukan informasi tentang lokasi dari benda anomali pada daerah penelitian. Pendugaan tersebut dapat dilakukan dengan melihat nilai anomali pada skala peta kontur serta kerapatan kontur sehingga benda penyebab anomali pada daerah penelitian dapat diketahui. Hasil dari peta kontur pengolahan gradien horisontal tersebut juga dapat memperkuat pendugaan sumber panasbumi pada daerah penelitian. Hasil dari pengolahan gradien horisontal dapat ditunjukkan pada gambar 4.8 berikut.



Gambar 4.8. Peta kontur gradien horisontal dengan interval 0,002 nT.

Dari kontur gradien horisontal yang ditunjukkan oleh gambar 4.8, lokasi benda penyebab anomali terlihat semakin jelas. Pada daerah penelitian sebelah timurlaut dan baratlaut diindikasikan sebagai sumber dan prospek daerah panasbumi yang dikarenakan adanya proses intrusi batuan beku, yang kemudian menerobos melalui rekahan yang timbul ataupun sesar yang terdapat pada daerah penelitian ke arah barat dan tengah sehingga muncul beberapa manifestasi panasbumi yang berupa mata air panas. Berikut gambar peta kontur beberapa mata air panas yang merupakan manifestasi dari sumber panasbumi yang dikorelasikan dengan anomali sisa setelah mengalami transformasi reduksi ke kutub yang ditunjukkan gambar 4.9.



Gambar 4.9. Gradien horisontal yang dikorelasikan dengan anomali sisa setelah dilakukan transformasi reduksi ke kutub beserta titik mata air panas.

Dari peta kontur diatas, yang merupakan korelasi antara gradien horisontal dengan anomali sisa yang mengalami transformasi reduksi ke kutub dapat diketahui bahwa peta kontur dengan klosur garis putih merupakan peta anomali magnetik sisa yang mengalami transformasi reduksi ke kutub. Sedangkan peta kontur yang berwarna dengan klosur garis hitam merupakan hasil dari gradien horisontal. Untuk manifestasi panasbumi yang berupa mata air panas ditunjukkan oleh titik-titik warna putih yang terletak diantara 2 pendugaan sumber tersebut.

Dari gambar 4.9 tersebut dapat dilihat bahwa pendugaan sumber 1 dan sumber 2 mengalami kesesuaian antara ketiga hal tersebut yaitu peta kontur gradien horisontal, peta kontur anomali magnetik sisa yang mengalami transformasi reduksi ke kutub dan

keberadaan mata air panas yang merupakan manifestasi dari panasbumi tersebut. Dari peta kontur anomali magnetik sisa yang mengalami transformasi reduksi ke kutub dapat dilihat bahwa pada daerah timurlaut dan baratlaut terdapat sumber anomali yang memiliki kerapatan klosur cukup bagus yang dapat diindikasikan sebagai sumber panasbumi. Sedangkan pada peta kontur gradien horisontal terdapat klosur yang rapat di sebelah timurlaut dan baratlaut dengan nilai anomali tertentu yang dapat diindikasikan sebagai sumber panasbumi dikarenakan adanya proses intrusi batuan breksi gunung api, yang kemudian menerobos melalui rekahan yang timbul ataupun sesar yang terdapat pada daerah penelitian ke arah barat dan tengah sehingga muncul beberapa manifestasi panasbumi yang berupa mata air panas. Dari informasi tersebut dapat diketahui bahwa letak sumber prospek panasbumi di sebelah baratlaut dan timurlaut.

#### **4.3.4 Distribusi Panasbumi**

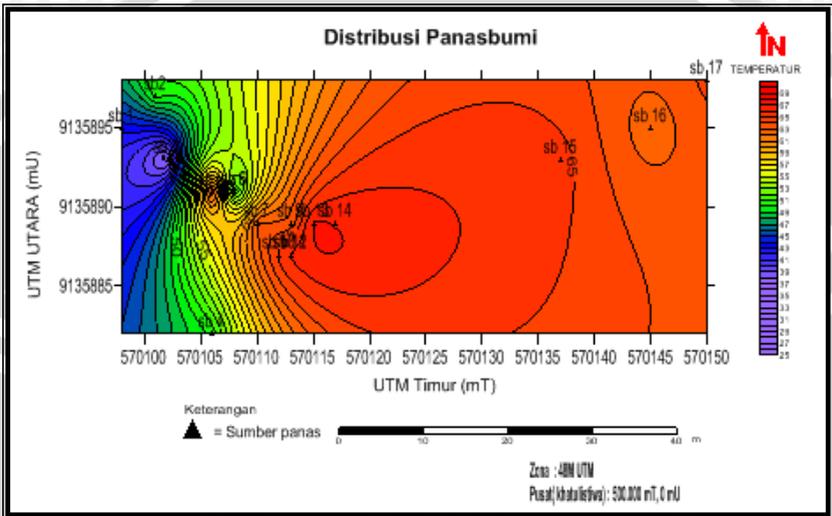
Adanya perambatan panas dari dalam bumi menyebabkan aktifitas seperti energi panasbumi, sedimentasi, intrusi, pembentukan gunung, erosi, dan lain-lain. Pada Umumnya, perpindahan panas yang terjadi pada suatu sistem panasbumi terjadi melalui dua proses yaitu secara konduksi dan secara konveksi. Perpindahan panas secara konduksi dapat terjadi melalui batuan-batuan penyusun pada struktur bawah permukaan suatu daerah. Sedangkan perpindahan panas konveksi dapat terjadi karena adanya kontak langsung antara sumber panas dengan air yang ada di sekitarnya.

Fluida dan batuan dalam sistem panasbumi biasanya saling bereaksi mengakibatkan perubahan fase padat dan cair, sehingga menghasilkan mineral baru. Perubahan fase ini disebabkan adanya distribusi suhu yang berbeda-beda dalam sistem panasbumi. Secara umum bentuk alterasi hidrotermal meliputi mineralogi, tekstur, dan respon kimia batuan termal maupun lingkungan kimianya berubah yang ditandai oleh kenampakan air panas, uap air, dan gas.

Banyak hal yang mempengaruhi penyebaran panas pada daerah penelitian, antara lain adalah porositas batuan, permeabilitas batuan, konduktivitas batuan, pergerakan lempeng akibat aktivitas tektonik dll. Semua hal tersebut dapat mempengaruhi penyebaran dari aliran panasbumi yang terdapat pada daerah penelitian.



Dalam hal ini, aliran atau distribusi dari panasbumi tersebut dapat diindikasikan dari penyebaran temperatur dari beberapa titik mata air daerah penelitian yang dimana mata air tersebut merupakan manifestasi dari potensi panasbumi daerah penelitian. Berikut adalah gambar yang menunjukkan distribusi dari penyebaran panasbumi.



Gambar 4.10. Peta Distribusi dari panasbumi yang diindikasikan oleh temperatur mata air panas.

Gambar 4.10 diatas merupakan peta kontur dari distribusi panasbumi daerah penelitian dimana distribusi tersebut diindikasikan oleh penyebaran temperatur yang terdapat pada manifestasi dari panasbumi daerah penelitian yaitu berupa mata air panas. Dari gambar kontur tersebut dapat dilihat bahwa nilai temperatur antara satu mata air panas dengan mata air panas yang lain adalah tidak sama. Nilai temperatur yang terdapat pada daerah penelitian berkisar antara  $25^{\circ}\text{C}$  –  $69^{\circ}\text{C}$  dimana daerah sebelah timur, timurlaut dan tenggara rata-rata memiliki nilai temperatur yang cukup tinggi yaitu sekitar  $60^{\circ}\text{C}$  –  $69^{\circ}\text{C}$ . Terlihat bahwa nilai temperatur semakin ke arah timur semakin besar dan semakin ke barat adalah semakin kecil nilai temperaturnya. Hal ini menunjukkan bahwa penyebaran panasbumi adalah sesuai dengan penyebaran dari temperatur tersebut yaitu semakin ke arah timur adalah potensi panasbumi yang semakin besar dan semakin ke arah barat potensi panasbuminya semakin kecil. Penyebaran panasbumi pada daerah penelitian ini dipengaruhi oleh

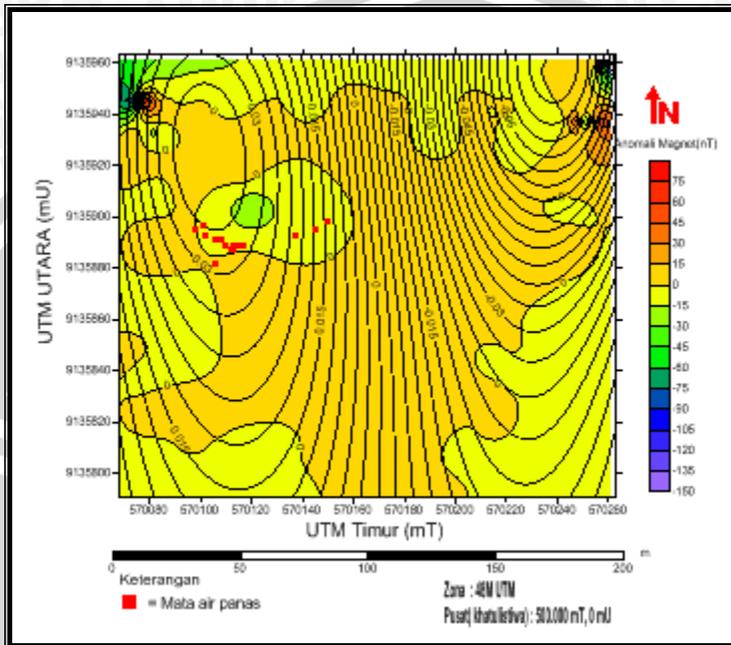
banyak hal seperti konduktifitas batuan, permeabilitas batuan dan pergerakan lempeng seperti sesar. Konduktifitas panas suatu batuan merupakan parameter yang menyatakan besarnya kemampuan batuan tersebut untuk menghantarkan panas dengan cara konduksi apabila pada batuan tersebut ada perbedaan temperatur. Untuk Daya serap (*permeabilitas*) masing-masing batuan atau lapisan batuan juga bernilai bervariasi tergantung jenis batuannya. Pada daerah penelitian, keberadaan struktur sesar tersebut tidak sekedar membuka pori-pori atau rongga-rongga antar batuan menjadi lebih terbuka, bahkan lebih dari itu dapat menciptakan zona rekahan (*fracture zone*) yang cukup lebar dan memanjang secara vertikal atau hampir vertikal sehingga menyebabkan adanya fluida panas yang bergerak dan menyebar sehingga membentuk pola penyebaran tertentu yang apabila dilihat pada gambar 4.10 arah penyebarannya cenderung ke arah timur.

#### **4.4. Analisis Dan Interpretasi Kuantitatif**

Interpretasi secara kuantitatif merupakan interpretasi yang dilakukan dengan menganalisis pola penampang dari anomali magnet sisa dengan lintasan yang telah ditentukan dari daerah penelitian yang didasarkan dari hasil interpretasi kualitatif. Dalam menentukan lintasan mana yang akan dianalisis harus memperhatikan beberapa faktor yang sangat berpengaruh dalam melakukan analisis. Faktor-faktor tersebut antara lain dapat diketahui dari data geologi daerah penelitian dan informasi lainnya sehingga diketahui tempat-tempat yang diindikasikan terdapat anomali baik positif maupun negatif yang akan disesuaikan dengan jenis benda yang akan diteliti. Proses tersebut dilakukan dengan melihat kerapatan klosur pada kontur daerah penelitian, dimana lintasan lebih baik berada di daerah dengan klosur yang rapat. Dalam interpretasi kuantitatif terdapat beragam bentuk model yang bisa dibuat yang menyebabkan interpretasi dari tiap model tersebut juga akan berbeda-beda, karena itulah data penunjang tersebut dibutuhkan, agar hasil pemodelannya nanti sesuai dengan data lainnya.

Untuk mempermudah kita dalam menentukan lintasan, maka dilakukan pengkorelasiian atau penyesuaian (*matching*) antara peta kontur anomali sisa dengan peta kontur gradien horisontal yang dikarenakan pada gradien horisontal dapat menunjukkan letak benda-benda yang diindikasikan sebagai penyebab anomali terlihat jelas.

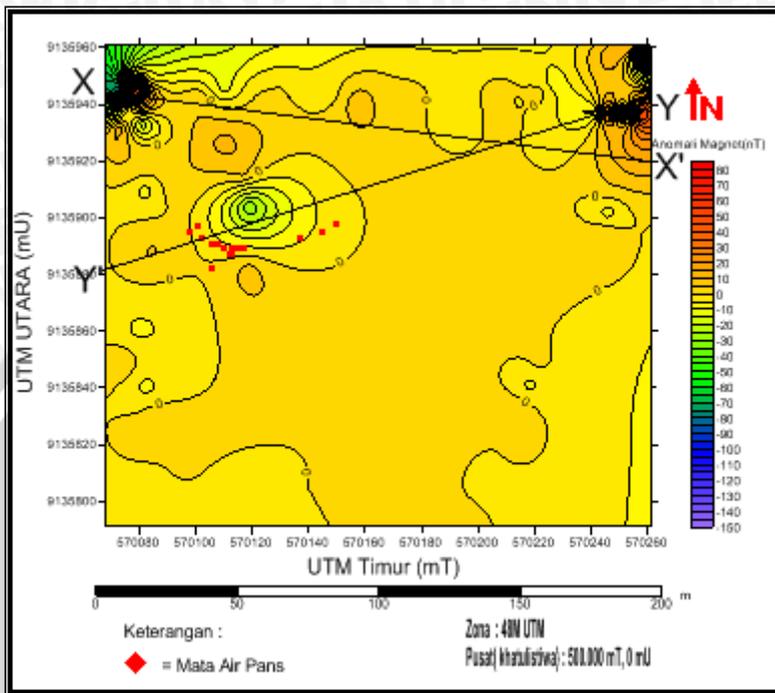
Berikut adalah gambar peta kontur anomali magnetik sisa yang dikorelasikan dengan peta kontur gradien horisontal.



Gambar 4.11. Peta kontur anomali sisa yang dikorelasikan dengan peta kontur gradien horisontal.

Gambar 4.11 merupakan hasil dari korelasi antara peta kontur anomali sisa dan peta kontur gradien horisontal dimana klosur yang berwarna merupakan anomali sisa sedangkan yang bergaris hitam merupakan klosur gradien horisontal. Dari gambar tersebut akan mempermudah dalam menentukan lintasan penampang yang akan dianalisa karena dari gambar terlihat jelas bahwa sumber pola anomali hamper terletak pada satu wilayah penelitian. Hal ini bisa dilihat dari kerapatan klosur antara peta anomali sisa dan gradien horisontal hampir sama.

Penentuan lintasan penampang dapat dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa faktor seperti kerapatan klosur daerah penelitian, adanya sumber pola anomali serta nilai dari anomali tersebut. Dari beberapa faktor tersebut, maka dari gambar 4.11 dapat ditentukan lintasan XX' dan lintasan YY' yang ditunjukkan oleh gambar 4.12 berikut.



Gambar 4.12. Peta kontur anomali sisa dengan lintasan XX' dan lintasan YY'.

Dalam analisa dan pemodelan struktur bawah permukaan daerah penelitian menggunakan perangkat lunak *Mag2dc*. Pada proses pemodelan yang pertama kali dilakukan adalah memasukkan nilai inklinasi, deklinasi, intensitas magnet dan kedalaman serta satuan yang digunakan dimana untuk daerah penelitian memiliki nilai-33,24 untuk inklinasi, 1,26 untuk deklinasi dan 45063,21 untuk intensitas magnetnya dan kedalaman maksimum sebesar 2000 meter. Setelah dimasukkan data tersebut maka akan muncul bentuk model yaitu garis putus-putus dan garis tegas dimana garis putus-putus menandakan anomali pengamatan yang nilainya didapatkan dari nilai anomali sisa dan garis tegas yang merupakan anomali perhitungan yang akan dilakukan pemodelan.

Dalam pemodelan ini selain bertujuan untuk mengetahui struktur bawah permukaan juga untuk mengetahui sumber potensi panasbumi serta distribusi dari panasbumi yang terdapat di daerah penelitian. Hal ini dikarenakan struktur bawah permukaan

berpengaruh terhadap arah dan pola penyebaran dari panasbumi tersebut. Hal-hal yang berpengaruh dalam penyebaran panasbumi tersebut adalah porositas batuan, permeabilitas batuan, konduktifitas batuan dan pergerakan lempeng yang terjadi pada struktur bawah permukaan pada daerah penelitian.

Dalam pemodelan struktur bawah permukaan suatu daerah penelitian, antara satu peneliti dengan peneliti lainnya tidaklah selalu sama. Oleh sebab itu, agar pemodelan struktur bawah permukaan tidak jauh berbeda dengan daerah penelitian, maka besarnya nilai error harus diperhatikan. Apabila semakin kecil nilai error yang didapatkan, maka keakuratan pemodelan akan semakin bagus, dan sebaliknya apabila semakin besar nilai error yang didapatkan, maka semakin rendah keakuratan pemodelan terhadap struktur bawah permukaan daerah penelitian.

Untuk mengetahui nilai eror dari model hasil interpretasi lintasan, maka digunakan persamaan di bawah ini (Sunaryo, 2001),

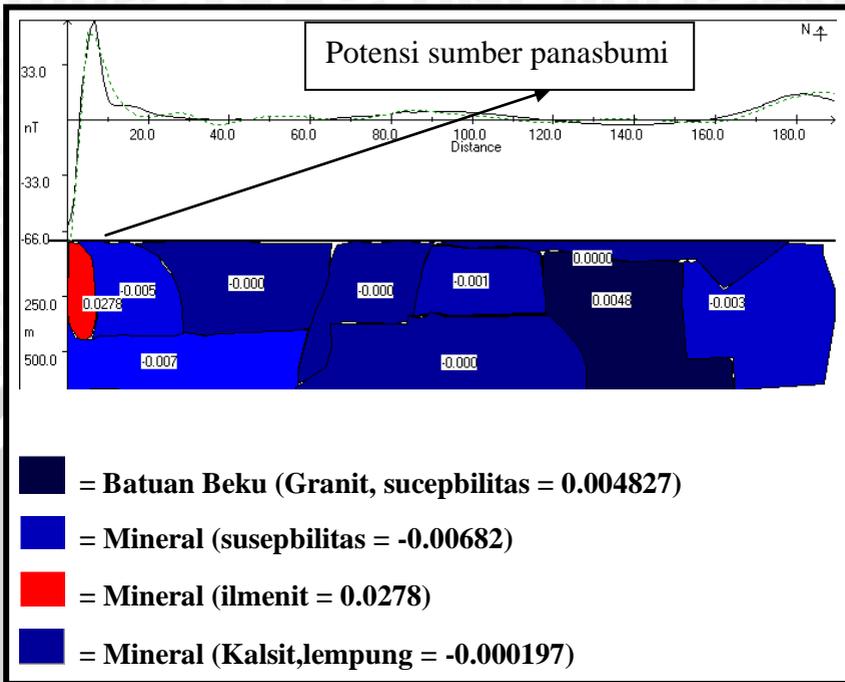
$$R_M = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{XL_i - XM_i}{XL_i} \times 100 \% \quad \dots\dots\dots(4.3)$$

Dimana,

- $R_M$  : Ralat atau nilai eror rata-rata
- $X_L$  : Data lapangan (*observed field*)
- $X_M$  : Data hasil model (*calculated field*)
- $n$  : Jumlah data.

### 3.4.1 Interpretasi Kuantitatif Penampang Melintang Lintasan XX'

Lintasan XX' merupakan penampang yang diambil dari pendugaan sumber pertama guna memperkuat asumsi pendugaan sumber potensi panasbumi pada lokasi penelitian. Lintasan XX' dimulai dari titik koordinat 7,81641<sup>o</sup> Bujur Timur dan 111,63554<sup>o</sup> Lintang Selatan sampai 7,81663<sup>o</sup> Bujur Timur dan 111,63728<sup>o</sup> Lintang Selatan dengan daerah sepanjang 190 meter dan titik pengamatan sebanyak 213 titik. Berikut adalah hasil dari irisan penampang XX'.



Gambar 4.13. Irisan penampang XX' pada pendugaan sumber potensi panasbumi pertama.

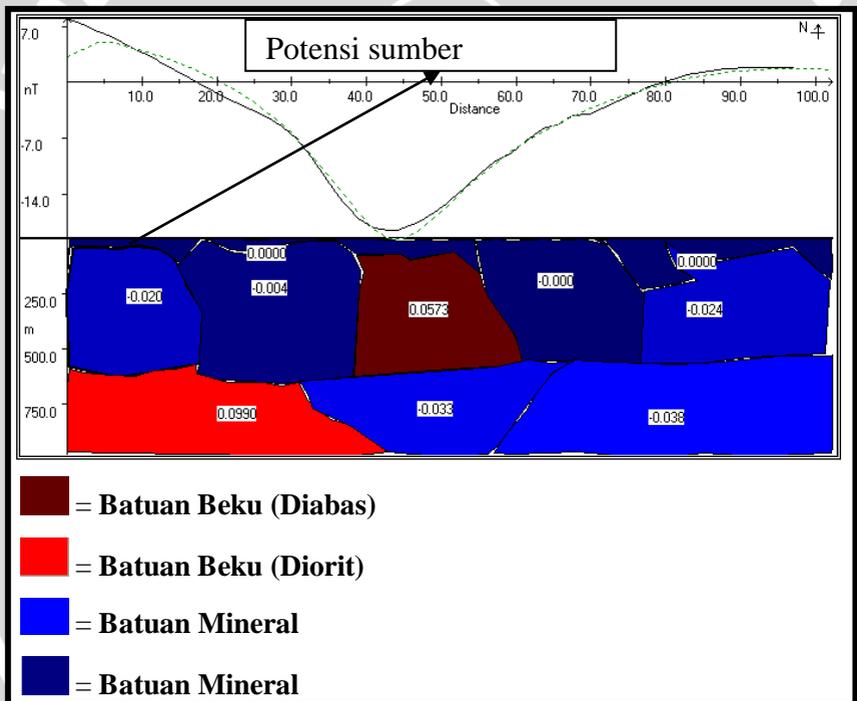
Gambar 4.13 dimana merupakan irisan melintang dari penampang XX' dengan nilai anomali magnetik sekitar -66 nT sampai 33 nT dengan nilai *error* 3,78%. Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa sumber potensi panasbumi terdapat pada daerah yang memiliki anomali berbeda daripada daerah lainya. Hal ini sesuai dengan pembahasan sebelumnya bahwa sumber potensi panasbumi terletak pada daerah yang diindikasikan yaitu daerah yang memiliki nilai suseptibilitas rendah ( bernilai negatif).

Selain itu, dari gambar tersebut juga dapat diketahui distribusi dari panasbumi pada daerah penelitian berdasarkan nilai suseptibilitasnya. Penyebaran panasbumi ini juga dipengaruhi oleh batuan yang terdapat pada lapisan tersebut, yaitu porositas batuan, konduktifitas batuan dan permeabilitas batuan tersebut. Selain dari struktur batuan daerah penelitian, penyebaran juga dipengaruhi oleh adanya sesar pada daerah penelitian yang terdapat pada anomali pada daerah penelitian. Sesar dalam hal ini menyebabkan adanya

pergerakan dari air panas yang akan menjadi manifestasi dari potensi panasbumi di permukaan pada daerah penelitian.

### 3.4.2 Interpretasi Kuantitatif Penampang Melintang Lintasan YY'

Lintasan YY' merupakan penampang yang juga diambil dari pendugaan sumber kedua guna memperkuat asumsi pendugaan sumber potensi panasbumi pada lokasi penelitian. Lintasan YY' dimulai dari titik dengan koordinat  $7,81642^{\circ}$  Bujur Timur dan  $111,63728^{\circ}$  Lintang Selatan sampai  $7,81697^{\circ}$  Bujur Timur dan  $111,63554^{\circ}$  Lintang Selatan dengan panjang lintasan sebesar 100 meter dan titik sebanyak 67 titik. Berikut hasil dari irisan penampang tersebut.



Gambar 4.14. Irisan penampang YY' pada pendugaan sumber potensi panasbumi kedua.

Pada gambar 4.14 merupakan irisan penampang YY' dimana memiliki nilai anomali magnetik cukup rendah antara 7 nT – 14 nT dimana memiliki nilai *error* sebesar 3,62 %. Dari gambar tersebut,

dapat diketahui bahwa sumber potensi panasbumi terdapat pada anomali yang berbeda dari daerah sekitarnya yaitu daerah pada sumber potensi pansbumi yang kedua. Irisan tersebut diambil melewati manifestasi dari potensi panasbumi tersebut yang berupa mata air panas yang terletak pada daerah sungai di daerah penelitian, hal ini diperkuat dengan adanya anomali berbeda pada akhir irisan lintasan. Dari hal ini, dapat dinyatakan bahwa adanya hubungan antara irisan penampang dengan pendugaan sumber panasbumi dimana panasbumi dapat diindikasikan dengan nilai suseptibilitas yang kecil (negatif).

Dari gambar irisan YY' tersebut juga didapatkan penyebaran panasbumi tersebut melalui batuan-batuan yang terdapat pada bawah permukaan serta rekahan yang ditimbulkan oleh batuan – batuan tersebut yang berupa sesar. Pada daerah penelitian, sesar dapat menyebabkan adanya pergerakan dari panasbumi tersebut selain dipengaruhi oleh porositas, konduktifitas dan permeabilitas batuan yang terdapat pada daerah penelitian.

#### **4.5. Analisa Sumber Potensi Panasbumi dan Penyebaran Panasbumi**

##### **4.5.1. Sumber Potensi Panasbumi**

Dalam suatu survey geofisika ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk menentukan sumber dan zona potensi panasbumi. Dari beberapa metode tersebut, salah satu metode yang sering digunakan adalah metode magnetik. Dalam hal ini, metode magnetik digunakan untuk mengetahui variasi medan magnet di daerah penelitian. Variasi medan magnet disebabkan oleh sifat kemagnetan yang tidak homogen dari kerak bumi, dimana batuan di dalam sistem panasbumi pada umumnya memiliki magnetisasi rendah dibanding batuan sekitarnya yang digambarkan sebagai anomali magnet dimana anomali tersebut merupakan indikasi dalam penentuan sumber dan zona potensi panasbumi pada daerah penelitian. Anomali tersebut disebabkan karena adanya kontras dari sifat magnet batuan yang terdapat di bawah permukaan daerah penelitian. Sedangkan faktor penyebab anomali tersebut adalah adanya perbedaan litologi batuan yang bergantung pada struktur geologinya serta adanya proses magnetisasi atau demagnetisasi batuan.

Daerah Ngebel sebagai daerah penelitian, berdasarkan analisa dari anomali magnet sisa yang telah dilakukan reduksi ke kutub,



didapatkan pendugaan dua buah sumber yaitu sumber potensi panasbumi yang pertama yang terletak di sebelah baratlaut dan sumber potensi panasbumi yang kedua terletak di sebelah timurlaut yang diperkuat dengan pendugaan adanya intrusi dari batuan breksi gunung api mengingat kawasan daerah penelitian merupakan daerah yang terletak di lereng pegunungan wilis.

Berikut tabel mengenai informasi kedua pendugaan sumber potensi panasbumi pada daerah penelitian yaitu Desa Wagirlor, Kecamatan Ngebel, Kabupaten Ponorogo.

Tabel 4.1. Informasi Pendugaan Sumber Potensi Panasbumi.

<b>Keterangan</b>	<b>Pendugaan Sumber 1</b>	<b>Pendugaan Sumber 2</b>
Letak Posisi	Sebelah baratlaut daerah penelitian	Sebelah timurlaut daerah penelitian
Koordinat Bujur (derajat)	8,073 <sup>0</sup>	8,074 <sup>0</sup>
Koordinat Lintang (derajat)	111,671 <sup>0</sup>	111,698 <sup>0</sup>
Kerapatan kontur	Kerapatan cenderung besar	Kerapatan cenderung sedang
Nilai Anomali magnet	-170 nT – 105 nT	-70 nT – 130 nT
Batuan penyusun	Batuan Breksi gunung api, sedimen, beku, mineral	Batuan breksi gunung api, beku, mineral

Dari informasi kedua pendugaan sumber potensi panasbumi tersebut dapat diketahui perbedaan dan persamaan dari kedua pendugaan sumber potensi panasbumi di daerah penelitian yaitu Desa Wagirlor, Kecamatan Ngebel, Kabupaten Ponorogo. Pada dasarnya sumber potensi panasbumi pada daerah penelitian adalah sama, hal ini disebabkan karena kedua pendugaan tersebut terletak dalam satu wilayah pengambilan data magnetik serta adanya beberapa mata air diantara kedua pendugaan sumber tersebut. Pada umumnya sumber panasbumi diduga berasal dari berbagai macam hal, yaitu

1. Peluruhan elemen radioaktif dibawah permukaan bumi.
2. Panas yang dilepaskan oleh logam berat karena tenggelam ke dalam pusatbumi.
3. Efek elektromagnetik yang dipengaruhi oleh medan magnet bumi.

Panasbumi juga memiliki beberapa manifestasi yang sedikit banyak juga berpengaruh pada kehidupan antara lain adalah

1. Mata air panas
2. Mata air khlorida mempunyai kecepatan aliran yang tinggi, umumnya berwarna bening dengan disertai endapan silika sinter.
3. Mata air sulfat umumnya kecepatan aliran rendah dan keruh dengan endapan kaolin, mineral sulfat dan residu silika.
4. Mata air campuran khlorida dan sulfat, dipermukaan umumnya mempunyai sifat keduanya, dan pH : 2,2 -5 . dapat berwarna bening atau keruh, dengan kecepatan aliran rendah.
5. Hembusan uap/gas
6. Alterasi hidrotermal dengan kenampakan khas di lapangan banyak dijumpai batuan yang berubah akibat aliran fluida hidrotermal.

#### **4.5.2. Penyebaran Panasbumi**

Penyebaran panasbumi pada daerah penelitian diindikasikan terjadi karena adanya transfer panas baik secara konveksi maupun konduksi dari suatu sumber panas ke lingkungan sekitarnya. Perpindahan panas secara konduksi dapat terjadi melalui batuan-batuan penyusun pada struktur bawah permukaan suatu daerah. Sedangkan perpindahan panas konveksi dapat terjadi karena adanya kontak langsung antara sumber panas dengan air yang ada di sekitarnya.

Proses daur hidrologi dan aliran fluida pada sistem panasbumi berawal dari adanya air hujan (*rain water*) turun dan ketika tiba di permukaan bumi air hujan akan merembes ke dalam tanah melalui saluran pori-pori atau rongga-rongga diantara butir-butir batuan. Bila jumlah air hujan yang turun cukup deras, maka air tersebut akan mengisi rongga-rongga antar butiran sampai penuh atau jenuh. Kalau sudah tidak tertampung lagi, maka air hujan yang

masih dipermukaan akan mengalir ke tempat yang lebih rendah. Daya serap (permeabilitas) masing-masing batuan atau lapisan batuan bervariasi tergantung jenis batumannya juga berpengaruh dalam hal ini.

Pada daerah penelitian, dimana terdapat potensi panasbumi, seringkali ditemukan struktur sesar (*fault*) sebagai akibat aktifitas tektonik atau hal lainnya. Keberadaan struktur tersebut tidak sekedar membuka pori-pori atau rongga-rongga antar butiran menjadi lebih terbuka, bahkan lebih dari itu, yaitu dapat menciptakan zona rekahan (*fracture zone*) yang cukup lebar dan memanjang secara vertikal atau hampir vertikal dimana air tanah dengan leluasa menerobos turun ke tempat yang lebih dalam lagi sampai akhirnya dia berjumpa dengan batuan panas (*hot rock*). Air tersebut tidak lagi turun ke bawah, sekarang dia mencari jalan dalam arah horizontal ke lapisan batuan yang masih bisa diisi oleh air.

Seiring dengan berjalannya waktu, air tersebut terus terakumulasi dan terpanaskan oleh batuan panas (*hot rock*). Akibatnya temperatur air meningkat, volume bertambah dan tekanan menjadi naik. Sebagiannya masih tetap berwujud air panas, namun sebagian lainnya telah berubah menjadi uap panas. Tekanan yang terus meningkat, membuat fluida panas tersebut menekan batuan panas yang melingkupinya seraya mencari jalan terobosan untuk melepaskan tekanan tinggi. Kalau fluida tersebut menemukan celah yang bisa mengantarnya menuju permukaan bumi, maka akan dijumpai sejumlah manifestasi. Namun bila celah itu tidak tersedia, maka fluida panas itu akan tetap terperangkap disana selamanya.

Selain itu penyebaran panasbumi juga dipengaruhi beberapa hal yang terkandung dalam konduktor tersebut yaitu batuan. Beberapa hal tersebut seperti porositas batuan, konduktifitas batuan, permeabilitas batuan. Hal tersebut yang dapat mempengaruhi proses penyebaran panasbumi pada daerah penelitian.

Pada daerah penelitian diketahui bahwa arah penyebaran diindikasikan dari penyebaran temperatur mata air yang terdapat pada daerah penelitian. Mata air dari daerah penelitian adalah sebanyak 17 mata air dengan nilai temperatur yang berbeda-beda. Berikut adalah nilai temperatur mata air yang terdapat pada daerah penelitian.

Tabel 4.2. Daftar mata air panas beserta temperatur.

NO	Mata air panas	Posisi		Temperatur (°C)
		Lintang (derajat)	Bujur (derajat)	
1	Mata air panas 1	111,674 <sup>0</sup>	7,82 <sup>0</sup>	43,5
2	Mata air panas 2	111,675 <sup>0</sup>	7,81 <sup>0</sup>	50,5
3	Mata air panas 3	111,675 <sup>0</sup>	7,82 <sup>0</sup>	37
4	Mata air panas 4	111,676 <sup>0</sup>	7,83 <sup>0</sup>	50,2
5	Mata air panas 5	111,676 <sup>0</sup>	7,821 <sup>0</sup>	50,1
6	Mata air panas 6	111,676 <sup>0</sup>	7,821 <sup>0</sup>	50,2
7	Mata air panas 7	111,677 <sup>0</sup>	7,828 <sup>0</sup>	63
8	Mata air panas 8	111,677 <sup>0</sup>	7,821 <sup>0</sup>	64
9	Mata air panas 9	111,677 <sup>0</sup>	7,828 <sup>0</sup>	63,2
10	Mata air panas 10	111,678 <sup>0</sup>	7,82 <sup>0</sup>	65,3
11	Mata air panas 11	111,677 <sup>0</sup>	7,82 <sup>0</sup>	66,1
12	Mata air panas 12	111,677 <sup>0</sup>	7,82 <sup>0</sup>	66,3
13	Mata air panas 13	111,678 <sup>0</sup>	7,828 <sup>0</sup>	67,2
14	Mata air panas 14	111,678 <sup>0</sup>	7,828 <sup>0</sup>	66,9
15	Mata air panas 15	111,680 <sup>0</sup>	7,822 <sup>0</sup>	65,4
16	Mata air panas 16	111,681 <sup>0</sup>	7,82 <sup>0</sup>	62,3
17	Mata air panas 17	111,682 <sup>0</sup>	7,819 <sup>0</sup>	64,3

Pada tabel 4.2 tersebut dapat diketahui bahwa daerah penelitian memiliki manifestasi panasbumi yang berupa mata air panas dengan nilai temperatur beranekaragam yaitu antara 37<sup>0</sup>C – 67,2<sup>0</sup> C. Mata air tersebut tersebar diantara dua buah pendugaan sumber potensi panasbumi pada daerah penelitian. Berdasarkan energi yang terkandung, daerah-daerah yang prospek menghasilkan energi panasbumi dapat diklasifikasikan menjadi 3 kelompok besar yakni lapangan panasbumi entalpi rendah, sedang (menengah) dan tinggi. Entalpi secara sederhana diartikan sebagai kandungan energi atau tenaga yang dapat berbentuk panas, tekanan (mekanis) atau gabungan dari keduanya. Namun dalam aplikasinya sering ukuran panas yang dimanifestasikan dalam suhu saja yang dilihat dalam mengukur besaran entalpi. Klasifikasi sistem panasbumi berdasarkan entalpi dapat digolongkan sebagai berikut.

1. Entalpi rendah = memiliki temperatur rata-rata kurang dari 90<sup>0</sup>C.

2. Entalpi Sedang = memiliki temperatur rata-rata antara  $90^{\circ}\text{C}$ - $150^{\circ}\text{C}$ .
3. Entalpi Tinggi = memiliki temperatur rata-rata lebih dari  $150^{\circ}\text{C}$ .

Berdasarkan penggolongan entalpi tersebut, maka daerah penelitian tergolong daerah entalpi rendah, hal ini dikarenakan daerah penelitian memiliki rata-rata suhu dibawah  $90^{\circ}\text{C}$ . Sedangkan untuk penyebarannya, daerah penelitian memiliki sebaran panasbumi cenderung ke arah timur yang menunjukkan bahwa semakin besar potensi panasbuminya dimana diindikasikan dengan nilai temperatur yang semakin tinggi untuk kearah timur. Untuk penyebaran ke arah Barat, yang diindikasikan dengan temperatur rendah menunjukkan bahwa potensi panasbuminya adalah semakin kecil.

Banyak faktor yang mempengaruhi penyebaran panasbumi pada daerah penelitian, antara lain porositas batuan, permeabilitas batuan, konduktifitas batuan dan pergerakan lempeng seperti sesar dll. Porositas batuan merupakan kemampuan batuan untuk menyimpan fluida atau panasbumi yang kemudian akan dialirkan ke batuan lainnya. Sedangkan Permeabilitas merupakan kemampuan dari batuan untuk mengalirkan suatu panasbumi. Untuk Konduktifitas panas suatu batuan merupakan parameter yang menyatakan besarnya kemampuan batuan tersebut untuk menghantarkan panas dengan cara konduksi apabila pada batuan tersebut ada perbedaan temperatur.

Untuk sesar pada daerah penelitian, berdasarkan peta geologi daerah penelitian sesar cenderung mengarah ke bagian tengah dan barat dimana hal ini sesuai dengan anomali yang terdapat pada peta kontur temperatur dari mata air panas yang merupakan manifestasi dari panasbumi tersebut.

# UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil dari pengolahan data, interpretasi, dan analisis dari survey magnetik pada Desa Wagirlor, Kecamatan Ngebel, Kabupaten Ponorogo. maka dapat disimpulkan beberapa hal, antara lain :

1. Pada daerah penelitian, didapatkan nilai anomali magnetik total yang berkisar antara  $-650 \text{ nT} - 50 \text{ nT}$  dengan didominasi oleh kelompok magnet rendah yaitu berkisar antara  $-350 \text{ nT} - -150 \text{ nT}$ . Sedangkan untuk anomali magnetik sisa didapatkan nilai anomali yang berkisar antara  $-150 \text{ nT} - 75 \text{ nT}$ . Nilai anomali magnetik setelah dilakukan reduksi ke kutub berkisar antara  $-320 \text{ nT} - 180 \text{ nT}$  dimana anomali tersebut mengalami penguatan nilainya terutama didaerah yang diindikasikan sebagai prospek panasbumi.
2. Pada daerah penelitian didapatkan dua pendugaan sumber potensi panasbumi yang terletak di sebelah timurlaut dan baratlaut daerah penelitian. Karena daerah penelitian rata-rata didominasi oleh batuan breksi gunung api dan batuan beku, maka potensi sumber panasbumi tersebut berasal dari intrusi batuan beku.
3. Penyebaran dari potensi sumber panasbumi ini diprediksi ke arah timur dengan potensi panas yang semakin besar. Beberapa faktor yang mempengaruhi penyebaran potensi sumber panasbumi tersebut yaitu porositas batuan, permeabilitas batuan, konduktivitas batuan dan pergerakan lempeng seperti sesar.

#### **5.2. Saran**

Dalam menentukan sumber dan penyebaran potensi panasbumi pada daerah penelitian, sebaiknya dilakukan survey geofisika lainya agar hasil yang didapatkan lebih maksimal dan dapat digunakan sebagai penunjang dan pembanding untuk metode tersebut.

# UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)





## DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. 2011a. *Peta Ponorogo*. <http://google.com/ponorogo>. Tanggal akses 14 April 2011.
- Anonymous. 2011b. *Energi Panasbumi*. <http://google.com/panasbumi/bab7energipanasbumi.pdf>. Tanggal akses : 14 April 2011.
- Baranov, V. 1957. *A new method for Interpretation of Aeromagnetic Maps: Pseudo-gravimetric Anomalies*, Geophysics, Volume 22, 359-83.
- Blakely, R.J. 1995. *Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications*, Cambridge University Press.
- Chie Shien, L. 2001. *Aplikasi Elektromagnetik*. Erlangga. Jakarta.
- Dickson, Mary H. dan Fanelli Mario. 2004. *What is Geothermal Energy?* <http://iga.igg.cnr.it/index.php>. Tanggal akses 12 Mei 2011
- Haryono. 1998. *Geofisika Dasar*. Teknik Geofisika UGM. Yogyakarta.
- Ilyas, G.I, 2004. *Kajian Kuantitas dan Kualitas Energi Vulkanogeo-thermal Komplek Gunungapi Arjuno-Welirang Berdasarkan Parameter Suseptibilitas*. Skripsi, Universitas Brawijaya : Malang.
- Indratmoko, P., 2010. *Interpretasi Bawah Permukaan di Daerah Manifestasi Panasbumi Kretek, Sanden, Pundong Kabupaten Bantul D.I. Yogyakarta Menggunakan Metode Magnetik*. Skripsi, Universitas Diponegoro : Semarang.
- Kasbani, Suhanto, E., Dahlan, 2005. *Kesiapan Data Potensi Panasbumi Indonesia Dalam Mendukung Penyiapan Wilayah Kerja*. Kelompok Program Penelitian Panasbumi. Pusat sumber daya geologi.
- Kirbani. 2001. *Panduan Workshop Eksplorasi Geofisika (Teori dan Aplikasi)*. Laboratorium Geofisika UGM. Yogyakarta.
- Kurniati, Asih dkk. 2008. *Panduan Workshop Geofisika*. Laboratorium Geofisika Jurusan Fisika FMIPA Brawijaya. Malang
- Moehadi, 2000, *Geofisika*, Jurusan Tambang, Fakultas Teknologi Mineral UPN “Veteran” Yogyakarta.
- PPPG. 1985. *Peta Geologi Lembar Madiun*. PPPG. Jawa Timur.
- Risdasari, Fara. 2006. *Analisa Zona Potensi Panasbumi Daerah Waesekat, Kabupaten Buru Selatan, Maluku Berdasarkan Data Magnetik*. Malang, Universitas Brawijaya.

- Robinson, Edwinds, 1988, *Basic Exploration Geophysics*, John Wiley and sons, Inc, Newyork.
- Santoso, Djoko. 2002. *Pengantar Teknik Geofisika*. Penerbit ITB. Bandung.
- Santoso, S., dan Suwarti, T., 1992. *Geologi Lembar Malang, Jawa*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi: Bandung.
- Solihin, 2005, *Pendugaan Kandungan Batuan Andesit dan Diorit Di Kawasan Gedangan Malang Selatan Dengan Menggunakan Metode Magnetik*, Malang, Universitas Brawijaya.
- Shuey, R.T., Pasquale, AS. *End correction in magnetic profile interpretation*. Geophysics, Volume 38, No.3, 507-512.
- Telford, W.M. 1976. *Applied Geophysics*. Cambridge University Press, London.
- Tipler, Paul A. 1991. *Physics for Scientist and Engineers*. World Publisher, Inc. London.
- Untoro, Yudistira T. 2005. *Petunjuk Praktikum Gravitasi dan Magnet*. Laboratorium Geofisika Terapan ITB. Bandung.
- Untung, M., 2001. *Dasar-Dasar Magnet Dan Gayaberat Serta Beberapa Penerapannya*. Himpunan Ahli Geofisika Indonesia.
- Wahyudi. 2004. *Teori dan Aplikasi Metode Magnet*. Laboratorium Geofiosika FMIPA UGM Yogyakarta.
- Zakaria, A. 2010. *Sumber Panas Ngebel Dimanfaatkan Untuk Obat Gatal*. Kompas. Surabaya.

## Lampiran 1

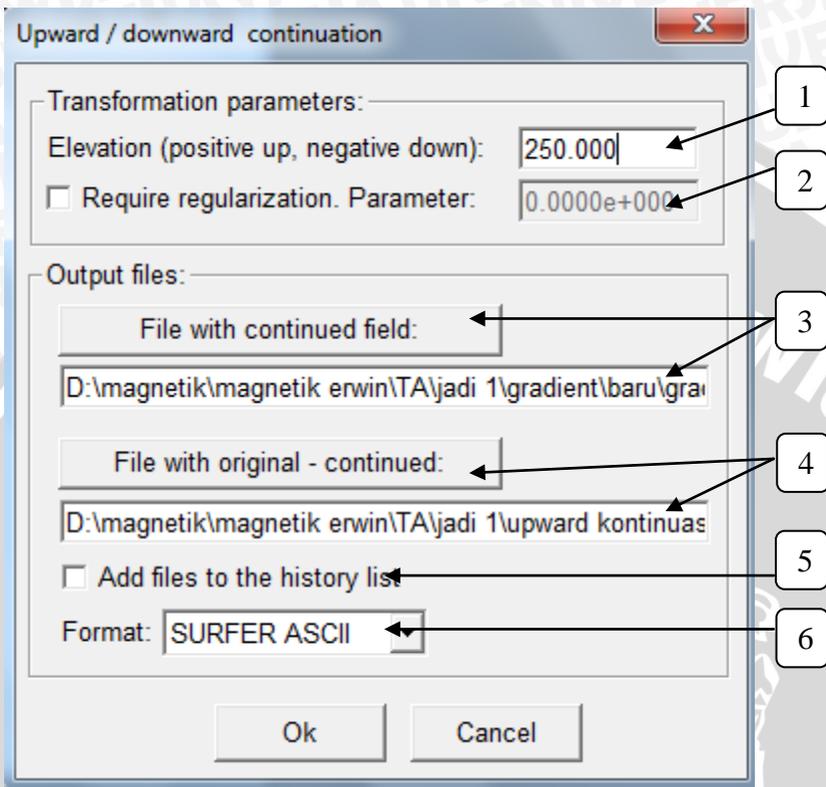
### Kontinuasi ke atas

Adanya potensial dasar pada medan gravitasi dan medan magnetik menyebabkan tingkatan ketinggian dalam suatu pengukuran diperhitungkan. Perhitungan itulah yang disebut sebagai kontinuasi ke atas pada medan potensial (*upward continuation of potensial field*).

Kontinuasi ke atas (*upward continuation*) merupakan suatu perlakuan yang dilakukan terhadap hasil proyeksi yang didapat setelah proses reduksi bidang datar. Hal ini dikarenakan hasil proyeksi tersebut merupakan gabungan dari anomali regional dan anomali lokal. Sedangkan untuk proses interpretasi, hanya dilakukan untuk anomali lokal saja sehingga kedua anomali tersebut harus dipisahkan. Pemisahan kedua anomali ini dimaksudkan agar didapatkan anomali magnetik regional yang lebih halus sehingga anomali magnetik lokal lebih jelas dan dapat dilakukan interpretasi sehingga dapat diketahui apa saja yang menyebabkan anomali tersebut. Selain kontinuasi ke atas, juga terdapat perhitungan kontinuasi ke bawah sampai tingkatan kontinuasi mengalami persilangan pada tiap sumber medan. Kontinuasi ke bawah dapat memperbesar noise yang timbul dan membuat medan tidak stabil.

Pada penelitian ini, perhitungan kontinuasi menggunakan perangkat lunak yang berupa *magpick*. Perangkat lunak ini merupakan perangkat untuk melakukan perhitungan reduksi bidang datar maupun kontinuasi ke atas dimana dapat ditampilkan sebagai berikut.





Gambar lampiran 1. Menu dalam Magpick.

Keterangan gambar :

1. Nilai ketinggian untuk medan kontinuas, nilai positif untuk kontinuas ke atas dan nilai negatif untuk kontinuas ke bawah.
2. Diperlukan dalam kontinuas ke bawah dengan memasukkan parameter.
3. Nama arsip untuk kontinuas.
4. Arsip dengan selisih data asli yang dikurangkan dengan data hasil kontinuas, dimana menunjukkan anomali sisanya.
5. Jika di cek, maka arsip output akan dimasukkan ke history list untuk memudahkan dalam perhitungan ulang.
6. Untuk memilih arsip keluaran yang ingin ditampilkan.

## Lampiran 2

### Reduksi ke kutub

Filter Reduksi ke Kutub (RTP) adalah satu dari beberapa filter yang digunakan dalam proses interpretasi data magnetik. Pada dasarnya RTP mencoba mentransformasikan medan magnet di suatu tempat menjadi medan magnet di kutub Utara magnetik .

Dalam pengolahan data magnetik, filter reduksi ke kutub kerap dipergunakan untuk membantu proses interpretasi. Filter Reduksi ke Kutub pada dasarnya mencoba untuk mengasumsikan anomali magnetik di suatu lokasi seolah di posisi kutub Utara magnetik bumi. Pada filter reduksi ke kutub terdapat beberapa kelemahan utama salah satu diantaranya adalah penggunaan harga inklinasi dan deklinasi yang cenderung sama pada seluruh daerah pengamatan.

Filter RTP mengasumsikan bahwa pada seluruh lokasi pengambilan data nilai medan magnet bumi (terutama I dan D) memiliki nilai dan arah yang konstan (Arkani-Hamed, 1988). Asumsi ini dapat diterima apabila lokasi tersebut memiliki luas area yang relatif sempit. Namun hal ini tidak dapat diterima apabila luas daerah pengambilan data sangat luas karena melibatkan nilai lintang dan bujur yang bervariasi, dimana harga medan magnet bumi berubah secara bertahap. Untuk pengolahannya, RTP ini menggunakan perangkat lunak *magpick* dimana dapat ditampilkan dengan keterangan sebagai berikut.

1. Nilai inklinasi dan deklinasi dari daerah penelitian dimasukkan.
2. Parameter yang sama seperti no.1 tetapi untuk magnetisasi. Direkomendasikan untuk memulai dengan nilai yang sama dengan medan magnet utama (hanya untuk induksi magnetik).
3. Azimut dari sumbu X local.  $90^\circ$  jika berada pada titik di sebelah Timur.
4. Kotak ini dicek untuk reduksi ke kutub. Jika ingin menghitung kembali medan untuk arah yang berbeda, maka nilai yang diminta dimasukkan langsung.
5. Kotak ini diisi jika hasil yang didapatkan tidak stabil.

Reduction to the pole

Initial field and magnetization parameters

1 Main field declination (D), degrees: 1.26000

2 Main field inclination (I), degrees: -33.24000

3 Declination of magnetization, deg.: 1.26000

Inclination of magnetization, deg.: -33.24000

Azimuth of local X axis, deg.: 90.00000

Note: Use IGRF model to find main magnetic field.

New field and magnetization parameters

4  Use reduction to pole

New field declination (D), degrees: 0.0

New field inclination (I), degrees: 90.0

New declination of mag., deg.: 0.0

New inclination of mag., deg.: 90.0

Field and magnetization geometry:

D positive to East  
A positive to east  
I positive down,  
negative up

Simultaneous upward continuation:

Elevation (positive up, negative down): 0.000

Require regularization. Parameter: 0.0000e+000

Note: Use zero elevation to avoid continuation

Output file:

File with transformed field:  Add files to the history list Format: SURFER ASCII

D:\magnetik\magnetik erwin\TA\jadi 1\anomali sisa\baru\coba.grd

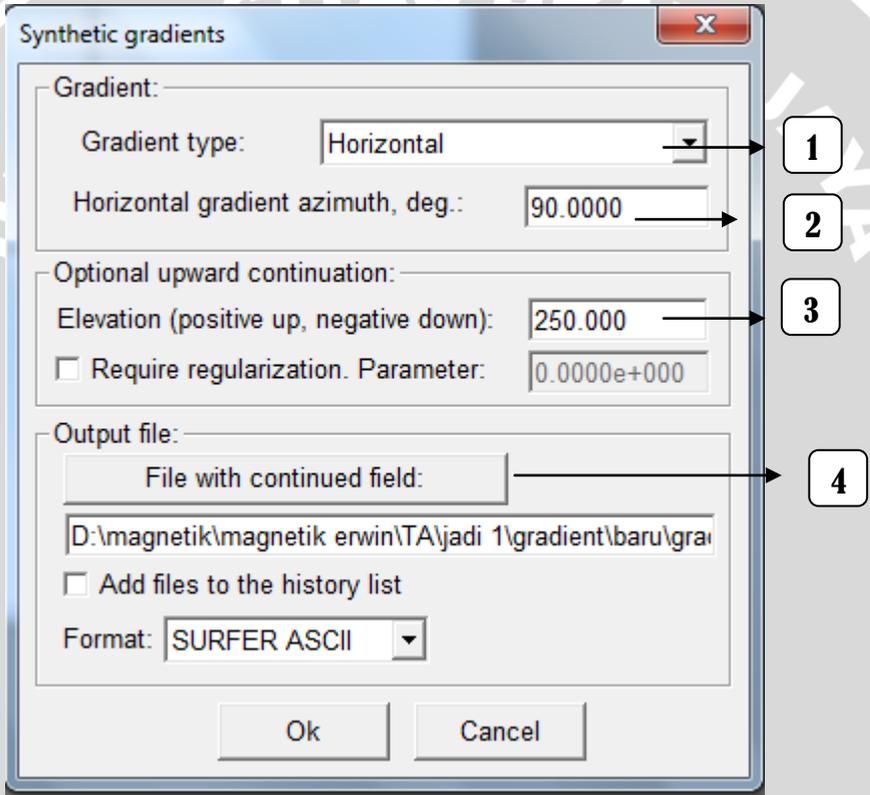
Ok Cancel

5

Gambar Lampiran 2. Reduksi ke kutub.

### Lampiran 3 Gradien Horisontal

Dalam penelitian ini, gradien horisontal didapatkan dengan perhitungan menggunakan perangkat lunak *magpick*. Perhitungan ini dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan hasil yang lebih jelas mengenai penyebab dari benda – benda yang menjadi penyebab dari anomali pada daerah penelitian. Perhitungan menggunakan perangkat *magpick* dapat ditunjukkan sebagai berikut.



Gambar lampiran 3. Gradien Horisontal.

Keterangan :

1. Tipe gradien yang akan digunakan (horisontal, vertikal).
2. Azimut gradien horisontal, dapat ditentukan dengan mengubah nilai azimut hingga didapatkan nilai terbaik.

3. Ketinggian yang digunakan (positif untuk kontinuasi ke atas dan negatif untuk kontinuasi ke bawah).
4. Tempat penyimpanan file hasil gradien horisontal.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA





**Lampiran 4**  
**Perhitungan Mag2dc**  
**Lintasan XX'**

**MAG2DC FOR WINDOWS**

There are 10 Bodies

There are 213 Observation points.

Geomagnetic Field Parameters:-

Intensity : 45063.2 Inclination : 0.0 Declination : -1.3

The profile bearing was 0.0 degrees.

The reference height used was 1.0

The units used were m.

Susceptibilities are in SI units.

**Body 1**

No. of corners is 18 Susceptibility : -0.002

Strike length : 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

90.301	14.889
92.988	20.324
95.055	20.324
100.430	31.193
104.606	35.189
111.179	31.193
114.073	20.324
116.913	62.363
117.206	111.276
118.671	334.102
109.939	330.106
100.211	336.957
94.643	342.391
91.127	328.667
84.974	344.971
85.267	214.537
89.061	52.932
89.888	9.454

**Body 2**

No. of corners is 24 Susceptibility : 0.005

Strike length : 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

118.118	46.495
120.185	46.495
123.729	46.495
126.582	70.653
130.684	86.957
134.786	86.957
138.889	92.392
141.526	92.392
142.698	92.392
147.093	81.522
153.259	100.843
153.259	166.060
152.373	247.582
152.373	258.452
152.373	285.625
164.088	543.478
164.381	684.783
136.251	673.913
127.168	673.913
122.773	418.478
118.085	342.391
118.118	258.452
117.528	193.234
117.528	62.799

Body 3

No. of corners is 17 Susceptibility : -0.004

Strike length : 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

154.374	96.257
155.663	85.388
162.037	221.257
177.903	9.301
186.606	14.736
186.606	58.214
190.466	215.823
190.466	346.258
186.943	646.739

164.674	673.913
164.381	527.174
152.953	531.040
151.811	270.171
152.136	145.171
152.074	96.257
153.246	85.388
152.660	90.823

Body 4

No. of corners is 18 Susceptibility : -0.005

Strike length : 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

4.923	65.217
2.461	0.000
7.736	0.000
10.197	5.435
9.962	10.870
14.944	5.435
17.288	21.739
22.269	54.348
24.613	135.870
28.374	210.592
29.184	440.217
20.745	440.217
16.878	440.217
11.603	456.522
6.329	440.217
7.384	342.391
6.739	260.870
6.329	168.478

Body 5

No. of corners is 28 Susceptibility : -0.000

Strike length : 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

66.737	18.473
68.804	13.038
71.202	0.000
73.839	5.435
76.477	10.592

78.528	5.435
81.458	0.000
84.095	0.000
88.293	13.038
88.884	40.212
88.589	72.821
87.703	127.168
87.112	192.386
86.226	241.299
85.931	290.212
85.636	322.821
84.159	360.864
81.206	377.168
74.710	371.734
67.918	371.734
65.049	576.087
60.361	619.565
55.966	652.174
61.240	293.201
63.291	195.375
64.463	135.592
65.851	51.081
66.146	40.212

**Body 6**

No. of corners is 10    Susceptibility :    0.028

Strike length : 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

0.295	3.809
2.894	9.244
5.818	69.026
6.467	128.809
7.117	335.331
6.792	373.374
5.818	427.722
3.544	460.331
0.620	384.244
-0.030	324.461

**Body 7**

No. of corners is 24    Susceptibility :    -0.000

Strike length : 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

20.376	4.005
22.148	4.005
26.078	0.000
31.060	0.000
35.162	0.000
43.659	0.000
48.933	10.870
55.087	10.870
60.068	10.870
65.342	10.870
64.669	112.701
64.669	156.179
62.897	254.005
61.421	302.918
59.945	389.875
53.448	422.483
44.294	411.614
36.026	427.918
28.716	418.948
28.423	304.818
27.837	239.600
25.986	150.744
22.738	69.222
16.702	10.870

Body 8

No. of corners is 26 Susceptibility : -0.007

Strike length : 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

-0.000	356.930
0.886	394.973
2.067	438.452
3.839	443.887
5.315	443.887
6.496	443.887
7.678	427.582
10.926	427.582
14.174	422.147

16.241	427.582
20.375	427.582
23.328	427.582
26.577	427.582
29.301	413.043
33.959	427.582
37.502	416.713
59.189	391.304
57.138	581.522
56.552	733.696
29.529	704.756
25.395	699.321
16.832	677.582
11.516	666.713
6.201	666.713
3.248	677.582
-0.000	683.017

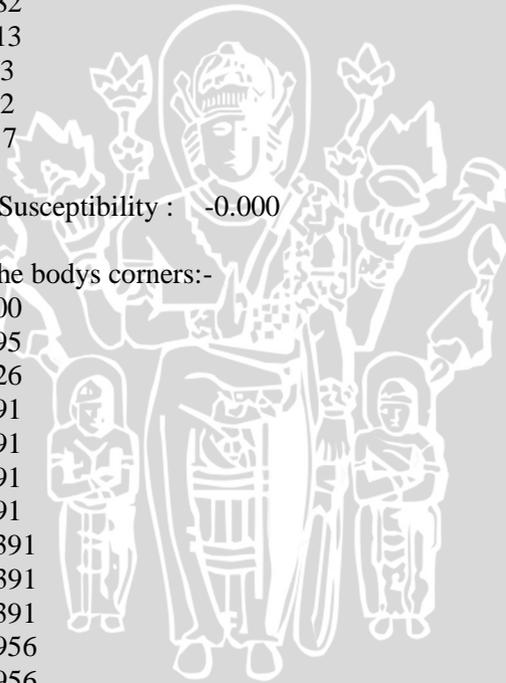
Body 9

No. of corners is 34 Susceptibility : -0.000

Strike length : 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

83.894	375.000
85.193	358.695
86.817	347.826
88.441	342.391
91.040	342.391
93.313	342.391
96.237	342.391
100.784	342.391
103.708	342.391
107.931	342.391
110.466	336.956
114.568	336.956
118.964	336.956
120.924	369.565
122.223	391.304
124.821	451.087
127.095	500.000
128.070	570.652



128.070	679.348
125.146	722.826
119.949	744.565
114.102	739.130
105.007	728.261
99.160	733.695
91.689	739.130
87.467	744.565
82.919	750.000
77.722	728.261
69.276	728.261
56.552	733.696
56.259	663.043
63.877	570.652
65.379	483.695
65.049	375.000

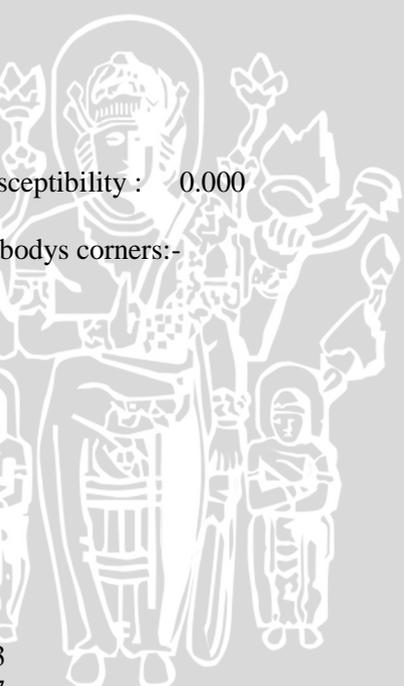
**Body 10**

No. of corners is 23 Susceptibility : 0.000

Strike length : 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

94.200	0.000
97.152	0.000
105.421	0.000
118.118	0.000
132.293	0.000
144.990	0.000
153.258	0.000
164.480	0.000
174.224	0.000
177.566	0.000
171.413	86.957
165.070	184.783
162.117	211.957
155.326	81.522
139.768	92.391
129.044	70.652
120.481	38.043
115.154	48.913
113.103	32.609



107.488	21.739
99.625	32.609
94.495	16.304
90.361	16.304

Position	Observed Field	Calculated Field
0.0	-71.99238	-63.59364
0.9	-71.17861	-58.06619
1.7	-47.36951	-43.93453
2.9	-11.72817	0.16737
3.5	8.46974	18.72376
4.9	53.00584	44.19726
5.7	50.58358	53.10560
6.8	49.59349	59.11143
7.8	42.42689	45.89313
8.8	35.15444	23.86883
9.9	26.98112	12.69278
10.7	21.50933	9.94513
11.6	16.83445	8.68418
12.6	11.79265	8.43251
12.9	10.95483	8.44856
13.2	10.39612	8.47574
14.2	7.39545	8.56433
14.6	6.30267	8.54426
16.6	3.23700	7.74389
16.9	3.05264	7.56515
18.6	1.86603	6.09756
19.0	1.83282	5.68282
20.6	1.72296	4.36167
21.2	1.92961	3.84986
22.5	2.13394	2.98757
23.4	2.45022	2.53384
24.5	3.02263	2.08242
25.0	3.30559	1.94504
25.5	3.57001	1.84466
26.5	3.98519	1.71652
27.3	4.03851	1.50127
28.4	4.07868	1.19195
29.9	3.05558	0.87516



30.4	2.69516	0.78893
31.6	1.46443	0.61570
32.3	0.72779	0.53400
34.2	-1.09562	0.38667
34.3	-1.19409	0.38087
35.5	-2.08391	0.32541
36.2	-2.65196	0.30244
37.6	-3.05508	0.28220
38.2	-2.95457	0.28117
40.2	-1.83594	0.30518
40.7	-1.46895	0.31623
42.1	-1.00071	0.33718
43.7	-0.35094	0.13278
44.1	-0.18896	0.00940
45.0	0.17899	-0.20536
45.3	0.39911	-0.25158
46.0	0.90235	-0.32228
47.2	1.49855	-0.36641
48.0	1.71622	-0.37296
48.5	1.78762	-0.37065
50.0	2.13597	-0.34114
51.1	2.25456	-0.30536
52.0	2.29107	-0.27013
52.8	2.25580	-0.23199
53.9	2.25041	-0.17537
55.8	2.08435	-0.06575
55.9	2.08097	-0.06279
57.3	1.89876	0.02671
57.6	1.85788	0.04640
57.9	1.80599	0.06502
59.7	1.38615	0.19824
59.8	1.37144	0.20420
61.8	0.97984	0.36482
61.9	0.95748	0.37578
63.6	0.57684	0.53635
63.7	0.55307	0.54727
65.7	0.20173	0.76636
65.8	0.19102	0.77805
67.6	0.08332	1.05072

67.9	0.09287	1.10122
69.7	0.24904	1.45553
70.8	0.47438	1.75791
71.5	0.60351	1.91854
71.7	0.61905	1.93941
73.2	0.94713	2.06694
73.6	1.04891	2.10762
75.4	1.71253	2.35311
75.6	1.77794	2.38603
76.7	2.26867	2.58958
77.5	2.65291	2.77470
78.4	3.10662	2.98776
79.5	3.67712	3.30615
79.7	3.78550	3.37490
81.4	4.64900	4.18885
81.9	4.79972	4.38179
83.4	5.43333	4.69936
84.0	5.56869	4.65697
85.4	5.75134	4.48911
87.3	5.56657	4.60039
87.8	5.45535	4.63935
87.9	5.41791	4.65343
89.2	5.18427	4.76360
89.3	5.16883	4.77015
90.1	4.94347	4.82401
91.3	4.56921	4.88240
92.3	4.24877	4.90388
93.2	3.95526	4.89953
93.5	3.86882	4.89269
94.9	3.51476	4.83421
95.2	3.42457	4.81170
95.7	3.31322	4.77262
97.1	3.00318	4.63107
97.4	2.95311	4.59742
99.1	2.66581	4.36340
99.6	2.58637	4.28553
101.1	2.34265	4.03333
101.3	2.29565	3.98612
103.1	1.96670	3.64310

103.1	1.96046	3.63774
104.4	1.66298	3.36408
104.8	1.56056	3.27019
105.0	1.50466	3.21565
106.2	1.19859	2.95383
107.0	0.96282	2.75236
107.9	0.69542	2.54896
109.0	0.35390	2.28464
109.6	0.14756	2.13110
110.9	-0.28836	1.80362
111.3	-0.41064	1.70489
112.2	-0.60040	1.47664
112.9	-0.80339	1.30287
113.5	-0.94057	1.15310
114.8	-1.19493	0.80742
116.1	-1.30972	0.49704
116.8	-1.40764	0.31947
117.8	-1.45861	0.07767
118.8	-1.44548	-0.15619
119.6	-1.38249	-0.34053
120.7	-1.36217	-0.60879
121.3	-1.32022	-0.72735
121.3	-1.31629	-0.73549
122.7	-1.16948	-1.03331
124.3	-0.92465	-1.35569
124.7	-0.86116	-1.42477
126.7	-0.46264	-1.78028
127.0	-0.40503	-1.82702
128.2	-0.18983	-2.02275
128.6	-0.13034	-2.07570
130.5	0.18959	-2.31753
130.8	0.22536	-2.34470
132.5	0.44745	-2.52026
133.0	0.47590	-2.55924
133.7	0.51906	-2.61498
134.3	0.55671	-2.65367
134.5	0.57208	-2.66626
136.5	0.61094	-2.75211
136.5	0.61116	-2.75245

137.7	0.56838	-2.77992
138.4	0.54593	-2.78508
139.0	0.49594	-2.78420
139.9	0.42648	-2.77396
140.3	0.38845	-2.76389
141.2	0.29076	-2.73887
142.0	0.18820	-2.70228
142.3	0.15591	-2.68855
143.3	0.00262	-2.62743
144.2	-0.11869	-2.56002
144.3	-0.12896	-2.55433
145.5	-0.33770	-2.44377
146.2	-0.44578	-2.36187
148.2	-0.71855	-2.11334
148.3	-0.73567	-2.09906
149.5	-0.95070	-1.91655
150.2	-1.08807	-1.78762
151.2	-1.26042	-1.61061
152.2	-1.43816	-1.41044
153.7	-1.69503	-1.04959
153.8	-1.69498	-1.03203
154.1	-1.69406	-0.95346
155.1	-1.62743	-0.68974
156.1	-1.72066	-0.39954
156.8	-1.73361	-0.18568
158.1	-1.60097	0.24600
159.5	-1.28198	0.75772
160.1	-1.21070	1.00536
162.0	-0.71670	1.87127
162.5	-0.53033	2.08619
163.8	0.01497	2.76198
164.0	0.10752	2.88382
165.0	0.76337	3.51131
165.9	1.37769	4.08200
166.5	1.82275	4.43218
167.2	2.45056	4.97951
167.9	2.97664	5.48235
168.5	3.53491	5.95666
169.8	4.75703	7.06518

170.2	5.13333	7.39718
171.8	6.67993	8.83004
171.9	6.82993	8.97368
173.7	8.44309	10.67750
173.8	8.51820	10.75373
175.4	10.04684	12.29754
175.7	10.31501	12.57867
177.6	11.84166	14.06339
177.7	11.92703	14.13761
179.3	13.15881	15.00714
179.7	13.36361	15.13191
180.2	13.64796	15.27718
181.5	14.67797	15.38971
181.7	14.76876	15.38306
181.9	14.92190	15.35900
183.6	15.78009	14.92062
183.7	15.79909	14.89528
184.6	16.21654	14.50251
185.6	16.49931	13.90345
186.7	16.48714	13.13647
187.6	16.65192	12.53342
188.5	16.55089	11.85190
189.4	15.95958	11.13762
189.6	15.71036	10.96294

### **Lintasan YY'**

#### **MAG2DC FOR WINDOWS**

There are 10 Bodies

There are 67 Observation points.

Geomagnetic Field Parameters:-

Intensity : 45063.2 Inclination : -33.2 Declination : -1.3

The profile bearing was 0.0 degrees.

The reference height used was 1.0

The units used were m.

Susceptibilities are in SI units.

Body 1

No. of corners is 15 Susceptibility : -0.021

Strike length : 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

0.791	43.479
2.687	43.479
4.426	38.044
6.639	48.913
8.852	32.609
12.426	47.826
14.019	80.435
15.453	145.652
15.931	210.869
18.495	347.826
18.179	565.218
6.797	630.435
0.316	581.522
0.000	353.261
0.000	228.261

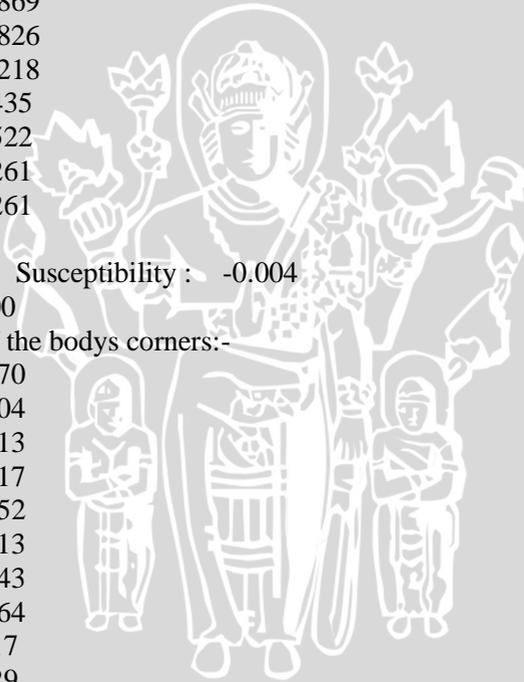
Body 2

No. of corners is 19 Susceptibility : -0.004

Strike length : 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

18.179	10.870
19.444	16.304
21.024	48.913
22.447	65.217
24.344	70.652
27.031	48.913
28.770	38.043
30.747	14.264
33.296	8.417
35.845	8.829
38.097	65.217
39.203	146.739
38.255	625.000
28.928	657.609
21.024	641.304
17.547	630.435



18.021	331.522
14.701	125.000
18.021	10.870

**Body 3**

No. of corners is 16 Susceptibility : 0.057

Strike length : 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

38.729	76.087
41.416	76.087
44.736	65.218
45.685	97.826
51.850	59.783
53.687	113.995
55.121	157.473
55.758	228.125
58.626	363.995
61.809	570.652
53.747	586.957
48.846	597.826
42.523	614.130
38.413	625.000
39.045	233.696
39.668	152.038

**Body 4**

No. of corners is 17 Susceptibility : -0.000

Strike length : 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

54.695	10.870
57.540	0.000
59.121	10.870
64.338	0.000
64.812	10.870
68.764	0.000
71.849	25.544
70.345	0.000
70.029	0.000
71.926	5.435
71.609	0.000
77.743	280.979

76.984	576.087
69.554	554.348
60.860	554.348
59.912	440.217
56.118	255.435

**Body 5**

No. of corners is 13    Susceptibility : -0.024

Strike length : 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

84.256	190.217
81.411	125.000
79.988	16.304
84.572	119.565
92.950	65.217
97.060	43.478
101.960	190.217
101.328	521.739
91.053	538.043
84.572	565.217
80.936	565.217
76.668	570.652
77.143	239.130

**Body 6**

No. of corners is 50    Susceptibility : -0.000

Strike length : 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

0.319	0.000
1.434	0.000
5.417	0.000
8.444	0.000
11.152	0.000
14.338	0.000
16.728	0.000
19.277	0.000
21.985	0.000
25.330	5.435
28.357	0.000
30.428	0.000
32.499	0.000





35.367	0.000
38.075	0.000
40.305	0.000
42.536	5.435
45.084	10.870
47.952	5.435
49.545	10.870
52.253	5.435
54.484	5.435
54.802	97.826
55.280	157.609
53.368	108.696
51.775	59.783
45.881	92.391
44.447	70.652
38.712	70.652
35.845	5.435
31.065	10.870
27.561	38.043
24.852	59.783
21.825	48.913
19.914	21.739
18.958	5.435
17.843	0.000
16.728	43.478
16.090	70.652
15.134	114.130
13.541	70.652
12.108	43.478
9.718	27.174
7.169	38.043
4.620	32.609
2.708	32.609
1.275	32.609
0.319	38.043
0.159	114.130
0.000	163.043

Body 7

No. of corners is 31 Susceptibility : 0.000

Strike length : 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

72.008	0.000
74.557	0.000
77.424	0.000
80.929	0.000
85.071	0.000
89.373	0.000
93.037	0.000
96.860	0.000
99.568	0.000
102.117	0.000
102.436	130.435
102.117	184.783
100.046	130.435
98.453	81.522
97.019	32.609
93.833	54.348
90.010	81.522
86.346	97.826
84.753	114.130
81.885	59.783
79.814	10.870
80.292	59.783
81.089	125.000
83.797	179.348
81.885	201.087
79.336	217.391
76.787	228.261
74.716	141.304
73.601	70.652
72.327	27.174
72.008	5.435



Body 8

No. of corners is 28 Susceptibility : 0.099

Strike length : 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

0.318	592.391
2.389	608.696

5.849	619.565
9.081	625.000
11.698	597.826
14.338	592.391
17.231	570.652
17.389	614.130
19.286	630.435
21.507	652.174
24.186	652.174
26.241	652.174
28.676	668.478
30.983	652.174
32.181	733.696
35.208	820.652
38.234	847.826
40.783	896.739
42.536	940.217
43.014	967.391
40.465	978.261
38.394	983.696
26.605	983.696
16.887	978.261
6.372	972.826
-0.000	967.391
-0.000	788.043
-0.000	668.478

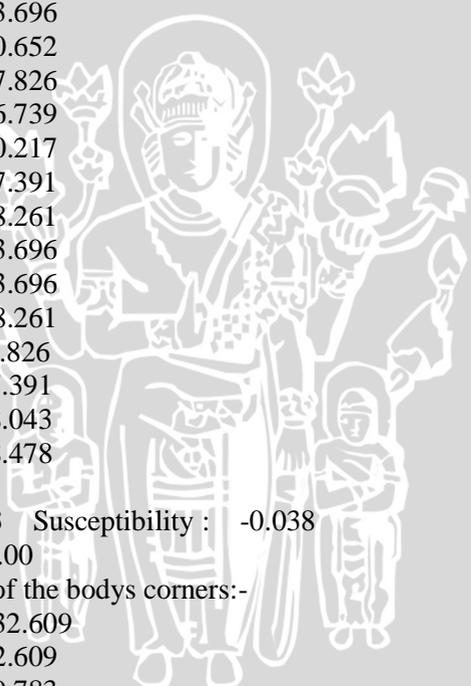
**Body 9**

No. of corners is 23 Susceptibility : -0.038

Strike length : 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

102.595	532.609
95.321	532.609
87.302	559.783
81.407	570.652
72.874	559.783
67.341	548.913
64.998	608.696
63.246	668.478
61.334	782.609



58.785	880.435
57.033	972.826
59.582	978.261
68.184	967.391
75.194	989.131
80.770	989.131
85.071	972.826
92.559	989.131
97.497	978.261
102.117	972.826
102.755	951.087
102.436	760.870
102.436	625.000
102.595	527.174

**Body 10**

No. of corners is 18 Susceptibility : -0.034

Strike length : 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

31.066	646.739
39.987	625.000
51.138	597.826
57.351	581.522
61.651	548.913
64.679	565.217
67.658	554.348
64.839	608.696
61.015	777.174
57.670	934.783
56.236	978.261
50.660	989.130
46.040	978.261
42.854	967.391
37.781	847.826
32.880	771.739
32.181	706.522
31.384	663.043



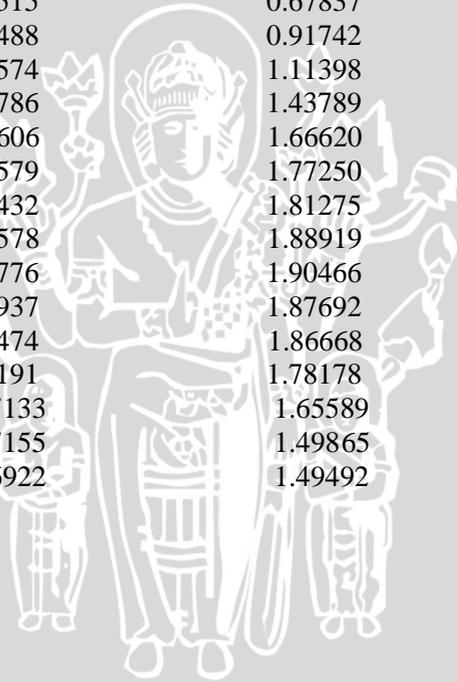
Position  
0.0

Observed Field  
3.25811

Calculated Field  
8.02097

2.0	4.10153	7.26575
4.1	5.00583	6.44257
5.4	5.03032	5.87356
6.1	4.95221	5.56247
8.2	4.45322	4.63569
10.2	3.91424	3.66628
11.9	3.42511	2.85186
12.3	3.29613	2.65689
14.3	2.57306	1.60387
16.4	1.79475	0.52089
18.3	0.98229	-0.52185
18.4	0.94999	-0.56020
20.5	0.00645	-1.58858
22.5	-1.04461	-2.52846
24.5	-2.24464	-3.39912
24.8	-2.40145	-3.50186
26.6	-3.61441	-4.31262
28.6	-5.20394	-5.47500
30.7	-7.04980	-7.13592
31.2	-7.60291	-7.70199
32.7	-9.12321	-9.43087
34.8	-11.43929	-12.18522
36.8	-13.92784	-14.88805
37.7	-14.93933	-15.88812
38.9	-16.35529	-16.99685
40.9	-18.39539	-18.23475
43.0	-19.54860	-18.62024
44.2	-19.59826	-18.51232
45.0	-19.52790	-18.31187
47.0	-18.47963	-17.48213
49.1	-16.93466	-16.27297
50.6	-15.70192	-15.19684
51.1	-15.18340	-14.78772
53.2	-13.34774	-13.10797
55.2	-11.66908	-11.32074
57.1	-10.31596	-9.93288
57.3	-10.14176	-9.83556
59.3	-8.68782	-8.87730
61.4	-7.40555	-7.30330

63.4	-6.26662	-5.89735
63.5	-6.21616	-5.85364
65.5	-5.20075	-5.38689
67.5	-4.25099	-4.19955
69.5	-3.40138	-3.99802
70.0	-3.24425	-3.91723
71.6	-2.61600	-3.18360
73.6	-1.90768	-2.31447
75.7	-1.27401	-1.40628
76.4	-1.06950	-1.09551
77.7	-0.69811	-0.58102
79.8	-0.18372	0.11652
81.8	0.26515	0.67837
82.9	0.46488	0.91742
83.9	0.65574	1.11398
85.9	0.98786	1.43789
88.0	1.25606	1.66620
89.3	1.39579	1.77250
90.0	1.46432	1.81275
92.0	1.61578	1.88919
94.1	1.70776	1.90466
95.8	1.73937	1.87692
96.1	1.74474	1.86668
98.2	1.73191	1.78178
100.2	1.67133	1.65589
102.2	1.57155	1.49865
102.3	1.56922	1.49492



**Lampiran 5**  
**Nilai suseptibilitas batuan**

Type	Suseptibility x 10 <sup>3</sup> (SI)	
	Range	Average
<b>Sedimentary</b>		
Dolomite	0 – 0.09	0.1
Limestones	0 – 3	0.3
Sandstones	0 – 0.20	0.4
Shales	0.01 – 15	0.6
Av. Sedimentary	0 – 18	0.9
<b>Metamorphic</b>		
Amphibiolite		0.7
Schist	0.3 – 3	1.4
Phyllite		1.5
Gneiss	0.1 – 25	
Quartzite		4
Serpentine	3 – 17	
Slate	0 – 35	6
Av. 61 metamorphic	0 – 70	4.2
<b>Igneous</b>		
Granite	0 – 50	2.5
Rhyolite	0.2 – 35	
Dolorite	1 – 35	17
Augite – Syenite	30 – 40	
Olivine – Diabase		25
Diabase	1 – 160	55
Porphyry	0.3 – 200	60
Gabbro	1 – 90	70
Basalt	0.2 – 175	70
Diorite	0.6 – 120	85
Pyroxenite		125

Peridotite	90 – 200	150
Andesite		160
Av. Acidic igneous	0 – 80	8
Av. basic igneous	0.5 – 97	25
<b>Minerals</b>		
Graphite		0.1
Quartz		-0.01
Rock Salt		-0.01
Anhydrite, gypsum		-0.01
Calcite	-0.001 – (-0.001)	
Coal		0.02
Clays		0.2
Chalcopyrite		0.4
Sphalerite		0.7
Cassiterite		0.9
Siderite	1 – 4	
Pyrite	0.05 – 5	1.5
Limonite		2.5
Arsenophyrite		3
Hematite	0.5 – 35	6.5
Chromite	3 – 110	7
Franklinite		430
Phyrotite	1 – 6000	1500
Ilmenite	300 – 3500	1800
Magntite	1200 – 19200	6000

(Sumber : Telford, 1990)



## Lampiran 6

### Proton Precision Magnetometer (PPM)



Proton Precision Magnetometer (PPM), digunakan untuk mengukur medan magnet total. Dengan spesifikasi:

1. Tipe : GEOMETRICS G-856 Memory-Mag™ PPM
2. Resolusi : 0.1 Gamma dan ketelitian :  $\pm 1$  gamma pada skala penuh
3. Jangkauan : 20 hingga 90 kilogammas
4. Display : 6 digit untuk tampilan harga magnetik lapangan
5. Toleransi gradien : hingga 1800 gammas/meter