

**PEMODELAN BAWAH PERMUKAAN MAAR GUNUNGAPI
BERDASARKAN ANALISIS DATA MAGNETIK
(Studi Kasus di Daerah Ranu Segaran Merah, Desa Andungsari,
Kecamatan Tiris, Kabupaten Probolinggo, Provinsi Jawa Timur)**

SKRIPSI

Oleh:

AHMAD NASICH LUTHFI

NIM. 11640038



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2017**

**PEMODELAN BAWAH PERMUKAAN MAAR GUNUNGAPI
BERDASARKAN ANALISIS DATA MAGNETIK
(Studi Kasus di Daerah Ranu Merah, Desa Andungsari, Kecamatan Tiris,
Kabupaten Probolinggo, Provinsi Jawa Timur)**

SKRIPSI

**Diajukan kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**Oleh:
AHMAD NASICH LUTHFI
NIM. 11640038**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2017**

HALAMAN PERSETUJUAN

**PEMODELAN BAWAH PERMUKAAN MAAR GUNUNGAPI
BERDASARKAN ANALISIS DATA MAGNETIK
(Studi Kasus di Daerah Ranu Merah, Desa Andungsari, Kecamatan Tiris,
Kabupaten Probolinggo, Provinsi Jawa Timur)**

SKRIPSI

Oleh:

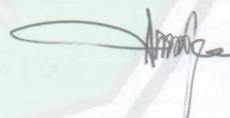
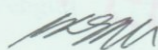
AHMAD NASICH LUTHFI

NIM. 11640038

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji,
Pada tanggal: 10 Desember 2016

Pembimbing I,

Pembimbing II,



Irjan, M.Si

Erika Rani M.Si

NIP. 19691231 200604 1 003

NIP. 19810613 200604 2 002

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika



Erna Hastuti, M. Si

NIP. 19811119 200801 2 009

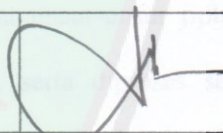
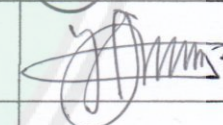
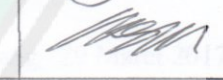
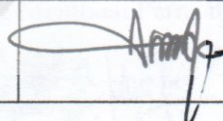
HALAMAN PENGESAHAN

PEMODELAN BAWAH PERMUKAAN MAAR GUNUNGAPI
BERDASARKAN ANALISIS DATA MAGNETIK
(Studi Kasus di Daerah Ranu Merah, Desa Andungsari, Kecamatan Tiris,
Kabupaten Probolinggo, Provinsi Jawa Timur)

SKRIPSI


Oleh:
AHMAD NASICH LUTHFI
NIM.11640038

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: ..14.Maret.2017

Penguji Utama	: <u>Drs. Abdul Basid, M.Si</u> NIP. 19650504 199003 1 003	
Ketua Penguji	: <u>Imam Tazi, M.Si</u> NIP. 19740730 200312 1 002	
Sekretaris Penguji	: <u>Irjan, M.Si</u> NIP. 19691231 200604 1 003	
Anggota Penguji	: <u>Erika Rani, M.Si</u> NIP. 19810613 200604 2 002	

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Fisika




Erna Hastuti, M.Si
NIP. 19811119 200801 2 009

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : AHMAD NASICH LUTHFI
NIM : 11640038
Jurusan : FISIKA
Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI
Judul Penelitian : PEMODELAN BAWAH PERMUKAAN
MAAR GUNUNGAPI BERDASARKAN
ANALISIS DATA MAGNETIK (Studi Kasus
di Daerah Ranu Merah, Desa Andungsari,
Kecamatan Tiris, Kabupaten Probolinggo,
Provinsi Jawa Timur)

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan maka saya bersedia untuk mempertanggung jawabkan, serta diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, 29 Maret 2017
Yang Membuat Pernyataan,



Ahmad Nasich Luthfi
NIM. 11640038

MOTTO

“Barang siapa sungguh-sungguh di jalan-Nya, Allah beri petunjuk pada jalan-Nya”

وَالَّذِينَ جَاهَدُوا فِينَا لَنَهْدِيَنَّهُمْ سُبُلَنَا وَإِنَّ اللَّهَ لَمَعَ الْمُحْسِنِينَ ﴿٦٩﴾

“dan orang-orang yang berjihad untuk (mencari keridhaan) Kami, benar-benar akan Kami tunjukkan kepada mereka jalan-jalan kami. dan Sesungguhnya Allah benar-benar beserta orang-orang yang berbuat baik.” (Q.S Al-Ankabut: 69)

مَنْ خَرَجَ فِي سَبِيلِ اللَّهِ

“Barang siapa keluar untuk mencari ilmu maka dia berada di jalan Allah” (H.R. Turmudzi)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk kedua orang tuaku Dawami dan Aminah, serta keluargaku tercinta yang telah memberikan semangat, do'a, motivasi, nasihat dan kasih sayang serta semua pengorbanannya.



KATA PENGANTAR



Puji Syukur kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat Sehat wal afiyat sehingga penulis dapat menyumbangkan hasil karya ilmiah dan pemikiran melalui sebuah tulisan kecil yang diajukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dari Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang dengan judul PEMODELAN BAWAH PERMUKAAN MAAR GUNUNG API BERDASARKAN ANALISIS DATA MAGNETIK (Studi Kasus di Daerah Ranu Merah, Desa Andungsari, Kecamatan Tiris, Kabupaten Probolinggo, Provinsi Jawa Timur).

Tidak lupa penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah memberikan motivasi dan inspirasi hingga skripsi ini dapat diselesaikan, semoga Allah SWT membalas dengan segala kebaikan yang telah membantu dengan tulus dan ikhlas kepada:

1. Prof. Dr. Mudjia Rahardjo, selaku Rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. DR.drh. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Erna Hastuti, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Alm. Novi Avisena M.Si dan Irjan M.Si selaku dosen pembimbing yang telah memberikan petunjuk, pengarahan dengan sabar dan teliti serta waktu yang diluangkan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
5. Erika Rani M.Si selaku dosen pembimbing Integrasi Sains dan Islam yang telah membantu, memberikan masukan dan arahan terhadap permasalahan integrasi dalam skripsi ini.
6. Seluruh Dosen Fisika, Dosen Agama, Ustadz-Ustadzah PKPBA dan Ma'had Sunan Ampel al-Aly yang telah mengamalkan ilmunya kepada penulis selama menimba ilmu di UIN Maliki Malang.

7. Kedua Orang tua, Bapak Dawami dan Ibu Aminah yang telah memberikan motivasi dan mendukung penulis menyelesaikan skripsi.
8. Seluruh Teman-Teman GEOPHYSICS '10, '11 dan '12, seluruh Fisika Angkatan 2011 yang tidak disebutkan satu persatu, terimakasih atas semangat dan dukungannya karena tanpa adanya kalian penulis tidak akan bisa mengerjakan skripsi ini.
9. Mas Luthfian yang telah membagi ilmunya dan mengajari penulis software Oasis Montaj.
10. Teman-teman tercinta tim Pengambilan data Mas Munir, Fika, Zahro, Nita, Robicca, teman-teman UGM (Mbak Galuh, Mbak Arum, Mbak Ninik, Mas Prastowo, Mas Septian), teman-teman dari Unej (Obi, Deri, Umik dan mas Jun) terimakasih atas keikhlasan dan kerja kerasnya dalam pengambilan data.
11. Semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu-persatu, kami ucapkan terimakasih banyak atas bantuan, dan motifasinya.

Semoga Allah SWT membalas kebaikan dan semua amal ibadah atas bantuan dan bimbingan semua pihak-pihak selama penulisan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan bagi penulis pada khususnya.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dan ketidaksempurnaan dalam tulisan-tulisan kecil ini, oleh karena itu, penulis masih membutuhkan kritik dan saran sebagai pengembangan ilmu pengetahuan agar dapat bermanfaat untuk kita semua.

Malang, 29 Maret 2017

Penulis

DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
ABSTRAK	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Batasan Masalah	7
1.5 Manfaat Penelitian	7
BAB II KAJIAN PUSTAKA	8
2.1 Struktur Bumi dalam Al-Qur'an	8
2.2 Gunungapi	13
2.2.1 Definisi Gunungapi	13
2.2.2 Maar Gunungapi	16
2.3 Tinjauan Geologi Daerah Penelitian	17
2.3.1 Tinjauan Morfologi	17
2.3.2 Tinjauan Geologi	18
2.3.3 Tinjauan Stratigrafi	21
2.4 Prinsip Dasar Magnetik	23
2.4.1 Gaya Magnetik	23
2.4.2 Medan Magnetik	24
2.4.3 Momen Magnetik	24
2.4.4 Intensitas Kemagnetan	24
2.4.5 Suseptibilitas Magnetik	25
2.4.6 Magnet Permanen	30
2.4.7 Induksi Magnetik	31
2.4.8 Kurva Histeresis	31
2.5 Medan Magnet Bumi	34
2.6 Transformasi Medan Magnetik	39
2.6.1 Reduksi Bidang Datar	39
2.6.2 Kontinuasi ke Atas	41
2.6.3 Analisis Sinyal	42
BAB III METODE PENELITIAN	43
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	43
3.2 Instrumentasi Penelitian	44
3.3 Data Penelitian	44

3.4 Metode Pengambilan Data	45
3.5 Metode Pengolahan Data	45
3.5.1 Koreksi Harian dan Koreksi IGRF	46
3.5.2 Reduksi ke Bidang Datar	46
3.5.3 Reduksi ke Kutub	47
3.5.4 Kontinuasi ke Atas	47
3.6 Pemodelan Geologi	48
3.7 Tahap Interpretasi Data	48
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	51
4.1 Pengambilan Data	51
4.2 Pengolahan Data	52
4.2.1 Elevasi	52
4.2.2 Medan Magnet Total	54
4.2.3 Anomali Magnetik	55
4.2.4 Reduksi ke Bidang Datar	58
4.2.5 Reduksi ke Kutub (<i>Reduction to the Pole</i>)	60
4.3 Interpretasi Kualitatif	62
4.3.1 Kontinuasi ke Atas (<i>Upward Continuation</i>)	62
4.3.2 Analisis Sinyal	67
4.4 Interpretasi Kuantitatif	68
4.4.1 Penampang Melintang Lintasan A-B	71
4.4.2 Penampang Melintang Lintasan C-D	73
4.4.3 Penampang Melintang Lintasan E-F	76
4.4.4 Penampang Melintang Lintasan A-B, C-D dan E-F	79
4.5 Integrasi Penelitian dengan al-Qur'an dan al-Hadist	82
BAB V PENUTUP	85
5.1 Kesimpulan	85
5.2 Saran	85
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Lapisan Bumi	10
Gambar 2.2	Penampang Melintang Kawah Maar yang Dibentuk oleh Letusan Freatik dan Freatomagmatik.....	16
Gambar 2.3	Peta Geologi Lembar Probolinggo.....	19
Gambar 2.4	Peta Dasar Daerah Penelitian	20
Gambar 2.5	Kurva histeresis	33
Gambar 2.6	Medan Magnet Bumi.....	35
Gambar 2.7	Impuls Anomali Magnetik Sebelum (A) dan Sesudah (B) Direduksi Ke Kutub	40
Gambar 2.8	Ilustrasi Kontinuasi ke Atas	41
Gambar 2.9	Hasil Keluaran dari Sinyal Analitik	42
Gambar 3.1	Cakupan Area Penelitian.....	43
Gambar 3.2	Diagram Alir Penelitian	50
Gambar 4.1	Kontur Elevasi/Ketinggian Daerah Penelitian	53
Gambar 4.2	Kontur Intensitas Medan Magnet Total	54
Gambar 4.3	Kalkulator IGRF	56
Gambar 4.4	Nilai IGRF.....	57
Gambar 4.5	Kontur Anomali Medan Magnet Total.....	57
Gambar 4.6	Kontur Anomali Magnet Total setelah Reduksi Bidang Datar pada Ketinggian 500 meter	59
Gambar 4.7	Kontur Anomali Lokal Hasil Reduksi ke Kutub.....	61
Gambar 4.8	Kontur Anomali Regional Hasil Kontinuasi ke Atas pada Ketinggian 1000 meter	64
Gambar 4.9	Kontur Anomali Lokal Hasil Kontinuasi ke Atas pada Ketinggian 1000 meter	65
Gambar 4.10	Pola Kontur Anomali Regional terhadap Ketinggian	66
Gambar 4.11	Peta Kontur Analisis Sinyal	68
Gambar 4.12	Anomali Lokal dengan Sayatan Berbagai Lintasan	70
Gambar 4.13	Bentuk Kurva Anomali Observasi dan Kurva Anomali Pemodelan Lintasan A-B	71
Gambar 4.14	Penampang 2D Bawah Permukaan Lintasan A-B	72
Gambar 4.15	Bentuk Kurva Anomali Observasi dan Kurva Anomali Pemodelan Lintasan C-D	74
Gambar 4.16	Penampang 2D Bawah Permukaan Lintasan C-D	75
Gambar 4.17	Bentuk Kurva Anomali Observasi dan Kurva Anomali Pemodelan Lintasan E-F	77
Gambar 4.18	Penampang 2D Bawah Permukaan Lintasan E-F	78
Gambar 4.19	Model 3D Penampang Lintasan A-B, C-D dan E-F	80

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Lapisan Bumi	9
Tabel 2.2 Kelompok Bahan Magnetik	27
Tabel 2.3 Daftar <i>Susceptibilitas</i> Magnetik Beberapa Batuan.....	28
Tabel 2.4 Daftar <i>Susceptibilitas</i> Magnetik Beberapa Mineral	29



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Data Hasil Penelitian Geomagnetik
- Lampiran 2 Langkah Kerja
- Lampiran 3 Dokumentasi Penelitian
- Lampiran 4 Bukti Konsultasi Skripsi



ABSTRAK

Luthfi, Ahmad Nasich. 2016. **Pemodelan Bawah Permukaan Maar Gunungapi Berdasarkan Analisis Data Magnetik** (*Studi Kasus di Daerah Ranu Segaran Merah, Desa Andungsari, Kecamatan Tiris, Kabupaten Probolinggo, Provinsi Jawa Timur*) Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Irjan, M.Si (II) Erika Rani, M.Si

Kata Kunci: Anomali Medan Magnet, Struktur Geologi, Maar Gunungapi

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui anomali magnetik lokal, struktur geologi, dan arah aliran magma yang ada di maar segaran merah. Metode yang dipakai adalah metode geomagnetik, alat yang digunakan adalah Proton Processing Magnetometer (PPM) Geotron Model G5 sebagai *rover* dan Geomatrix Magnetometer digunakan sebagai *base station*, setiap titik pengukuran diberikan perlakuan sebanyak 5 kali pengambilan data dan diambil nilai yang paling sering muncul (*modus*). Data yang diperoleh berupa data medan magnet bumi (nT) sebanyak 68 titik dengan metode pengambilan data adalah metode *Ring* (melingkar) sebanyak 3 *Ring*. Jarak antara satu titik dengan yang lainnya untuk ring pertama adalah 10 meter, ring kedua adalah 150 meter dan ring ketiga adalah 250 meter pada luas area penelitian 3000 m x 3000 m. Interpretasi dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif, untuk kualitatif dilakukan dengan software *Geosoft Oasis Montaj* sedangkan untuk interpretasi kuantitatif dilakukan dengan software *GM-SYS*. Hasil penelitian diperoleh nilai anomali lokal positif berkisar antara 0.1 nT sampai 533.7 nT ditafsirkan sebagai batuan batuan lava dan andesit, sedangkan anomali magnet negatif dengan nilai anomali lokal berkisar antara -274.5 nT sampai -4.3 nT ditafsirkan sebagai batuan sedimen (tufa), piroklastik dan batuan yang sudah mengalami proses demagnetisasi. Bekas aliran magma diduga berasal dari arah barat laut menuju ke arah tenggara melewati Ranu Segaran Merah. Pada daerah penelitian ini didominasi oleh batuan Gunungapi Lamongan yang terdiri dari pasir, tuff halus-lapili, breksi vulkanik, lava lamongan dan basalt. Ranu Segaran Merah merupakan maar yang berbentuk cekungan yang terbentuk akibat letusan eksplosif kemungkinan telah memotong muka air tanah, sehingga aliran air tanah bergerak melalui pori-pori batuan atau rekahan dan terakumulasi pada cekungan yang terbentuk dan menjadi danau.

ABSTRACT

Luthfi, Ahmad Nasich. 2016. **Subsurface Modeling of Maar Volcano Based on Magnetic Data Analysis** (Case Study on the Region of Ranu Segaran Merah, Andungsari Village, Tiris District, Probolinggo, East Java) Department of Physics, Faculty of Science and Technology State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisors: (I) Irjan, M.Si (II) Erika Rani, M.Si

Keywords: Magnetic Field Anomaly, structure of Geology, Maar Volcano

This study aims to determine the local magnetic anomalies, structure of geology, and the direction of magma flow in Segaran Merah maar. This study used geomagnetic method and the tool was used Proton Processing Magnetometer (PPM) Geotron Model G5 as rover and Geomatrix Magnetometer as base station. In each location plot measurement it was given 5 times of data retrieval treatments and its most frequently appeared value. Furthermore, it was obtained the 68 observation plots of the earth's magnetic field data using the 3 Ring data retrieval method. The distance between two points on the first ring was 10 meters, the second ring was 150 meters and the third ring was 250 meters over the area of research of 3000 m x 3000 m. The qualitative interpretation was done with the software of Geosoft Oasis Montaj while the quantitative interpretation was done by software of GM-SYS. Based on qualitative interpretation, it was obtained positive local magnetic field anomaly whose range from 0.1 nT to 533.7 nT interpreted as rocks and andesite lava rock. In addition the negative local magnetic field anomaly had a range from -274.5 nT to -4.3 nT interpreted as sedimentary rocks (tuff) and pyroclastic rocks, demagnetized rocks. Former magma flow estimated coming from the northwest to the south east passing trough Ranu Segaran Merah. This study area was dominated by volcanic rocks of Lamongan consisting of sand, fine-lapilli tuff, volcanic breccia, Lamongan lava and basalt. Ranu Segaran Merah is maar shaped as basin. It was formed by the explosive eruption which was suspected cut off the ground water level. Therefore, the groundwater flowed through rock pores or fractures and finally accumulated in the formed basin and created lake.

المخلص

لطفى , أحمد ناصح. 2016. نموذج تحت سطحية مار بركان استنادا تحليل البيانات المغناطيسي (دراسة حالة في منطقة رانو سغران ميراہ قرية أندونغساري, ناحية تيريس, محافظة فروبولينغا, بمقاطعة جاوة الشرقية) قسم الفيزياء, كلية العلوم والتكنولوجيا جامعة مولانا مالك إبراهيم مالانج الحكومية الإسلامية. المشرف: (1) إرجان الماجيستر, (2) اريكا راني الماجيستر

كلمات البحث: الشاذة ميدان المغناطيسي , بنایة الجيولوجيا , مار بركان

تهدف هذا البحث إلى معرفة الشاذة المغناطيسية المحلية, بنایة الجيولوجيا , و اتجاه دفق الحمم البركانية في مار سغران ميراہ. الطريقة المستخدمة هي طريقة المغناطيسية الأرضية, الأداة المستخدمة هي بروتون معالجة المغناطيسية (PPM) جيوترون نموذج G5 باعتبارها روفر و جيوماتريش المغناطيسية لمحطة قاعدة, تعطى كل نقطة قياس العلاج بقدر 5 مرات في استرجاع البيانات و تأخذ القيمة التي تظهر في معظم الأحيان (ماودوس). البيانات المحسولة عليها في شكل حقل الأرض البيانات المغناطيسية (nT) يصل الى 68 نقطة مع طريقة استرجاع البيانات بطريقة الدائري (دائر) 3 حلقة. المسافة بين نقطة واحدة إلى أخرى في الحلقة الأولى هي 10 مترا, و الحلقة الثانية هي من 150 مترا, والثالثة هي 250 مترا على مجال البحث من 3000 م × 3000 م. التفسير كما عمل به كينيا و نوعيا , أما كينيا فيبرنامج غيو صوفة أواسي مونتاچ و للتفسير الكمي بواسطة برنامج GM-SYS. كانت نتيجة البحث بنيل قيمة الشاذة المحلية الإيجابية التي تتراوح بين 0.1 nT إلى 533.7 nT يفسر على صخور الحمم و صخور الأنديزيت, في حين أن التغيرات المغناطيسية السلبية مع قيمة الشاذة المحلية تتراوح بين -274.5 nT إلى 4.3- تفسر كصخور الرسوبية (طوفا), فيروكلاستيك و اصخور التي مرت بعملية ديمغناطيسية يزعم اثر دفق الحمم البركانية جاءت من الشمال الغربي إلى الجنوب الشرقي بمرور رانو سغران ميراہ. في هذا مجال البحث تهيمن عليها الصخور البركانية لامونجان تتكون من الرمال, طوف الطف-لافيلى, بريشيا البركانية, الحمم لامونجان من البازلت. يتشكل رانو سغران ميراہ حوض شكلتها احتمالات اندلاع متفجرة قطعت مستوى المياه الجوفية حتى أن تدفق المياه الجوفية تتحرك بمرور مسام الصخور أو الكسور وتتراكم في المنخفضات تشكلت وأصبحت البحيرات.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Wilayah Indonesia terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik yaitu lempeng Eropa-Asia, lempeng Indonesia-Australia dan lempeng Pasifik. Ketiga lempeng tersebut melakukan tumbukan dengan gerakan-gerakan yang konstan akibat gaya endogen bumi. Hal itu menyebabkan adanya peninggian dan penurunan permukaan tanah.

Akibat letaknya pada pertumbukan antar lempeng-lempeng yang berlainan sifat magmanya, yaitu lempeng Asia yang asam dan lempeng Indo-Australia dan Pasifik yang basa, maka gunungapi di Indonesia lebih bersifat eksplosif. Sedangkan gunungapi yang timbul di zona pemekaran (*zona of spreading center*) seperti Hawaii dan Islandia yang bersifat lebih efusif. Indonesia terletak dalam daerah Cincin Api Pasifik (*Ring of Fire*) yaitu wilayah melingkar dimana batas-batas lempeng bertemu yang mengakibatkan munculnya banyak gunungapi.

Di dalam teori yang sudah ada saat ini banyak disebutkan bahwa erupsi pembentuk maar, adalah erupsi tipe freatomagmatik, dimana letusan dipicu oleh kontak magma dengan fluida air yang banyak terdapat di akuifer atau batuan yang banyak mengandung air, sehingga menghasilkan tekanan cukup besar dan memicu erupsi yang bersifat eksplosif dan melontarkan batuan dinding, uap air, dan juga juvenil primer, namun hal ini menarik untuk dibuktikan dengan cara melihat bukti dan kenampakan di lapangan, dan mensurvei apakah bukti-bukti tersebut benar-

benar bisa dijumpai di lapangan, dan hasil material-material erupsi pembentuk maar tersebut.

Pembentukan gunungapi maar oleh diperkirakan berhubungan dengan keadaan air tanah, litologi batuan dasar, dan pengaruh struktur rekahan. Gunungapi maar merupakan tipe gunungapi terbanyak kedua yang muncul di permukaan bumi, umum ditemukan terletak di atas benua maupun kepulauan. Gunungapi Lamongan merupakan gunungapi muda dari Gunung Tarub yang posisinya berada di bagian timur. Pertumbuhan Gunung Lamongan diawali pensesaran tubuh Gunung Tarub yang berarah tenggara sampai barat laut. Pensesaran ini mengakibatkan bagian barat Gunung Tarub runtuh, kemudian pada bagian ini tumbuh Gunung Lamongan. Diantara gunungapi aktif yang tersebar di Jawa Timur, Gunung Lamongan merupakan gunungapi yang menarik. Di Gunung Lamongan terdapat sekitar 64 pusat erupsi parasit yang terdiri dari 37 kerucut vulkanik dan 27 buah "maar". Aspek lain yang membuat gunungapi ini berbeda adalah bahwa Gunung Lamongan merupakan gunungapi yang berkomposisi basaltis.

Danau maar adalah danau yang terbentuk akibat aktivitas vulkanis (gunung berapi). Danau maar terbentuk jika ada air di dalam kawah baik gunung berapi yang aktif maupun mati. Dalam istilah geologi dan vulkanologi, danau vulkanik dikenal sebagai maar. Maar terjadi akibat letusan vulkanik yang berbentuk bundar dan berdinding terjal. Maar terbentuk oleh letusan freatik dan freatomagnetik dalam sekali masa aktif.

Manusia diciptakan oleh Allah SWT di bumi ini dengan memiliki keterbatasan indrawi dalam melihat semua yang ada di langit dan di bumi, maka Allah memberikan petunjuk bagaimana seharusnya menggali seluruh antero jagad ini. Allah berfirman dalam surah (ar- Rahman: 33):

يَمَعَشَرَ الْجِنِّ وَالْإِنْسِ إِنَّ اسْتَطَعْتُمْ أَنْ تَنْفُذُوا مِنْ أَقْطَارِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ
فَأَنْفُذُوا لَا تَنْفُذُونَ إِلَّا بِسُلْطَنِ ۖ

“Hai jama'ah jin dan manusia, jika kamu sanggup menembus (melintasi) penjuru langit dan bumi, Maka lintasilah, kamu tidak dapat menembusnya kecuali dengan kekuatan.”(ar- Rahaman: 33)

Ayat al-Quran di atas dalam dimensi dunia memiliki arti bahwa manusia dan jin ditantang oleh Allah SWT untuk dapat menembus, melintasi dan menjelajah daerah-daerah samawi (luar angkasa) dan bumi agar bisa mengambil manfaatnya bagi kehidupan (Shihab, 2002).

Dalam ayat tersebut ditunjukkan bahwa kata kunci untuk menembus, mengarungi bumi dan langit ini adalah dengan kekuatan. السلطان adalah kekuatan untuk menguasai suatu perkara, kekuasaan, kemampuan dan bukti-bukti semua tergolong السلطان (Shihab, 2002).

Lokasi penelitian adalah Ranu Segaran Merah, terletak di sebelah timur Gunung Lamongan dan di sebelah barat Gunung Argapura. Secara administratif, Ranu Segaran Merah masuk pada Desa Andungsari, Kecamatan Tiris, Kabupaten Probolinggo, Provinsi Jawa Timur. Gunung Lamongan merupakan sebuah gunungapi yang cukup terkenal karena karakteristik yang dikelilingi oleh banyak maar, baik maar kering (*dry maar*) maupun yang telah terisi air dan menjadi

danau (*water-filled maar*). Gunung Lamongan, atau biasa disebut *Lamongan Volcanic Field (LVF)* memiliki sekitar 61 kerucut sinder dan 29 maar. Salah satu dari maar yang berada pada LVF ini adalah Ranu Segaran Merah.

Survei geofisika adalah survei awal yang bertujuan untuk memetakan geologi bawah permukaan berkenaan struktur geologi, stratigrafi, morfologi dan litologi batuan. Terdapat beberapa metode dalam survei geofisika diantaranya metode gravitasi (*gravity method*), metode magnetik (*magnetic method*), metode geolistrik resistivitas (*resistivity method*) dan potensial diri (*self potential method*). Dalam penelitian ini akan diterapkan metode magnetik (*magnetic method*) sebagai survei awal untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

Litologi adalah deskripsi batuan berdasarkan karakter fisiknya. Oleh karena itu litologi batuan ditentukan dengan metode magnetik. Metode ini digunakan untuk mengetahui sifat-sifat fisik batuan yang ada di bawah permukaan. Selain itu metode ini juga digunakan untuk eksplorasi pendahuluan panasbumi, dan pencarian prospek benda-benda arkeologi. Target pengukuran metode magnetik yaitu anomali magnetik. Anomali magnetik adalah medan magnetik yang terukur di permukaan bumi. Anomali magnetik dihasilkan dari batuan yang mengandung mineral bermagnet di kerak bumi.

Metode Magnetik menerapkan prinsip kemagnetan bumi untuk mengetahui anomali magnetik yang disebabkan perbedaan nilai suseptibilitas batuan di bawah permukaan. Metode magnetik digunakan dalam survei ini karena adanya perubahan yang terjadi antara lain turun atau hilangnya suatu sifat kemagnetan (demagnetisasi) dari batuan yang disebabkan oleh perbedaan litologi

batuan bawah permukaan ranu. Metode magnetik dapat digunakan untuk mengetahui struktur, stratigrafi, morfologi dan litologi batuan bawah permukaan.

Penelitian terdahulu sebagai penunjang penelitian ini adalah penelitian mengenai karakterisasi endapan Maar Ranu Segaran, Ranu Agung, dan Ranu Katak serta evolusi magma pembentuk maar di Kecamatan Tiris, Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur (Prakosa, 2013). Endapan material hasil erupsi maar Ranu Segaran, Ranu Katak, Ranu Kembar dan Ranu Agung yang dijumpai di lapangan terbagi menjadi tiga jenis, yaitu: endapan jatuhan piroklastik, endapan aliran piroklastik, dan endapan piroklastik. Komposisi mineralogi batuan penyusunnya berdasarkan analisis petrografis dan SEM-EDX didominasi oleh plagioklas tipe andesin, ortopiroksen hipersten, dan klinopiroksen augit sebagai fenokris, serta untuk massa dasarnya tersusun oleh mikrolit plagioklas, mineral opak (magnetit), dan gelas vulkanik. Sedangkan karakteristik komposisi kimia dari material hasil erupsi maar-maar tersebut memiliki kandungan SiO_2 berkisar antara 46,38-57,77 % dan tingkat alkalinitas magma *High-K calc-alkaline* hingga *calc-alkaline*.

Jenis erupsi pembentuk Maar Ranu Segaran dan sekitarnya adalah jenis freatomagmatik, dibuktikan dari adanya pengaruh air yang signifikan berdasarkan kenampakan *accretionary lapili* dan struktur silangsiur pada endapan piroklastik. Mekanisme pengendapan pada endapan jatuhan piroklastik, adalah pengendapan langsung melalui media udara oleh gaya gravitasi. Mekanisme pengendapan endapan aliran piroklastik (*block & ash flow*) adalah melalui arus dengan konsentrasi partikel tinggi. Sedangkan mekanisme pengendapan endapan

piroklastik yang memiliki ukuran butir rata-rata 0,5-2 mm, dan *poorly sorted* adalah melalui arus dengan konsentrasi partikel rendah (Prakosa, 2013).

Ranu Segaran Merah dan danau kecil lain yang berada di sekitar Gunung Lamongan merupakan bukti adanya perkembangan maar yang mengindikasikan adanya aktivitas magmatik. Selain itu proses evolusi magma yang ada di Kompleks Gunungapi Lamongan juga cukup menarik untuk diketahui dan diteliti lebih lanjut. Belum adanya peneliti yang melakukan penelitian terhadap masalah tersebut, membuat penelitian ini dirasa penting untuk dilakukan.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pola sebaran anomali medan magnetik di daerah studi berdasarkan interpretasi data magnetik ?
2. Bagaimana struktur geologi bawah permukaan di daerah studi berdasarkan intepretasi data magnetik ?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui pola sebaran anomali medan magnetik di daerah studi berdasarkan interpretasi data magnetik.
2. Untuk mengetahui struktur geologi bawah permukaan di daerah studi berdasarkan interpretasi data magnetik.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi mengenai model geologi yang dapat memberikan gambaran bawah permukaan pada daerah penelitian.

2. Menambah wawasan sebagai pengembangan penelitian akademisi dalam bidang geofisika, geokimia, geologi dan geoteknik selanjutnya serta pihak lain yang membutuhkan terkait penelitian ini.

1.5 Batasan Masalah

1. Batasan masalah pada penelitian ini difokuskan hanya pada Ranu Segaran Merah di Desa Andungsari Kecamatan Tiris Kabupaten Probolinggo dengan cakupan area penelitian (3000 m x 3000 m) terletak pada koordinat $7^{\circ}58'46''$ - $8^{\circ}0'17''$ LS dan $113^{\circ}22'60''$ - $113^{\circ}24'24''$ BT.
2. Metode geofisika yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode geomagnetik .
3. Pengolahan data menggunakan *software Geosoft (Oasis Montaj v.7.01, GM-SYS dan Surfer 13)*.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Struktur Bumi dalam Al-Qur'an

Setelah para ilmuwan menemukan bahwa bumi berbentuk bulat telur kemudian mereka menduga bahwa inti bumi ini mempunyai nukleus dan cangkangnya merupakan kerak bumi yang sangat tipis jika dibandingkan dengan ukuran bumi, diantara dua lapis ini ada lapisan ketiga yang disebut dengan kata mantel. Tiga Lapisan bumi tidak cukup lama bertahan karena penemuan-penemuan yang terbaru di sistem geologi. Hal itu diketahui sesudah alat-alat pengukur dikembangkan dan memberi para ilmuwan perbedaan yang jelas antar lapisan lapisan bumi bagian dalam. Menurut penelitian para ahli terbaru, lapisan bumi ini berlapis tujuh. Ternyata sebelum itu Al-Qur'an sudah membicarakannya, tepatnya di dalam surat Ath-Thalaq ayat 12 (Ahmadi, 1998):

اللَّهُ الَّذِي خَلَقَ سَبْعَ سَمَوَاتٍ وَمِنَ الْأَرْضِ مِثْلَهُنَّ يَتَنَزَّلُ الْأَمْرُ بَيْنَهُنَّ لِتَعْلَمُوا أَنَّ اللَّهَ
 عَلَىٰ كُلِّ شَيْءٍ قَدِيرٌ وَأَنَّ اللَّهَ قَدْ أَحَاطَ بِكُلِّ شَيْءٍ عِلْمًا ﴿١٢﴾

“Allah-lah yang menciptakan tujuh langit dan seperti itu pula bumi. Perintah Allah berlaku padanya, agar kamu mengetahui bahwasanya Allah Maha Kuasa atas segala sesuatu, dan sesungguhnya Allah ilmu-Nya benar-benar meliputi segala sesuatu” (Q.S Ath-Thalaq: 12).

Para ahli fisika dalam bidang kebumihan (*Geophysics*) telah menemukan sekaligus memberikan pembuktian ilmiah mengenai apa yang tercantum dalam Al-Qur'an, bahwa struktur bumi memang tersusun atas tujuh lapisan. Lapisan itu antara lain (Ahmadi, 1998):

Tabel 2.1 Lapisan Bumi (Ahmadi, 1998)

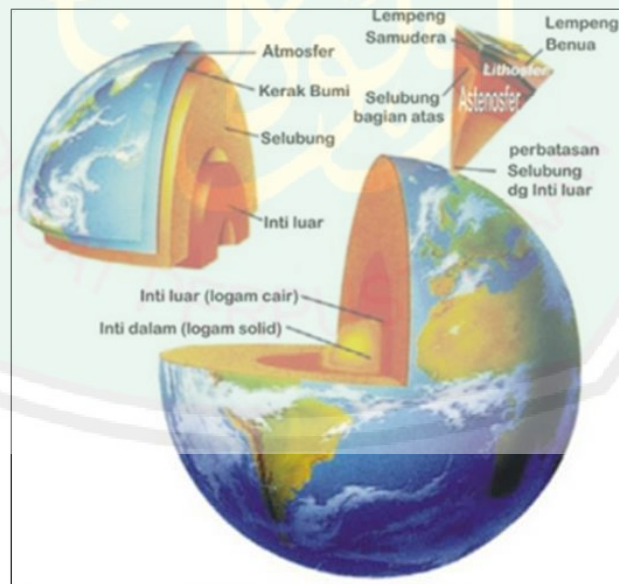
Nama Lapisan	Kedalaman	Kandungan	Keterangan
(Centrosphere) Inti Bumi	5.150 – 6.370 kilometer (3.219 – 3.981 mil)	besi 90%, Nikel 9%, ditambah unsur-unsur ringan lainnya	1,7% dari massa bumi
Lapisan Luar Inti Bumi	2.890 – 5.150 kilometer (1.806 – 3.219 mil)	10% dari lapisan terdiri dari sulfur dan oksigen	30,8% dari massa Bumi
Lapisan Terbawah Pita Bumi	2.700 – 2.890 kilometer (1.688 – 1.806 mil)	4% dari massa mantel (lapisan)-kerak	3% dari massa Bumi
Mantel Bawah	650 – 2.890 kilometer (406 mil -1806)	72,9% dari massa mantel-kerak dan terutama terdiri dari silikon, magnesium, dan oksigen dan sebagian unsur zat besi, kalsium, dan aluminium	49,2% dari massa Bumi
Mantel Tengah	kedalaman 400-650 kilometer (250-406 mil)	mengandung 11,1% dari massa mantel-kerak dan merupakan sumber magma basaltik	7,5% dari massa Bumi
Mantel Atas	kedalaman 10-400 kilometer (6-250 mil)	Olivine (Mg, Fe) $2SiO_4$ dan piroksen (Mg, Fe) SiO_3	10,3% dari massa Bumi
Litosfer (Kerak samudera)	kedalaman 0-10 kilometer (0-6 mil)	mengandung 0,147% dari massa mantel-kerak dan akumulasi tumpukan basalt	0,099% dari massa Bumi

Hal ini tidak hanya terdapat dalam Al-Qur'an, tetapi dalam sebuah Hadits pun Rasulullah pernah bersabda tentang bumi yang terdiri dari tujuh lapisan, sebagaimana Hadist berikut ini (An-Najjar, 2006):

مَنْ ظَلَمَ مِنَ الْأَرْضِ شَيْئًا طَوَّقَهُ مِنْ سَبْعِ أَرْضِينَ

“Barang siapa berbuat kedzaliman (menyerobot tanah lain meski hanya) sebatas satu jengkal saja, maka ia akan dikalungkan kepadanya dari tujuh (lapis) Bumi” (H.R Bukhari).

Hadist ini diriwayatkan oleh Al-Bukhari dalam Shahih Al-Bukhariy pada kitab Al-Madzalim wa Al-Ghashb dan Bad’ Al-Wahy, dan Imam Muslim di dalam Shahih Muslim pada kitab Al-Musaqah. Hadist ini juga dilansir oleh Imam Bin Hanbal dengan matan yang sama di dalam musnadnya. Hadist ini secara umum berisi larangan tentang berbuat kedzaliman yaitu berupa penyerobotan tanah milik orang lain dan hukumannya, disamping mengisyaratkan tentang adanya tujuh (lapis) bumi (An-Najjar, 2006).



Gambar 2.1 Lapisan Bumi (An-Najjar, 2006)

Setiap lapisan bumi mempunyai sifat atau kandungan mineral yang berbeda-beda, sesuai dengan kedalaman lapisan atau sesuai dengan keadaan

geologi lapisan tersebut. Keadaan lapisan bumi seringkali tampak dari warnanya, sebagai contoh tanah lempung yang berwarna kemerah-merahan akan lain sifatnya dengan tanah yang berwarna hitam kecoklat-coklatan. Tanah berbukit yang berwarna putih biasanya banyak mengandung kapur. Ada pula lapisan tanah yang berwarna kuning dan ini menunjukkan tanah tersebut banyak mengandung belerang. Keadaan geologi lapisan bumi yang dibedakan dari warnanya, ternyata diungkapkan juga di dalam Al-Qur'an, lihatlah ayat berikut ini (Wardhana, 2004):

أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ ثَمَرَاتٍ مُخْتَلِفًا أَلْوَانُهَا وَمِنَ الْجِبَالِ جُدَدٌ بَيْضٌ وَحُمْرٌ مُخْتَلِفٌ أَلْوَانُهَا وَغَرَابِيبُ سُودٍ

“Tidakkah kamu melihat bahwasanya Allah menurunkan hujan dari langit lalu Kami hasilkan dengan hujan itu buah-buahan yang beraneka macam jenisnya. dan di antara gunung-gunung itu ada garis-garis putih dan merah yang beraneka macam warnanya dan ada (pula) yang hitam pekat” (Q.S Al-Fathir: 27).

Firman Allah tersebut di atas sesuai benar dengan keadaan geologi lapisan tanah yang senyatanya. Bahkan dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi pada saat ini, manusia telah dapat melakukan observasi keadaan di bumi melalui penginderaan jarak jauh lewat satelit atau pesawat terbang dan hasil pengindraannya dibedakan dari warna hasil pemotretan keadaan di bumi (Wardhana, 2004).

Kata (جُدَد) judad adalah bentuk jamak dari kata (دَجَّة) juddah yakni jalan. Kata (أَضْيَد) bidh adalah bentuk jamak dari kata (أَضْيَد) abyadh, kata (وَسَد) sud adalah bentuk jamak dari kata (أَسْوَد) aswad/hitam, dan kata (رَمَد) humur adalah bentuk jamak dari kata (أَحْمَر) ahmar. Adapun kata (رَغَابِيْب) gharabib adalah bentuk jamak dari kata (بَيْرَغ) ghirbib yaitu yang pekat (sangat) hitam.

Sebenarnya istilah yang lumrah dipakai adalah (رغوسد بييد) sud gharabib/hitam pekat, tetapi redaksi ayat ini membalikinya untuk menggambarkan kerasnya kepekaan itu (Shihab, 2002).

Menurut tim penyusun *Tafsir Al-Muntakhah* kemukjizatan ayat ini dari segi ilmu pengetahuan bukan saja tampak ketika ia menyebutkan bahwa warna gunung yang bermacam-macam itu disebabkan adanya perbedaan materi-materi yang terkandung oleh bebatuan gunung-gunung itu. Jika materinya besi, maka warna dominannya adalah merah; jika materinya batubara, maka warna dominannya adalah hitam; jika materinya perunggu, maka gunung tersebut berwarna kehijau-hijauan; dan seterusnya. Tidak hanya sampai disitu, kemukjizatan ayat ini sebenarnya sangat menonjol ketika ia mengaitkan adanya berbagai jenis buah-buahan meskipun pepohonannya disiram dengan air yang sama, dengan penciptaan gunung-gunung yang beraneka warna-merah, putih atau hitam meskipun juga berasal dari suatu materi yang sama di dalam perut bumi. Materi ini oleh para geolog, dinamakan magma yang muncul di berbagai kawasan bumi. Akan tetapi, karena kemunculan magma itu dari kedalaman yang berbeda akhirnya mengkristal membentuk gundukan-gundukan atau gunung-gunung yang beraneka ragam warna dan materinya. Demikianlah sebenarnya kesatuan hukum Allah. Meskipun bentuknya beraneka ragam, tetapi berasal dari materi yang satu. Semua itu adalah untuk kemudahan dan kemanfaatan umat manusia (Shihab, 2002).

2.2 Gunungapi

2.2.1 Definisi Gunungapi

Gunungapi adalah tempat keluarnya magma ke permukaan bumi membentuk suatu kerucut raksasa, di bagian atasnya seperti terpancung dan bila didatangi ke puncak biasanya terdapat sesuatu yang terbentuk kubah atau bukit atau sebuah lubang besar yang disebut kawah dan kadang-kadang kawah tersebut terisi air membentuk suatu danau. Gunungapi berbeda dengan gunung, bukit atau pegunungan yang bukan berapi. Pada daerah gunungapi atau bekas akan terdapat perbedaan yang dicirikan oleh adanya mata air panas, adanya suatu kawah (lubang bekas letusan) dan adanya sumber-sumber uap yang berbau belerang dan adanya bukit atau kubah di dekat puncaknya. Gunungapi terdapat pada jalur-jalur tertentu di muka bumi ini, yaitu pada jalur pegunungan tengah samudera, pada jalur pertemuan dua buah lempeng kerak bumi dan pada titik-titik panas di muka bumi tempat keluarnya magma di benua maupun di samudera (Alzwar, 1988).

Dalam sebuah ayat Al-Qur'an Allah SWT berfirman (An-Naml: 88)

وَتَرَى الْجِبَالَ تَحْسَبُهَا جَامِدَةً وَهِيَ تَمُرُّ مَرَّ السَّحَابِ صُنِعَ اللَّهُ الَّذِي أَتَقَنَ كُلَّ شَيْءٍ إِنَّهُ خَيْرٌ بِمَا تَفْعَلُونَ ﴿٨٨﴾

“Dan kamu lihat gunung-gunung itu, kamu sangka dia tetap di tempatnya, padahal ia berjalan sebagai jalannya awan. (Begitulah) perbuatan Allah yang membuat dengan kokoh tiap-tiap sesuatu; Sesungguhnya Allah Maha mengetahui apa yang kamu kerjakan” (An-Naml: 88).

Ayat di atas menjelaskan bahwa gunung-gunung memang tidak diam di tempat, tetapi berjalan seperti jalannya awan. Hanya karena kita bersama-sama dengan gunung-gunung itu berada di atas lempeng benua maka kita sulit

merasakan dan melihat pergerakannya. Awan tidak bergerak sendiri, tetapi digerakkan oleh angin. Demikian pula dengan lempeng samudera dan benua yang bergerak karena adanya aliran konveksi magma di bawah lapisan litosfer bumi. Seandainya kita hidup di atas lempeng samudera dan melihat gunung berapi di atas lempeng benua, pasti kita akan melihat bahwa gunung-gunung tersebut memang berjalan seperti jalannya awan (Sudarmojo, 2008).

Al Qur'an mengarahkan perhatian kita pada fungsi geologis penting dari gunung. Dalam sebuah ayat Al-Qur'an Allah SWT berfirman:

وَجَعَلْنَا فِي الْأَرْضِ رَوَاسِيَ أَنْ تَمِيدَ بِهِمْ وَجَعَلْنَا فِيهَا فِجَاجًا سُبُلًا لَّعَلَّهُمْ يَهْتَدُونَ



"Dan telah Kami jadikan di bumi ini gunung-gunung yang kokoh supaya bumi itu (tidak) goncang bersama mereka..." (Al-Anbiyaa': 31).

Sebagaimana terlihat, dinyatakan dalam ayat tersebut bahwa gunung-gunung berfungsi mencegah goncangan di permukaan bumi. Kenyataan ini tidaklah diketahui oleh siapapun di masa ketika Al-Qur'an diturunkan. Nyatanya, hal ini baru saja terungkap sebagai hasil penemuan geologi modern (Sudarmojo, 2008).

Menurut penemuan ini, gunung-gunung muncul sebagai hasil pergerakan dan tumbukan dari lempengan-lempengan raksasa yang membentuk kerak bumi. Ketika dua lempengan bertumbukan, lempengan yang lebih kuat menyelip di bawah lempengan yang satunya, sementara yang di atas melipat dan membentuk dataran tinggi dan gunung. Lapisan bawah bergerak di bawah permukaan dan membentuk perpanjangan yang dalam ke bawah. Ini berarti gunung mempunyai

bagian yang menghujam jauh ke bawah yang tak kalah besarnya dengan yang tampak di permukaan bumi.

Dalam sebuah ayat, peran gunung seperti ini diungkapkan melalui sebuah perumpamaan sebagai "pasak":

أَلَمْ نَجْعَلِ الْأَرْضَ مَهْدًا ۖ وَالْجِبَالَ أَوْتَادًا ۚ

"Bukankah Kami telah menjadikan bumi itu sebagai hamparan?, dan gunung-gunung sebagai pasak?" (An-Naba':6-7).

Dengan kata lain, gunung-gunung menggenggam lempengan-lempengan kerak bumi dengan memanjang ke atas dan ke bawah permukaan bumi pada titik-titik pertemuan lempengan-lempengan ini. Dengan cara ini, mereka memancang kerak bumi dan mencegahnya dari terombang-ambing di atas lapisan magma atau di antara lempengan-lempengannya. Singkatnya, kita dapat menyamakan gunung dengan paku yang menjadikan lembaran-lembaran kayu tetap menyatu (Sudarmojo, 2008).

Peran penting gunung yang ditemukan oleh ilmu geologi modern dan penelitian gempa, telah dinyatakan dalam Al-Qur'an berabad-abad lampau sebagai suatu bukti hikmah Maha Agung dalam ciptaan Allah.

2.2.2 Maar Gunungapi

Menurut Schieferdecker dalam Bronto (1986) maar adalah suatu cekungan yang umumnya terisi air, berdiameter mencapai 2 km, dan dikelilingi oleh endapan hasil letusannya. Gunung api maar yang cekungan kawahnya tidak berisi air disebut maar kering. Maar juga diartikan sebagai kerucut gunungapi

monogenesis yang memotong batuan dasar di bawah permukaan air tanah dan membentuk kerucut berpematang landai yang tersusun oleh rempah gunungapi berbutir halus hingga kasar, mempunyai diameter kawah bervariasi antara 100-3000 m, yang sering terisi air sehingga membentuk danau (Bronto, 1986).



Gambar 2.2 Penampang Melintang Kawah Maar yang Dibentuk oleh Letusan Freatik dan Freatomagmatik (Bronto, 1986)

Pandangan dari atas, baik menggunakan foto udara, citra satelit, maupun peta rupabumi, menunjukkan bahwa kawah gunungapi maar memperlihatkan penampakan lingkaran (*circular features*) atau cekungan melingkar (*circular depressions*). Maar banyak ditemukan sebagai kerucut skoria. Kebanyakan letusan maar terjadi pada lingkungan geologi gunungapi besar bersusunan basal seperti yang ditemukan di Fort Rock, Chrismast Lake Valley Oregon. Munculnya magma ke permukaan hingga menyentuh air tanah tersebut, dikontrol oleh rekahan (sesar) sebagai akibat gaya ekstensi. Di Indonesia dan selain di kawasan Gunungapi Muria, maar antara lain terdapat di kompleks Gunung api Dieng, Jawa Tengah, sekitar Gunungapi Lamongan, Kabupaten Lumajang, Jawa Timur, di kaki

Gunungapi Cerme, Jawa Timur dan di kaki Gunungapi Gamalama di Pulau Ternate (Bronto, 1986).

2.3 Tinjauan Geologi Daerah Penelitian

2.3.1 Tinjauan Morfologi

Gunung Lamongan (1671 m dpl) yang dikelilingi banyak kerucut eksentrik atau parasit (*epigones*). Gunung Lamongan dan kerucut-kerucut "*epigones*" tersebut terletak pada sayatan depresi sumbu antiklin Pulau Jawa (Van Bemmelen, 1949).

Hasil analisis morfologi Gunung Lamongan (Jawa Timur), menunjukkan bahwa morfologi puncak gunung tersebut telah menunjukkan adanya perubahan atau perpindahan pusat letusan, dari timur ke barat, yaitu dari Gunung Tarub, Gunung Candi dan Gunung Lamongan sendiri. Bahan lepas gunungapi yang pernah dimuntahkan Gunung Lamongan tersebar ke arah barat laut, barat dan tenggara dengan membentuk kipas aluvial. Pada lerengnya banyak dijumpai kerucut-kerucut kecil, ditafsir sebagai kerucut parasiter. Sedang di sekitar kaki gunung tampak adanya bentuk-bentuk topografi positif dan negatif yang berselang-seling dan mempunyai kecenderungan tersebar memancar (Alzwar, 1988).

2.3.2 Tinjauan Geologi

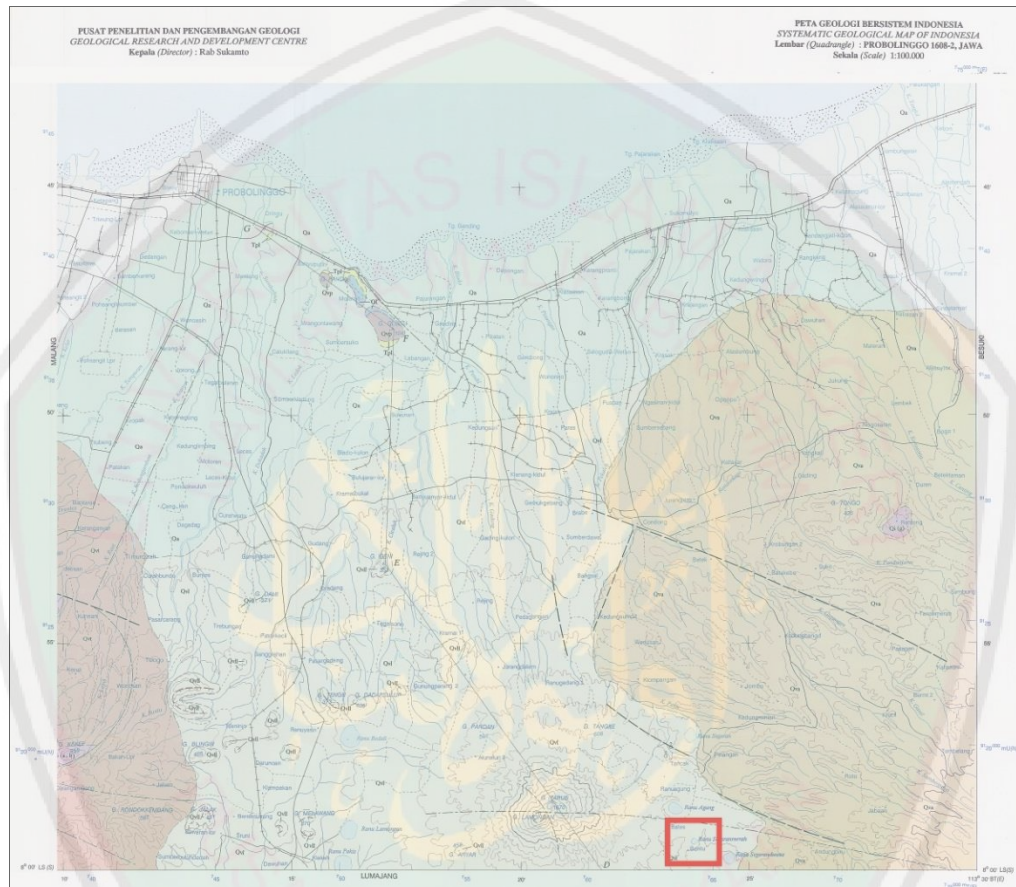
Berdasarkan data geologi menunjukkan bahwa produk Gunungapi Lamongan dapat dikelompokkan menjadi produk erupsi pusat Gunung Tarub (Lamongan Tua), Lamongan Muda (Lamongan Sekarang), hasil erupsi samping, erupsi eksentrik, erupsi freatik, dan endapan sekunder (Sukhyar, 1980).

Urutan satuan batuan produk Gunung Lamongan dari tua ke muda sebagai berikut (Carn, 1999):

1. Endapan Piroklastik Pandan (PDP): terdiri dari piroklastik, pasir lapilli sampai bom skoria
2. Lava Lamongan Tua (Llt): lava basalt olivin
3. Lava Erupsi Samping Tua Lamongan (Llst) tua basalt olivin
4. Lava Muda Lamongan (Llm): lava basalt olivin
5. Endapan piroklastik Geni (GP): terdiri dari piroklastika lepas, skoria, basaltik
6. Lava Parang (Pl): lava basalt piroksima
7. Endapan Piroklastik Lamongan (Lp): terdiri dari bahan piroklastika yang tersusun oleh andesit basaltik terubah dan basalt skoria, lepas sampai tergabung lemah
8. Lava Erupsi Samping Muda Gunung Lamongan (Llsm): jenis batuan basalt, olivin dan piroksin dalam masa dasar kaca gunungapi dan mikrokristalin
9. Endapan Lahar Muda (Elm): endapan lahar tergabung lemah sampai kuat, terdiri dari bongkah lava basalt, masa dasar pasir lanau tufaan Sedangkan di bawah produk Gunung Lamongan adalah Gunung Tarub dan Gunung Argopuro.


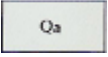
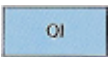
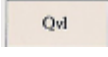


Hasil erupsi kawah pusat sebagian besar terdiri atas lava dan jatuhan piroklastik, sedangkan hasil erupsi samping umumnya berupa aliran lava, sedangkan erupsi eksentrik terdiri atas lava saja atau piroklastik dan kombinasi lava serta piroklastik. Adapun hasil proses sekunder umumnya berupa lahar dan endapan fluviatil. Data geologi baik dari peneliti terdahulu maupun dari hasil

penyelidikan langsung di lapangan tidak ditemukan adanya produk erupsi Gunung Lamongan yang berupa endapan aliran piroklastik.



Gambar 2.3 Peta Geologi Lembar Probolinggo (Suharsono dan Suwarti, 1992)

Keterangan:

	Lokasi penelitian	: Lokasi Penelitian
	Aluvium	: Lempung, lumpur, pasir, kerikil kerakal, bongkah dan sisa tanaman
	Batu gamping Koral	: Batu gamping, koral dan batu gamping pasiran
	Batuan Gunungapi Lamongan	: Lava, tuff halus-lapili, lahar, dan breksi gunungapi
	Lava Lamongan	: Lava andesit-basal
	Batuan Gunungapi Argopuro	: Lava andesit-basal, breksi gunungapi



Gambar 2.4 Peta Dasar Daerah Penelitian (Suharsono dan Suwarti, 1992)

Batuan gunungapi Lamongan (Q_{vl}) meliputi tuf, lahar, breksi gunungapi, lava. Batuan gunungapi ini merupakan hasil kegiatan Gunungapi Lamongan dan dari pusat erupsi parasit yang ada pada lerengnya. Sebenarnya cukup luas di bagian tengah lembar dan menindih batuan Gunungapi Argopuro. Ke selatan sebenarnya menerus hingga lembar Lumajang (Suharsono dan Suwarti, 1992).

Lava Lamongan (Q_{vl}) berwarna coklat kelabu dan kehitaman, berulung-ulang, berstruktur alir: porfiritik dengan fenokris plagioklas, piroksen dan mineral mafik yang tertanam dalam masa dasar mikrolit plagioklas dan kaca gunungapi bersusunan andesit-basaltik. Lava ini keluar melalui kerucut-kerucut parasiter pada lereng atau kaki Gunung Lamongan, dan membentuk gawir atau tebing kawah. Di beberapa tempat terbentuk maar dengan tebing curam hingga landai. Beberapa maar terisi air atau kering, dan ini merupakan ciri dari Gunung Lamongan (Suharsono dan Suwarti, 1992).

Breksi bewarna kelabu kehitaman, berkomponen adesit, basal, mineral mafik dan sedikit batu apung yang bewarna kelabu tua, berukuran 3-25 cm. menyudut tanggung-membundar tanggung, tertanam dalam masa dasar tuf pasir (Suharsono dan Suwarti, 1992).

Tuf berukuran halus-lapili: berkomponen batu apung, kepingan batuan dan kaca gunungapi (Suharsono dan Suwarti, 1992).

Lahar berkomponen andesit, basal, batuapung, obsidian, berstruktur aliran, setempat membentuk gumuk pada lereng Gunung Lamongan (Suharsono dan Suwarti, 1992).

2.3.3 Tinjauan Stratigrafi

Gunung Lamongan, telah ditetapkan sebagai daerah tempat berkembangnya gunungapi maar atau gunungapi dengan topografi negatif. Pembentukan gunungapi maar diperkirakan berhubungan dengan keadaan airtanah, litologi batuan dasar, dan pengaruh struktur rekahan. Gunungapi maar merupakan tipe gunungapi terbanyak kedua yang muncul di permukaan bumi, umum ditemukan terletak di atas benua maupun kepulauan. Ranu Segaran dan danau kecil lain yang berada di sekitar Gunung Lamongan merupakan bukti adanya perkembangan maar yang mengindikasikan adanya aktivitas magmatik dan kontak magma dengan air.

Batuan dasar di bawah gunungapi Lamongan adalah batuan karbonat, yang apabila bersentuhan dengan magma dapat membentuk gas CO₂, sehingga menambah tekanan gas di bawah permukaan. Pada waktu letusan kawah Sinila, Dieng 1979, di dalam bahan lontaran banyak terdapat fragmen batu gamping dan

korat. Hal ini mendukung bahwa batu gamping dan air tanah di dalamnya ikut berperanan dalam meningkatkan volume dan tekanan gas. Secara umum, aktivitas gunungapi maar dapat berupa letusan freatik, freatomagmatik, dan magmatik. Letusan freatik terjadi jika pancaran panas magma bersentuhan dengan air tanah di dalam batuan dasar, yang kemudian berubah menjadi uap dengan tekanan semakin tinggi karena adanya batuan penudung (*caprocks*). Letusan freatik tersebut menghasilkan material hamburan dalam berbagai ukuran yang berasal dari batuan dasar (*non magmatic material* atau endapan hidroklastika) sebagai akibat proses letusan. Pada letusan freatomagmatik sebagian kecil komponen magma (*magmatic material*) sudah ikut terlontarkan ke luar, sedangkan bahan utama hasil letusan magmatik berasal langsung dari magma itu sendiri yang kemudian membentuk endapan piroklastika. Apabila tekanan gas di dalam magma itu sudah melemah, maka magma keluar secara lelehan (*effusive eruptions*), dapat berupa aliran lava, kubah lava atau sumbat lava. Dengan demikian, secara lengkap rangkaian erupsi gunungapi maar diawali oleh letusan freatik, kemudian dilanjutkan dengan letusan freatomagmatik dan magmatik, serta diakhiri dengan erupsi lelehan lava (Bronto, 1986).

2.4 Prinsip Dasar Geomagnetik

Metode magnetik adalah salah satu metode geofisika untuk mengukur variasi medan magnetik di permukaan bumi. Variasi intensitas medan magnetik yang terukur kemudian ditafsirkan dalam bentuk distribusi bahan magnetik di bawah permukaan yang kemudian dijadikan dasar pendugaan keadaan geologi bawah permukaan. Metode magnetik sering digunakan dalam eksplorasi

pendahuluan minyak bumi, panas bumi dan batuan mineral serta bisa diterapkan pada pencarian prospek benda-benda arkeolog (Sarkowi, 2010).

2.4.1 Gaya Magnetik

Dasar dari metode magnetik adalah gaya Coulomb antara dua kutub magnet m_1 dan m_2 (emu) yang berjarak r (cm) dalam bentuk (Telford, 1979):

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

Dimana F adalah gaya yang bekerja diantara dua magnet dengan kuat medan magnet m_1 dan m_2 . μ adalah permeabilitas suatu medium dengan satuan Henry per meter (Hm^{-1}). Dalam medium hampa permeabilitas mutlak sama dengan μ_0 yang nilainya $4\pi \times 10^{-7} \text{Hm}^{-1}$.

2.4.2 Medan Magnetik

Kuat medan magnet (\vec{H}) ialah besarnya medan magnet pada suatu titik dalam ruangan yang timbul sebagai akibat adanya kuat kutub yang berada sejauh r dari titik m_1 (Telford, 1979):

$$\vec{H} = \frac{\vec{F}}{m_2} = \frac{m_1}{\mu_0 r^2} \vec{r} \quad (\text{oersted}) \quad (2.2)$$

dengan r adalah jarak titik pengukuran dari m_1 . \vec{H} mempunyai satuan A/m dalam SI sedangkan dalam cgs \vec{H} mempunyai satuan oersted.

2.4.3 Momen Magnetik

Di alam, kutub magnet selalu berpasangan atau disebut dipole (kutub+ dan kutub-), yang dipisahkan oleh jarak l . Momen magnetik (\vec{M}) didefinisikan sebagai (Siahaan, 2009):

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

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

2.4.4 Intensitas Kemagnetan

Intensitas kemagnetan dapat didefinisikan sebagai tingkat kemampuan menyerahkan momen-momen magnetik dalam medan magnetik luar dapat juga dinyatakan sebagai momen magnetik persatuan volume.

$$\vec{I} = \frac{\vec{M}}{V} = \frac{m\hat{r}}{V} \quad (2.4)$$

Satuan magnetisasi dalam cgs adalah gauss atau emu. Cm^{-3} dan dalam SI adalah Am^{-1} (Sarkowi, 2010).

2.4.5 Suseptibilitas Magnetik

Kemudahan suatu benda magnetik untuk dimagnetisasi ditentukan oleh suseptibilitas kemagnetan k yang dirumuskan dengan persamaan (Rian, 2008):

$$I = k \quad (2.5)$$

besaran yang tidak berdimensi ini merupakan parameter dasar yang digunakan dalam metode magnetik. Nilai suseptibilitas magnetik dalam ruang hampa sama dengan nol karena hanya benda berwujud yang dapat termagnetisasi (Kahfi, 2008).

Suseptibilitas magnetik dapat diartikan sebagai derajat kemagnetan suatu benda. Nilai suseptibilitas magnetik untuk setiap bahan berbeda-beda, hal ini bergantung dengan jenis bahan. Suseptibilitas magnetik ini akan menentukan sifat magnetik pada setiap bahan. Harga k pada batuan semakin besar apabila dalam

batuan semakin banyak dijumpai mineral-mineral yang bersifat magnetik. Setiap batuan yang terdiri dari bermacam-macam mineral, yang memiliki sifat magnetik dan susceptibilitas yang berbeda dan dikelompokkan pada 3 bagian yaitu (Sarkowi, 2010):

1. Diamagnetik

Batuan ini mempunyai susceptibilitas negative dan nilainya kecil serta susceptibilitas tidak bergantung pada temperature dan magnet luar H. Mineral ini mempunyai harga susceptibilitas $(-8 < 310) \times 10^{-6}$ emu, contoh: bismut, *gypsum*, marmer, dan lain-lain.

2. Paramagnetik

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

3. Ferromagnetik

Sifat yang dimiliki oleh material ini adalah susceptibilitas positif dan jauh lebih besar dari satu, serta nilai susceptibilitasnya bergantung pada temperatur. Nilai susceptibilitas mineral ini adalah $(100 < (1.6 \times 10^6)) \times 10^{-6}$ emu, contoh: besi, nikel dan kobal. Bahan-bahan ferromagnetik intensitas magnetisasi besarnya sejuta kali lebih besar dari pada bahan-bahan diamagnetik dan paramagnetik. Ferromagnetik dibagi menjadi dua yaitu (Sarkowi, 2010):

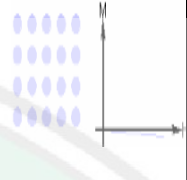
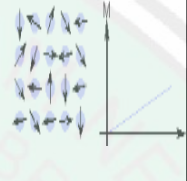
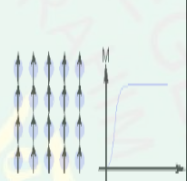
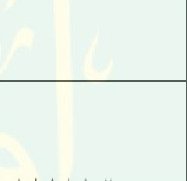
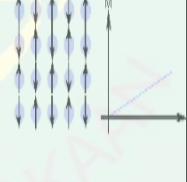
a. Antiferromagnetik

Pada bahan antiferromagnetik domain-domain tadi menghasilkan dipole magnetik yang saling berlawanan arah sehingga momen magnetik secara keseluruhan sangat kecil. Bahan antiferromagnetik yang mengalami cacat kristal dan susceptibilitasnya seperti pada bahan paramagnetik susceptibilitas k seperti paramagnetik, tetapi harganya naik sampai dengan titik *curie* kemudian turun lagi menurut hukum *curie-weiss*.

b. Ferrimagnetik

Pada bahan ferrimagnetik domain-domain tadi juga saling antipararel tetapi jumlah dipole pada masing-masing arah tidak sama sehingga masih mempunyai resultan magnetisasi cukup besar.

Tabel 2.2 Kelomok Bahan Magnetik (Sarkowi, 2010):

Sifat Magnetik	Suseptibilitas	Atomik/ Perilaku Magnetik	Arah Polarisasi	Contoh/ Suseptibilitas
<i>Diamagnetik</i>	Kecil dan negatif	Atom tidak memiliki momen magnetik		Au/ -2.74×10^{-5}
<i>Paramagnetik</i>	Kecil dan positif	Atom memiliki momen magnetik acak		Mn/ 66.1×10^{-5}
<i>Ferromagnetik</i>	Besar dan positif, fungsimedante rapan, tergantung mikro	Atom memiliki momen magnetik blok paralel		Fe/ -100.000
<i>Antiferromagnetik</i>	Kecil dan positif	Atom memiliki momen magnetik perpaduan antara blok paralel dan anti-paralel		Cr/ 3.6×10^{-5}
<i>Ferrimagnetik</i>	Besar dan positif, fungsimedante rapan, tergantung mikro	Atom memiliki momen magnetik anti-paralel		Ba/ ~3 ferrite

Tabel 2.3 Daftar *Susceptibilitas* Magnetik Beberapa Batuan (Telford, 1979)

<i>Type</i>	<i>Susceptibility x 10³ (SI)</i>	
	<i>Range</i>	<i>Average</i>
<i>Sedimentary</i>		
<i>Dolomite</i>	0 – 0.9	0.1
<i>Limestones</i>	0 – 3	0.3
<i>Sandstone</i>	0 – 20	0.4
<i>Shales</i>	0.01 – 15	0.6
<i>Av. 48 sedimentary</i>	0 – 18	0.9
<i>Methamorphic</i>		0.7
<i>Amphibolite</i>	0.3 – 3	1.4
<i>Schist</i>		1.5
<i>Phyllite</i>	0.1 – 25	
<i>Gneiss</i>		4
<i>Quartzite</i>	3 – 17	
<i>Serpentine</i>	0 – 35	6
<i>Slate</i>	0 – 70	4.2
<i>Av. 61 methamorphic</i>		
<i>Igneous</i>		
<i>Granite</i>	0 – 50	2.5
<i>Rhyolite</i>	0.2 – 35	
<i>Dolorite</i>	1 – 35	17
<i>Augite – syenite</i>	30 – 40	
<i>Olivine – diabase</i>		25
<i>Diabase</i>	1 – 160	55
<i>Phorphyry</i>	0.3 – 200	60
<i>Gabbro</i>	1 – 90	70
<i>Basalts</i>	0.2 – 175	70
<i>Diorite</i>	0.6 – 120	85
<i>Pyroxenite</i>		125
<i>Peridotite</i>	90 – 200	150
<i>Andesite</i>		160
<i>Av. Acidic igneous</i>	0 – 80	8
<i>Av. Basic igneous</i>	0.5 – 97	25

Untuk *suseptibitas*/kerentanan jenis mineral ada pada tabel 2.3 Harga chalcopyrite dan pirit adalah tipe dari mineral-mineral sulfide dimana umumnya nonmagnetik. Meskipun harga negatifnya sangat kecil, namun hal ini merupakan hasil dari survei yang teliti.

Tabel 2.4 Daftar *Susceptibilitas* Beberapa Mineral (Telford, 1979)

<i>Type</i>	<i>Susceptibility x 10³ (SI)</i>	
	<i>Range</i>	<i>Average</i>
<i>Mineral</i>		
<i>Graphite</i>		0.1
<i>Quartz</i>		-0.01
<i>Rock salt</i>		-0.01
<i>Anhydrite, gypsum</i>		-0.01
<i>Calcite</i>	-0.001 - -0.01	
<i>Coal</i>		0.02
<i>Clays</i>		0.2
<i>Chalcophyrite</i>		0.4
<i>Sphalerite</i>		0.7
<i>Cassiterite</i>		0.9
<i>Siderite</i>	1 – 4	
<i>Pyrite</i>	0.05 – 5	1.5
<i>Limonite</i>		2.5
<i>Arsenopyrite</i>		3
<i>Hematite</i>	0.5 – 35	6.5
<i>Chromite</i>	3 – 110	7
<i>Franklinite</i>		430
<i>Pyrrhotite</i>	1 – 6000	1500
<i>Ilmenite</i>	300 – 3500	1800
<i>Magnetite</i>	1200 – 19200	6000

Perubahan besar medan magnet yang dihasilkan oleh variasi intensitas kemagnetan formasi batuan diukur secara teliti dalam eksplorasi. Dan respon magnetik dari batuan pokok, secara umum adalah sebagai berikut (Robinson, 1988):

1. Batuan Sedimen; Karena sebagian besar batuan sedimen adalah magnetik yang diperoleh dari survei magnet sebagian besar disebabkan oleh lapisan batuan beku (*igneous*) basement. Besarnya ketebalan dari batuan sedimen pada daerah luas yang disurvei dapat terlihat jelas pada kontur magnetik. Besarnya mempunyai jangkauan suseptibilitas $(0-4000) \times 10^{-6}$ emu dengan rata-rata $(10-75) \times 10^{-6}$ emu. Contoh: dolomite, limestone, sandstone, dan shales.

2. Batuan Beku; Batuan beku mempunyai sifat magnetik yang bervariasi. Biasanya jenis acid (asam) dan cenderung bermagnetik lemah. Batuan beku mempunyai jangkauan suseptibilitas $(0-9710) \times 10^{-6}$ emu dengan rata-rata $(200-1350) \times 10^{-6}$ emu, contoh: granite, rhyolie, basal dan andesit.
3. Batuan Metamorf; Batuan metamorf merupakan ubahan dari batuan sedimen atau batuan beku akibat perubahan suhu dan atau tekanan yang cukup besar, sehingga batuan metamorf selalu mempunyai sifat magnet yang bervariasi (Robinson, 1988).

2.4.6 Magnet Permanen

Magnet permanen secara umum dibagi menjadi 5 jenis, diantaranya (Solihin, 2005):

1. Thermo Remanent (TRM)

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

2. Detritical Remanent (DRM)

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

3. Chemical Remanent (CRM)

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

4. Isothermal Magnetization (IRM)

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

5. Viscous Pemanent (VRM)

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

2.4.7 Induksi Magnetik

Bila benda magnetik diletakkan dalam medan magnet luar H , kutub-kutub internalnya akan menyerahkan diri dengan H dan terbentuk suatu medan magnet baru yang besarnya adalah (Telford, 1979):

$$H' = 4\pi kH \quad (2.6)$$

medan magnet totalnya disebut dengan induksi magnet B dan dituliskan sebagai:

$$B = m_r H \quad (2.7)$$

dengan $m_r = 1+4\pi k$ dan disebut sebagai permeabilitas relatif dari suatu benda magnetik. Satuan B dalam emu adalah gauss, sedangkan dalam geofisika eksplorasi dipakai $1g = 10^{-5} \text{ gauss} = 1\text{nT}$.

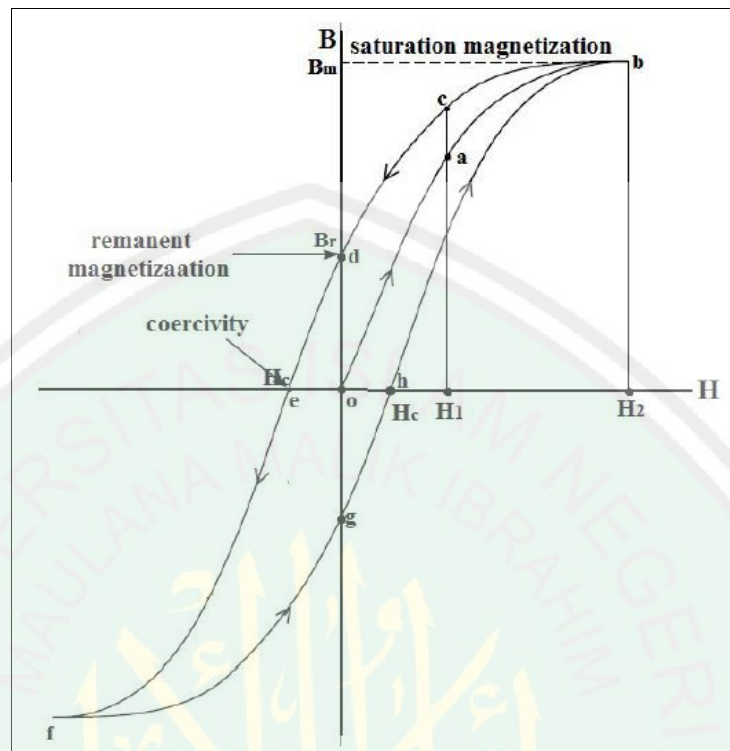
2.4.8 Kurva Histeresis

Pada dasarnya kurva histeresis (*hysteresis loop*) adalah kurva yang memperlihatkan hubungan antara magnetisasi (B) yang terjadi pada suatu bahan dengan medan magnet yang menimbulkannya (H). Pada bahan-bahan

paramagnetik hubungan antara B dan H bersifat linier. Pada bahan-bahan lain hubungan tersebut tak lagi linier.

Kurva histeresis diperoleh dengan cara memberikan medan magnet yang besar pada suatu arah kemudian diperkecil sehingga menuju nol dan selanjutnya dibalikkan pada arah yang berlawanan. Respon dari bahan akan memberikan informasi mengenai suatu bahan.

Jika μ tidak bergantung pada H , medium tersebut adalah medium linear. Grafik B terhadap H untuk medium tersebut adalah satu garis lurus. Dalam kebanyakan bahan, misalnya magnetit dan prihotit, hal tersebut tidak berlaku. Mineral magnetit misalnya, yang tidak termagnetisasi, diberi medan magnet luar H secara berkelanjutan (*continuously*), maka akan terjadi hubungan antara H yang bukan garis lurus tetapi magnetisasi melengkung oab (lihat Gambar 2.5). Titik a menunjukkan kondisi sesuai dengan naiknya medan luar H_1 . Jika H diperbesar sampai mencapai H_2 dan magnetisasi mencapai titik b, dimana dalam keadaan ini terjadi magnet induksi B_m . H kemudian diperkecil sampai kembali ke nilai H_1 , B akan mengecil tetapi tidak mengikuti naiknya H dari H_1 ke H_2 seperti semula. Perubahan kelengkungan antara naik dan turunnya H ini disebut Histeresis. Jika nilai H diperkecil lagi sampai 0, maka B tidak menjadi 0 tetapi menjadi B_r , titik inilah disebut magnet sisa (*remanence*) dan magnetit akan menjadi magnet permanen. Dengan membalik arah medan magnet H dan membesarkannya sampai H_c maka B akan menjadi 0 pada titik e. Nilai H_c pada titik ini disebut coercivitas (*coercivity*).



Gambar 2.5 Kurva histeresis (Santoso, 2002)

Sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 2.5, dibesarkannya H ke arah negatif, magnetisasi mengikuti lengkung sampai titik f yaitu nilai H dan B sama dengan pada titik b tetapi berlainan arah. Bilamana H dibalik arahnya dan diperkecil magnetisasi akan mengikuti lengkung $fgbh$. Pada titik g seperti halnya titik d , terjadi magnet sisa B_r tetapi dengan arah polarisasi yang berlawanan dengan B_r pada titik d . Seluruh lengkung $bdefghb$ disebut lengkung histeresis. Jika suatu lengkung histeresis mulai dari suatu titik pada lengkung magnetisasi, misalnya dari titik a , maka akan terdapat lengkung histeresis yang lebih kecil dalam lengkung besar (Santoso, 2002).

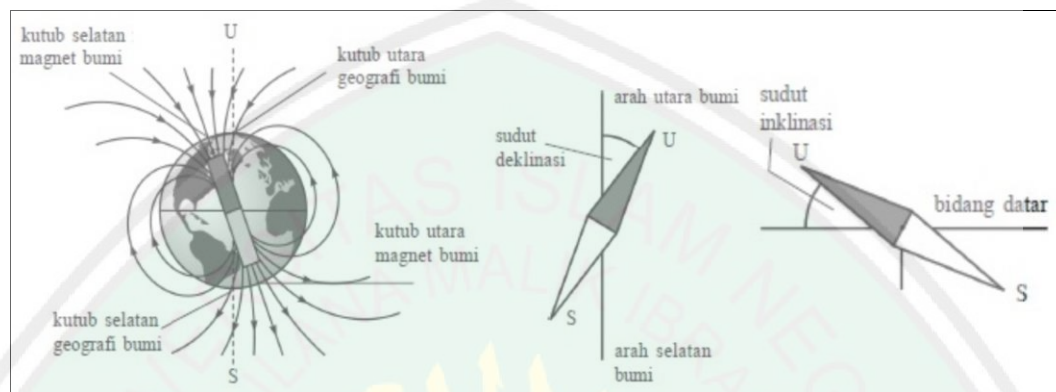
2.5 Medan Magnet Bumi

Penjelasan kemagnetan bumi (*geomagnetism*) yang diterima sekarang adalah bahwa ada arus listrik di dalam inti bumi (karena keadaan cair dan mudah bergerak), yang menghasilkan medan magnet seperti dalam elektromagnet. Teori dynamo ini telah dikembangkan 60 tahun yang lalu. Medan magnet bumi adalah besaran vektor. Partikel bermuatan yang bergerak dalam medan magnet bumi, jarum kompas dan juga magnet permanen yang lain akan mendapatkan gaya magnet yang sebanding dengan besarnya medan magnet. Sebuah medan magnet, atau sebuah mineral magnetik, batang besi yang terinduksi magnet, atau sebuah elektromagnetik mempunyai dua kutub yaitu kutub utara dan kutub selatan. Pasangan kutub-kutub ini disebut sebuah dwikutub (*dipole*) magnet (Tjasyono, 2006).

Pada tahun 1820, Oersted menunjukkan bahwa medan magnet diproduksi oleh arus listrik yang mengalir melalui sebuah kawat. Jika arus mengalir melalui sebuah kawat lurus maka medan magnet membentuk cincin mengelilingi kawat. Medan magnet bumi dapat diukur dengan membandingkannya pada medan yang dihasilkan oleh sebuah elektromagnet yang terdiri dari beberapa koil kawat yang diketahui aliran arusnya, hal ini merupakan jenis magnetometer. Kekuatan medan magnet bumi dapat juga ditentukan dengan mengukur osilasi sebuah jarum kompas yang ditempatkan pada medan magnet bumi (Tjasyono, 2006).

Bumi merupakan *dipole magnetic* yang besar dengan kutub-kutub magnetik utara dan selatan terletak kira-kira 75° Lintang Utara, 101° Bujur Barat di kepulauan Kanada, dan 67° Lintang Selatan, 143° Bujur Timur pada ujung

Antartika. Pusat dipole ini bergeser kira-kira 750 mil dari pusat geometris bumi dan sumbunya miring 18° terhadap diameter kutub-kutub bumi (Tjasyono, 2006).



Gambar 2.6 Medan Magnet Bumi (Sarkowi, 2010)

Medan magnet bumi merupakan suatu besaran vektor, maka besaran ini dapat diuraikan menjadi komponen-komponennya. William Gilbert menganggap bahwa bumi adalah sebuah magnet yang diketahui adanya Inklinasi (I), deklinasi (D), medan magnet tegak (*vertical magnetic field*) (Z), medan magnet datar (*horizontal magnetic field*) (H) dan medan magnet total (*total magnetic field*) (T). Medan magnet tersebut disebut unsur magnet (*magnetic elements*) (Untung, 2001).

1. *Deklinasi* (D), yaitu sudut antara utara magnetik dengan komponen horizontal yang dihitung dari utara menuju timur.
2. *Inklinasi* (I), yaitu sudut antara medan magnetik total dengan bidang horizontal yang dihitung dari bidang horizontal menuju bidang vertikal ke bawah.
3. *Intensitas Horizontal* (H), yaitu besar dari medan magnetik total pada bidang horizontal.

4. *Medan magnetik total (T)*, yaitu besar dari vektor medan magnetik total.

Sumber medan magnet bumi secara umum dibagi menjadi tiga, yaitu medan magnet utama bumi (*main field*), medan luar (*external field*) dan medan anomali (*anomaly field*) (Telford, 1979):

1. Medan Magnet Utama (*main field*)

Secara teoritis medan magnet utama bumi disebabkan oleh sumber dari dalam dan luar bumi. Medan magnet dari dalam bumi diduga dibangkitkan oleh perputaran aliran arus dalam inti bagian luar bumi yang bersifat cair dan konduktif (Telford, 1979).

Medan magnet utama bumi berubah terhadap waktu, maka untuk menyeragamkan nilai-nilai medan utama magnet bumi, dibuat standart nilai yang disebut *Internasional Geomagnetics Reference Field (IGRF)*. IGRF diperbaharui tiap 5 tahun sekali dan diperoleh dari hasil pengukuran rata-rata pada daerah luasan sekitar 1 juta km² yang dilakukan dalam waktu satu tahun (Telford, 1979).

2. Medan Magnet Transien

Berdasarkan tempat sumbernya maka medan magnet transien dibagi menjadi dua yaitu medan magnet transien eksternal adalah medan transien yang sumbernya berasal dari luar bumi (ionosfer, magnetosfer). Medan magnet ini merupakan medan magnet yang dihasilkan oleh pengaruh proses pelepasan partikel tersebut dengan medan magnet utama serta dengan partikel atau ion-ion yang ada di angkasa. Beberapa peristiwa yang menyebabkan medan ini diantaranya adalah drift dari konduktivitas plasma (plasma adalah bagian dari

angkasa luar yang mempunyai muatan positif dan negatif yang jumlahnya sama), absorpsi radiasi elektromagnetik matahari oleh ionosfer, perambatan gelombang radio di ionosfer. Medan magnet transien ini diklasifikasikan dalam beberapa bagian (Telford, 1979):

- a. *Regular storm field*, lokasi sumber medan magnet ini berada di magnetosfer dengan intensitas berkisar antara 150 nT sampai dengan 500 nT dan periodenya berkisar antara 4 sampai 10 jam serta berulang dalam waktu 2 sampai 3 hari.
- b. *Irregular storm field dan Substorm*, sumber medan ini berada di ionosfer dan magnetosfer, medan ini mempunyai intensitas antara 100 nT sampai 200 nT dan sifatnya seragam di permukaan bumi dengan periode antara 5 sampai 100 menit.
- c. *Diurnal variation*, sumber dari medan ini berada di ionosfer dengan intensitas 50 sampai 200 nT dengan periode 24, 12, dan 8 jam dan sifatnya global.
- d. *Pulsation*, medan ini bersumber di magnetosfer dengan intensitas medan antara beberapa nanotesla sampai dengan sifat quasi global dan mempunyai periode-quasi 1 sampai 300 detik.

Medan magnet transien internal yaitu medan magnet transien yang sumbernya berasal dari bumi. Medan magnet transien ini berdasarkan macam sumbernya dibagi menjadi (Telford, 1979):

- a. *Medan Vulkanomagnetik*, yang dihasilkan oleh aktivitas vulkanik gunungapi yang berhubungan dengan tekanan dan suhu, dengan intensitas berkisar antara 3,5 nT sampai 10 nT.
- b. *Medan magnet elektrofiltrasi*, yang dihasilkan oleh aliran air hujan yang mengalir di celah-celah batuan di sekitar stasiun pengukuran.
- c. *Medan magnet induksi*, yang dihasilkan oleh batuan sekitar yang mempunyai konduktivitas tertentu, yang dipengaruhi oleh struktur geologinya. Sebagai medan penginduksinya adalah medan magnet transien eksternal.

3. Anomali Medan Magnet

Variasi medan magnetik yang terukur di permukaan merupakan target dari survei magnetik (anomali magnetik). Besarnya anomali magnetik berkisar ratusan sampai dengan ribuan nano-tesla, tetapi ada juga yang lebih besar dari 100.000 nT yang berupa endapan magnetik. Secara garis besar anomali ini disebabkan oleh medan magnetik remanin dan medan magnet induksi. Bila arah medan magnet remanin sama dengan arah medan magnet induksi maka anomalnya bertambah besar, demikian juga sebaliknya. Medan magnet remanin mempunyai peranan yang besar pada magnetisasi batuan yaitu ada besar dan arah medan magnetnya serta sangat rumit diamati karena berkaitan dengan peristiwa kemagnetan yang dialami sebelumnya. Sisa kemagnetan ini disebut dengan *Normal Residual Magnetism* yang merupakan akibat magnetisasi medan utama.

Anomali yang diperoleh dari survei merupakan hasil gabungan dari keduanya, bila arah medan magnet remanen sama dengan arah medan magnet induksi maka anomalnya bertambah besar, demikian pula sebaliknya. Dalam survei magnetik, adanya anomali magnetik menyebabkan perubahan medan magnet total bumi dan dapat dituliskan sebagai berikut (Telford, 1979):

$$H_T = H_0 + H_L + H_A \quad (2.8)$$

dimana:

H_T = medan magnetik total bumi

H_0 = medan magnetik utama bumi

H_L = medan magnetik luar

H_A = medan anomali magnetik

2.6 Transformasi Medan Magnetik

2.6.1 Reduksi ke Kutub Magnet Bumi

Metode transformasi reduksi ke kutub untuk menyederhanakan interpretasi data medan magnetik pada daerah-daerah berlintang rendah dan menengah. Adapun yang mendasari dilakukannya transformasi ini adalah adanya perbedaan nilai inklinasi dan deklinasi dari setiap daerah. Sehingga transformasi ini mencoba untuk mentransformasikan medan magnet dari tempat pengukuran menjadi medan magnet di kutub Utara magnetik.

Pada metode reduksi ke kutub ada proses transformasi, yang dilakukan dengan mengaplikasikan *Fast Fourier Transform* (FFT) sebagai berikut (Blakely, 1995):

$$F[\Delta T_r] = F[\Psi_r]F[\Delta T] \quad (2.9)$$

dimana

$$F[\Psi_r] = \frac{1}{\Theta_m \Theta_f} = \frac{|k|^2}{a_1 k_x^2 + a_2 k_y^2 + a_3 k_x k_y + i|k|(b_1 k_x + b_2 k_y)}, |k| \neq 0, \quad (2.10)$$

dengan

$$a_1 = \hat{m}_z \hat{f}_z - \hat{m}_x \hat{f}_x,$$

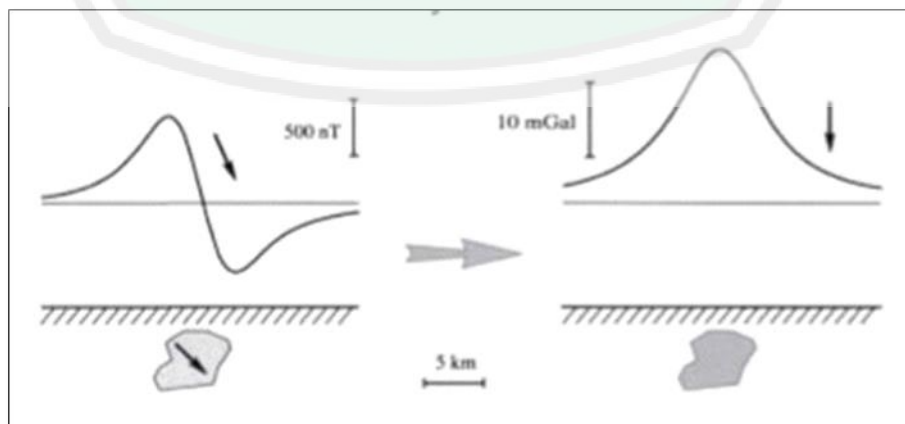
$$a_2 = \hat{m}_z \hat{m}_z - \hat{m}_y \hat{f}_y,$$

$$a_3 = -\hat{m}_y \hat{f}_x - \hat{m}_x \hat{f}_y,$$

$$b_1 = \hat{m}_x \hat{f}_z - \hat{m}_z \hat{f}_x,$$

$$b_2 = \hat{m}_y \hat{f}_z - \hat{m}_z \hat{f}_y$$

$F[\Psi_r]$ adalah Transformasi Fourier reduksi ke kutub. $F[\Delta T_r]$ adalah Transformasi Fourier anomali medan magnet yang diukur. $F[\Delta T]$ adalah Transformasi Fourier anomali medan magnet yang diabaikan oleh magnetisasi sumbernya. k adalah bilangan gelombang (*wave number*). Θ_m adalah fungsi kompleks magnetisasinya. Θ_f adalah fungsi kompleks medan magnet utama. $\hat{m}_{(x,y,z)}$ adalah vektor dalam arah magnetisasi (x,y,z) dan $\hat{f}_{(x,y,z)}$ adalah vektor satuan dalam arah medan utama (x,y,z).



Gambar 2.7 Impuls Anomali Magnetik Sebelum (A) dan Sesudah (B) Direduksi Ke Kutub (Blakely, 1995)

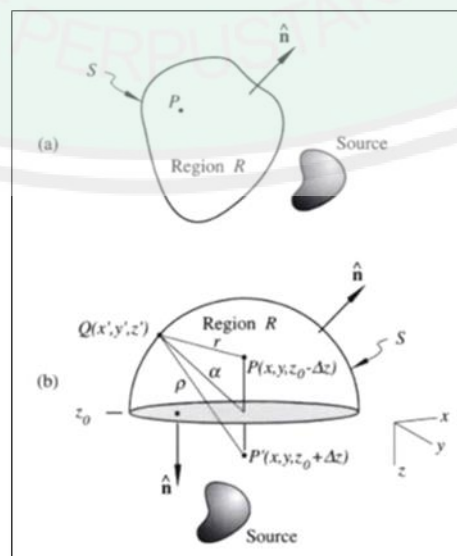
2.6.2 Kontinuasi ke Atas

Suatu proses pengubahan data medan potensial yang diukur pada suatu bidang permukaan menjadi data yang seolah-olah diukur pada bidang permukaan yang lebih tinggi disebut kontinuasi ke atas (Telford, 1979).

Tujuan dari dilakukannya kontinuasi ke atas adalah untuk mentransformasi medan potensial yang diukur di permukaan tertentu ke medan potensial pada permukaan lainnya yang lebih jauh dari sumber. Hal ini sesuai dengan prinsip kontinuasi ke atas bahwa suatu medan potensial dapat dihitung pada setiap titik di dalam suatu daerah berdasarkan sifat medan pada permukaan yang melingkupi daerah tersebut (Blakely, 1995).

$$P(x, y, z_0 - \Delta z) = \frac{\Delta z}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{P(x', y', z_0)}{((x-x')^2 + (y-y')^2 + \Delta z^2)} dx' dy' \quad (2.11)$$

Dimana $P(x, y, z_0 - \Delta z)$ adalah harga medan potensial pada bidang hasil kontinuasi, $P(x', y', z_0)$ adalah harga medan potensial pada bidang observasi sebenarnya, Δz adalah jarak atau ketinggian pengangkatan (Blakely, 1995).



Gambar 2.8 Ilustrasi Kontinuasi ke Atas (Blakely, 1995)

Pada gambar 2.8 (a) mengilustrasikan dalam batas S, dari perilaku R dapat diketahui fungsi harmonik tiap titiknya dalam wilayah R. Pada gambar 2.8 (b) pada $z=z_0$, terdapat medan potensial dan diharapkan berada pada titik P ($x,y,z_0-\Delta z$) di mana $\Delta z > 0$. Bidang horizontal dan setengah bola merupakan permukaan dari S dengan jari-jari A. Titik P diproyeksikan terhadap bidang horizontal sehingga menghasilkan cerminan berupa P' (Blakely, 1995).

2.6.3 Sinyal Analitik

Metode sinyal analitik merupakan gabungan dari gradien horisontal dan gradien vertikal. Gambar di bawah ini menunjukkan hasil dari sinyal analitik (Reynolds, 2005):



Gambar 2.9 Hasil keluaran dari sinyal analitik (Reynolds, 2005)

Metode ini digunakan untuk menentukan kedalaman dan posisi anomali magnetik tanpa harus direduksi ke kutub, dalam penggunaan analisis sinyal dan berbeda dengan metode sebelumnya yang harus direduksi ke kutub. Amplitudo dari sinyal analitik ($|A(x,y)|$) pada setiap lokasi (x,y) diberikan melalui persamaan (Reynolds, 2005):

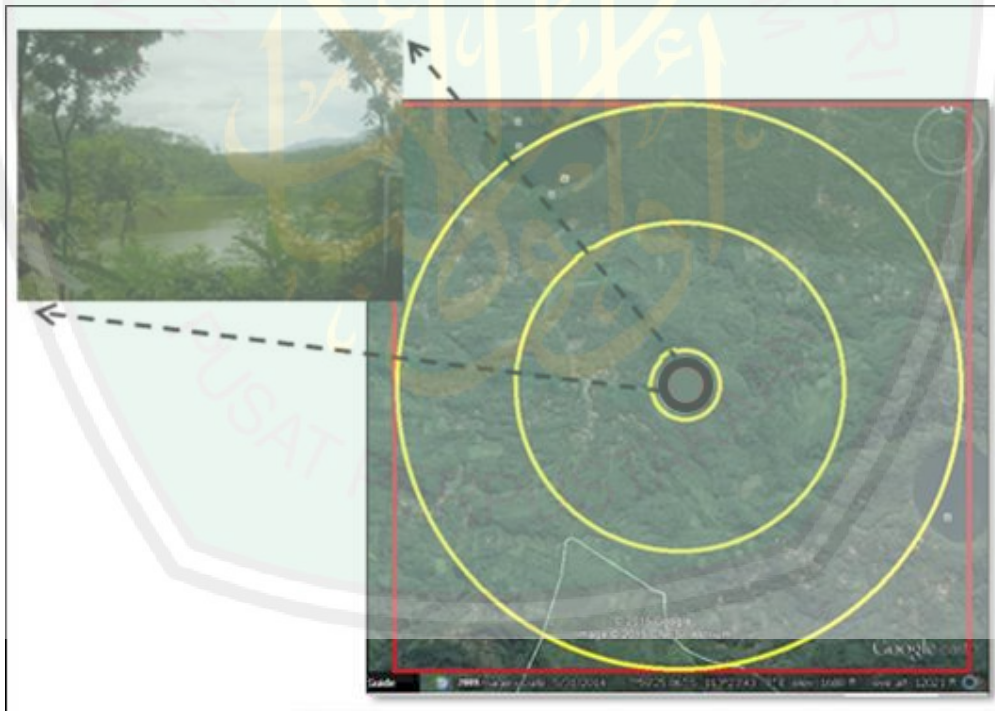
$$|A(x,y)| = \left[\left(\frac{\delta T}{\delta x} \right)^2 + \left(\frac{\delta T}{\delta y} \right)^2 + \left(\frac{\delta T}{\delta z} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2.12)$$

dimana A adalah medan pengukuran dari (x,y).

BAB III METODE PENELITIAN




3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada tanggal 24 Desember 2014 sampai 27 Desember 2014. Lokasi penelitian adalah Ranu Segaran Merah, terletak di sebelah timur Gunung Lamongan dan di sebelah barat Gunung Argapura, terletak pada koordinat $7^{\circ}58'46''$ - $8^{\circ}0'17''$ LS dan $113^{\circ}22'60''$ - $113^{\circ}24'24''$ BT. Cakupan area penelitian diperkirakan kurang lebih $3000\text{m} \times 3000\text{m}$.



Gambar 3.1 Cakupan Area Penelitian

Keterangan :

-  Maar
-  Plot Pengambilan Data
-  Area penelitian ($3000\text{ m} \times 3000\text{ m}$)

3.2 Instrumentasi Penelitian

Pada penelitian ini alat yang digunakan untuk melakukan pengukuran medan magnet bumi antara lain:

1. Magnetometer, jenis Proton Precession Magnetometer (PPM) Geotron Model G5 dan Geomatrix Magnetometer.
2. GPS, untuk penentuan posisi titik/stasiun pengukuran secara presisi
3. Alat pengukur waktu
4. Peta geologi
5. Alat tulis
6. Perangkat komputer yang dilengkapi dengan Software Ms. Excel, *Notepad* ++, *Surfer 13*, *Geosoft Oasis Montaj V 7.0.1* dan *photoshop* sebagai instrumentasi dan software pengolah data.

3.3 Data Penelitian

Data yang diambil dalam penelitian ini berupa :

1. Posisi titik ukur (koordinat Lintang dan Bujur)
2. Waktu pengambilan data (jam, hari dan tanggal)
3. Ketinggian titik ukur
4. Data geomagnetik, meliputi:
 - a. Medan total (minimal lima kali pengambilan data dalam satu titik ukur)
 - b. Variasi harian
 - c. Medan utama bumi (IGRF)

3.4 Metode Pengambilan Data

Proses pengukuran dilakukan dengan metode *Ring*. Maksud dari metode *Ring* ini adalah pengukuran yang dilakukan dengan mengelilingi objek penelitian. Hal ini dikarenakan luasan objek penelitian yang berbentuk melingkar. Dalam penelitian ini digunakan 2 magnetometer, dimana magnetometer pertama dipasang di luar area penelitian yang digunakan sebagai titik acuan (*base station*) untuk mendapatkan nilai medan magnet harian yang nantinya digunakan untuk koreksi harian (*diurnal*) dan magnetometer yang lain digunakan untuk pengukuran di area penelitian. Koreksi harian (*diurnal*) merupakan peyimpangan intensitas medan magnet bumi yang disebabkan oleh adanya perbedaan waktu pengukuran dalam satu hari, sedangkan proses pengukuran menggunakan metode magnetik ini tidak selesai dalam satu waktu.

Data yang dihasilkan pada penelitian ini adalah sebanyak 68 titik dengan luas daerah penelitian 3000 m x 3000 m, jarak antara satu titik dengan yang lainnya untuk ring pertama adalah 10 meter, ring kedua adalah 150 meter dan ring ketiga adalah 250 meter dengan lima kali pengambilan data pada setiap titik pengamatan dan diambil nilai yang sering muncul (*modus*).

3.5 Metode Pengolahan Data.

Pengambilan data magnetik bertujuan untuk mengamati besaran medan magnetik total (H) bumi pada titik tertentu. Dari data yang diperoleh akan didapatkan benda magnet terinduksi dimana nilai medan magnet (H) tersebut harus dikurangi oleh nilai medan magnet yang menginduksi sehingga akan menghasilkan nilai medan magnet yang disebut anomali magnet (ΔH).

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

3.5.1 Koreksi Harian dan Koreksi IGRF

Proses pengolahan data awal ditujukan untuk memperoleh nilai anomali magnetik dari data yang diperoleh dari penelitian di lapangan, hal ini dikarenakan data awal yang diperoleh merupakan data mentah yang masih ada pengaruh dari dalam dan luar bumi. Proses Pengolahan awal ini dilakukan dengan mengoreksi data mentah. Koreksi yang diterapkan yaitu Koreksi Harian (*Diurnal Correction*) dan Koreksi IGRF. Koreksi Harian dan Koreksi IGRF dilakukan untuk menghilangkan pengaruh medan magnet yang berasal dari luar bumi seperti pengaruh atmosfer, benda-benda angkasa dll.

Koreksi ini dapat diperoleh dengan mengurangi nilai intensitas magnet pada titik pengukuran dengan nilai intensitas magnet pada base station (interpolasi linier terhadap waktu).

3.5.2 Reduksi ke Bidang Datar

Data anomali yang diperoleh masih terletak mengikuti bidang topografi, sehingga akan menyebabkan kesalahan pada saat melakukan interpretasi. Oleh karena itu data anomali tersebut harus ditransformasi pada suatu bidang dengan ketinggian yang sama. Kesalahan yang mungkin timbul jika dilakukan

interpretasi pada bidang yang tidak rata, disebabkan oleh ketidak-teraturan ketinggian data pengukuran.

Suatu metode yang dapat dipergunakan untuk membawa data medan potensial hasil observasi yang masih terdistribusi di bidang yang tidak horizontal (misalnya bidang topografi) ke bidang horizontal adalah melalui pendekatan deret Taylor. Deret Taylor menggunakan fungsi turunan pada suatu titik untuk mengekstapolasi fungsi ke sekitar titik tersebut. Sehingga deret Taylor dapat digunakan untuk memprediksi nilai medan potensial pada titik-titik di luar bidang observasi.

3.5.3 Reduksi ke Kutub

Transformasi *Reduction to Pole* (RTP) atau reduksi ke kutub merupakan salah satu transformasi yang digunakan dalam proses interpretasi data magnetik. Adapun yang mendasari dilakukannya transformasi ini adalah adanya perbedaan nilai inklinasi dan deklinasi dari setiap daerah, sehingga transformasi ini mencoba untuk mentransformasikan medan magnet dari tempat pengukuran menjadi medan magnet di kutub utara magnetik.

3.5.3 Kontinuitas ke Atas

Upward Continuation atau Kontinuitas ke atas adalah proses reduksi data magnetik terhadap ketinggian. Cara ini diharapkan dapat menekan noise-noise frekuensi tinggi dengan benda-benda magnetik di sekitarnya.

Penentuan nilai ketinggian dilakukan menurut keinginan kita dan tergantung dari efek yang ingin dihilangkan atau ditampilkan. Akan tetapi pada prosesnya kontinuitas ini tidak boleh menghilangkan body anomali yang ada.

Karena target dari proses ini adalah untuk menentukan body anomali dari peta anomali yang sudah ada. Karenanya proses kontinuitas ini tidak bias dilakukan sembarangan. Besar ketinggian yang digunakan untuk mengangkat bidang pengamat tidak boleh terlalu besar, karena dapat mengakibatkan hilangnya informasi pada daerah tersebut.

3.6 Pemodelan Geologi

Pada tahap pemodelan, dilakukan penarikan garis melintang melewati objek penelitian. Dalam penentuan garis penampang harus berarah tegak lurus terhadap garis kontur, sehingga dapat diperkirakan pola struktur geologi dengan baik. Selain itu juga perlu diperhatikan berupa tinggi (klosur positif) atau rendahan anomali (klosur negatif), kerapatan kontur sehingga dapat diperkirakan pola struktur geologi bawah permukaan yang berupa suatu patahan, suatu intrusi atau berupa lipatan (*antiklin* atau *sinklin*). Setelah model anomali tergambar, maka dapat dilakukan pemodelan struktur bawah permukaan dengan memasukkan nilai kontras suseptibilitas batuan, ketebalan lapisan batuan tertentu seperti yang terbaca pada peta geologi.

3.7 Tahapan Interpretasi Data

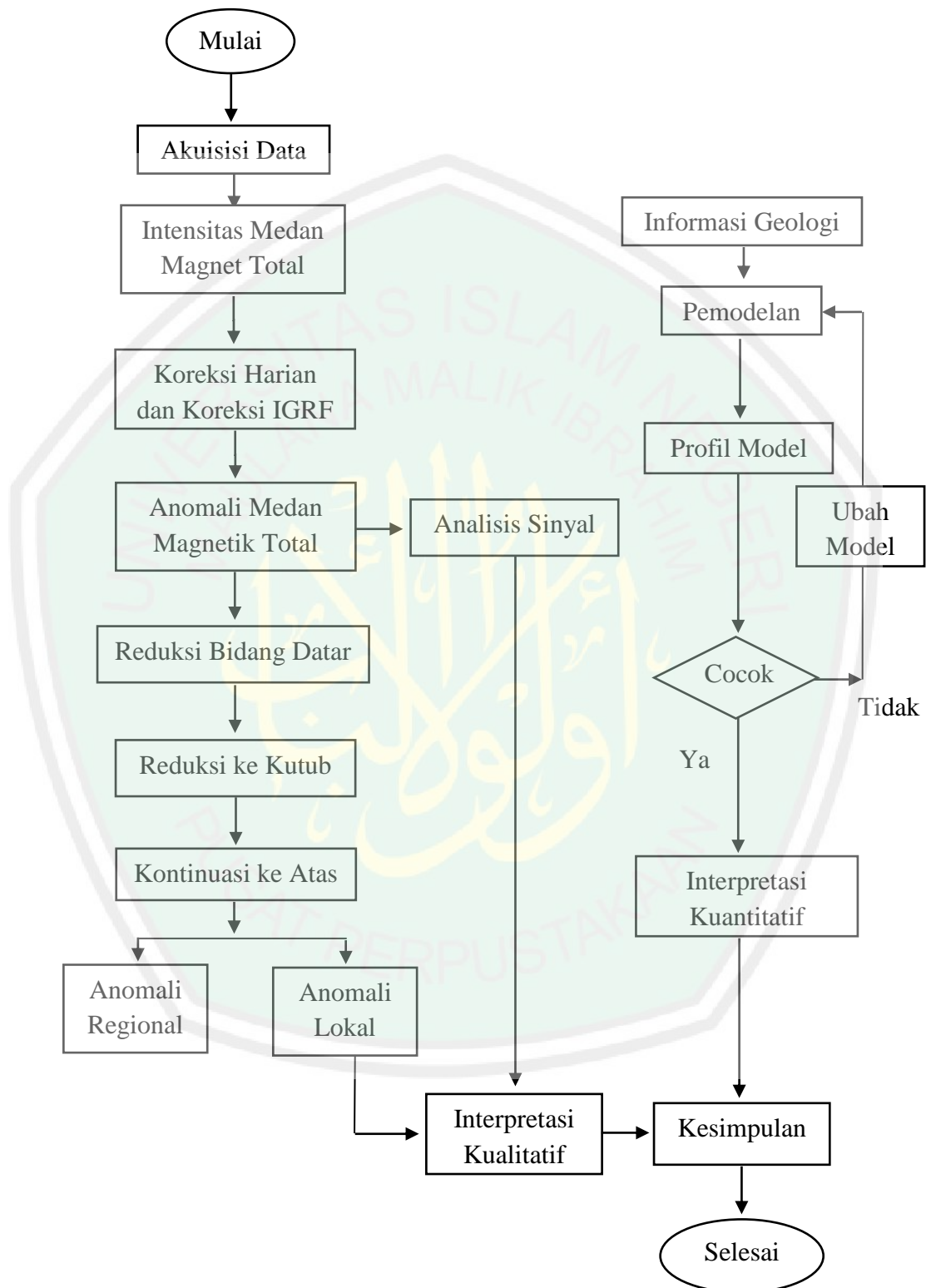
Interpretasi data dapat dilakukan dengan dua cara yaitu interpretasi secara kuantitatif dan interpretasi secara kualitatif. Interpretasi kualitatif didasarkan pada analisis peta kontur anomali lokal sedangkan interpretasi kuantitatif dilakukan dengan membuat model geologi bawah permukaan dengan bantuan software *Geosoft Oasis Montaj*.

Interpretasi kualitatif bertujuan untuk menduga ada tidaknya benda penyebab anomali dan untuk melokalisir daerah yang mempunyai anomali. Interpretasi kuantitatif bertujuan untuk menentukan bentuk atau model dan kedalaman benda anomali atau struktur geologi melalui pemodelan matematis. Interpretasi kuantitatif dilakukan dengan menggunakan *software GM-SYS*. Pemodelan pada *software GM-SYS* adalah menggunakan metode *forward modeling* (pencocokan profil model dengan profil data lapangan) dengan metode *trial and error* (coba-coba).

Program ini terdiri dari dua parameter. Parameter pertama merupakan parameter tetap dan parameter dua merupakan parameter variabel. Parameter tetap terdiri dari nilai intensitas magnetik daerah pengukuran sesuai IGRF, sudut inklinasi, sudut deklinasi dan profil arah sayatan (*bearing*).

Parameter kedua terdiri dari kedalaman, bentuk poligon dan nilai susceptibilitas. Parameter ini merupakan parameter yang akan dicari nilainya. Perubahan nilai pada parameter ini akan didapatkan model lapisan bawah permukaan.

Data anomali medan magnet pada peta kontur dibuat garis yang melalui anomali rendah dan anomali tinggi (*line section*). Data *line section* selanjutnya akan diproses oleh *software GM-SYS Oasis Montaj* sehingga dapat dilakukan pemodelan geologi bawah permukaannya.



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengolahan data yang didapatkan akan dianalisis pada bab ini. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pola sebaran anomali medan magnetik dan mengetahui struktur geologi bawah permukaan di daerah studi berdasarkan interpretasi data magnetik. Analisis dilakukan untuk mengetahui kondisi bawah permukaan secara geometri yang berdasarkan pada data geomagnetik yang menunjukkan penyebaran batuan susceptibilitas dan data geologi yang diperoleh dari studi literatur peta geologi. Interpretasi dilakukan baik secara kualitatif maupun secara kuantitatif.

4.1 Pengambilan Data

Metode yang dipakai dalam penelitian ini adalah metode geomagnetik, alat yang digunakan adalah Proton Processing Magnetometer (PPM) Geotron Model G5 sebagai *rover* dan Geomatrix Magnetometer digunakan sebagai *base station*, dimana setiap titik pengukuran akan diberikan perlakuan sebanyak 5 kali pengambilan data dan diambil salah satu nilai yang paling sering muncul (*modus*). Data yang diperoleh berupa data medan magnet bumi (nT) sebanyak 68 titik dengan metode pengambilan data adalah metode *Ring* (melingkar) sebanyak 3 *Ring* yang mengelilingi objek penelitian. Jarak antara satu titik dengan yang lainnya untuk ring pertama adalah 10 meter, ring kedua adalah 150 meter dan ring ketiga adalah 250 meter pada luas area penelitian 3000 m x 3000 m dan parameter lainnya seperti ketinggian, waktu pengambilan data dan koordinat titik

pengukuran. Kemudian koordinat lintang bujur di setiap titik diubah dalam bentuk *Decimal Degree*.

4.2 Pengolahan Data

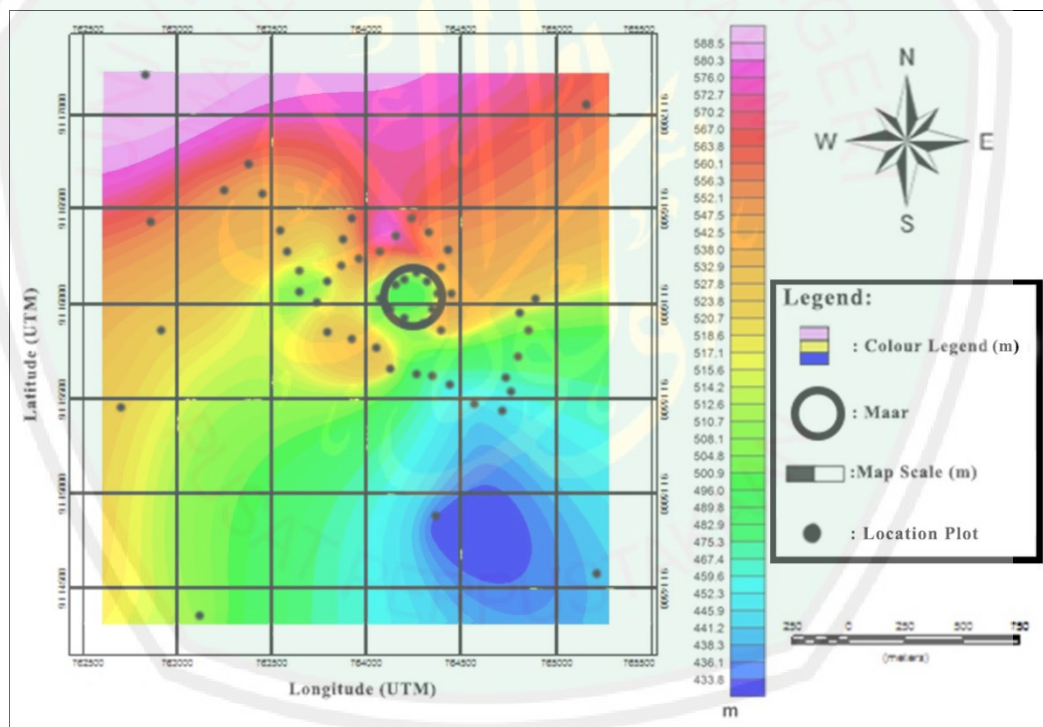
Dari pengukuran data intensitas medan magnet pada titik pengukuran, selanjutnya dilakukan pengolahan data yaitu dengan melakukan beberapa koreksi yaitu koreksi IGRF dan koreksi harian untuk mendapatkan anomali medan magnet total daerah penelitian. Selain itu juga dilakukan reduksi ke kutub dan kontinuitas ke atas untuk memisahkan anomali lokal dan anomali regional daerah penelitian. Pengolahan data dimulai dengan mengkonversi koordinat yang didapat pada saat akuisisi data di lapangan yang berbentuk *Decimal Degree* ke dalam bentuk *Universal Transfer Mercator (UTM)* dengan bantuan *Software Oasis Montaj*. Tujuannya untuk mempermudah pembacaan pada *Oasis Montaj* dan pengolahan data selanjutnya.

Untuk mempermudah melakukan interpretasi secara kualitatif maka dibuat peta kontur menggunakan bantuan *Software Oasis Montaj* yang terdiri dari peta kontur topografi, peta kontur intensitas medan magnetik total, peta kontur anomali magnetik total, peta kontur anomali magnetik lokal yang direduksi ke kutub, peta kontur anomali magnetik regional dan peta kontur anomali magnetik lokal. Peta kontur ini terdiri dari parameter berupa koordinat Lintang (LS) pada kolom (x), Bujur (BT) pada kolom (y) dan nilai pengukuran pada kolom (z).

4.2.1 Elevasi

Elevasi adalah posisi vertikal (ketinggian) suatu objek dari suatu titik tertentu (datum). Datum yang biasa digunakan adalah permukaan laut dan

permukaan geoid WGS-84 yang digunakan oleh GPS. Oleh karena itu, elevasi seringkali dinyatakan sebagai ketinggian dari permukaan laut (biasa disingkat dpl). Di Amerika Serikat dan Britania Raya, elevasi biasa diukur dalam satuan kaki, sedangkan di seluruh bagian dunia lain ketinggian diukur dengan satuan meter (mdpl). Sedangkan Relief atau kontur adalah gambar yang mewakili sebuah lereng dari sebuah bukit-bukit, lembah-lembah, atau bentuk-bentuk lain dari permukaan bumi.



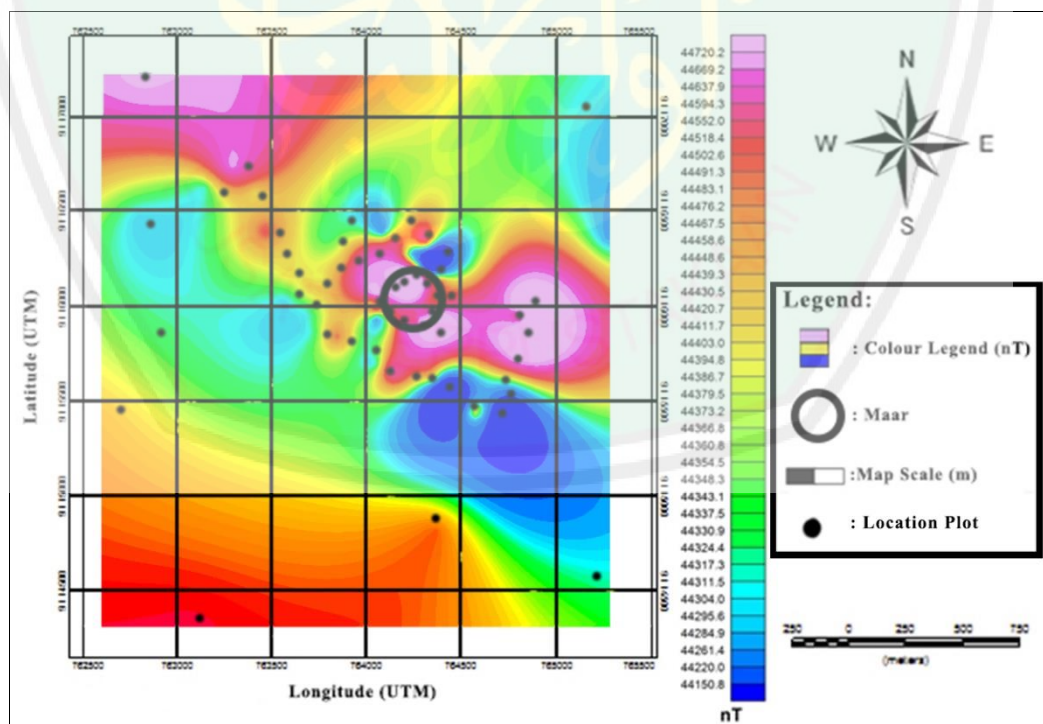
Gambar 4.1 Kontur Elevasi/Ketinggian Daerah Penelitian

Gambar 4.1 merupakan peta kontur elevasi/ketinggian pada daerah penelitian. Kontur tersebut menunjukkan adanya daerah yang tinggi dan daerah yang rendah. Dimana dapat dikelompokkan menjadi tiga yaitu daerah lembah, datar dan perbukitan. Warna biru sampai hijau merupakan daerah yang rendah

dengan ketinggian antara 433.8 mdpl sampai 500.9 mdpl. Warna kuning sampai jingga merupakan daerah yang sedang atau datar dengan ketinggian antara 504.8 mdpl sampai 532.9 mdpl. Sedangkan warna merah sampai merah muda merupakan daerah perbukitan dengan ketinggian antara 538.0 mdpl sampai 588.5 mdpl.

4.2.2 Medan Magnet Total

Dari pengukuran di lapangan, diperoleh data intensitas medan magnet total, yaitu data yang terbaca oleh PPM. Data-data tersebut merupakan harga yang sering muncul (*modus*) dari lima kali pengukuran di setiap titik pengukuran. Data yang didapat merupakan intensitas medan magnet total dalam nano Tesla (nT).



Gambar 4.2 Kontur Intensitas Medan Magnet Total

Gambar 4.2 tersebut menunjukkan nilai intensitas medan magnet yang terukur pada daerah penelitian. Berdasarkan hasil tersebut dapat dilihat nilai intensitasnya yaitu intensitas rendah dengan nilai sebesar 44150.8 nT sampai dengan 44354.5, intensitas sedang dengan nilai 44360.8 nT sampai dengan 44448.6 nT dan tinggi 44458.6 nT sampai dengan 44720.2 nT. Daerah penelitian sendiri memiliki nilai medan magnet utama bumi (IGRF) sebesar 44896.1 nT, sedangkan data hasil pengukuran didapatkan nilai medan magnet total sebesar 44150.8 nT sampai dengan 44720.2 nT. Dari data medan magnet total dilakukan beberapa koreksi diantaranya adalah koreksi IGRF dan koreksi harian. Selain itu juga dilakukan reduksi ke kutub dan kontinuitas ke atas sebelum masuk ke tahap pemodelan.

4.2.3 Anomali Magnetik

Anomali medan magnetik adalah harga medan magnetik di suatu titik yang dihasilkan oleh batuan di bawah permukaan yang menjadi target dari pengukuran metode magnetik. Anomali medan magnet total dihasilkan dengan melakukan beberapa koreksi terhadap data hasil pengukuran di lapangan. Koreksi itu antara lain koreksi IGRF dan koreksi harian. Koreksi ini dilakukan untuk menghilangkan pengaruh medan yang berasal dari medan magnet utama dan medan magnet luar. Dibutuhkan suatu koreksi terhadap data lapangan tersebut dengan tujuan untuk mendapatkan nilai anomali magnetik yang sudah tidak dipengaruhi oleh nilai magnetik dari dalam dan luar bumi.

Koreksi harian (*diurnal correction*) merupakan penyimpangan nilai medan magnetik bumi akibat adanya perbedaan waktu dan efek radiasi matahari dalam

satu hari. Koreksi ini diperoleh dengan mengurangi nilai intensitas medan magnet pada titik pengukuran dengan nilai intensitas medan magnet pada base station. Base station yang terpasang di luar area penelitian melakukan pembacaan setiap 3 menit sekali dalam 1 hari.

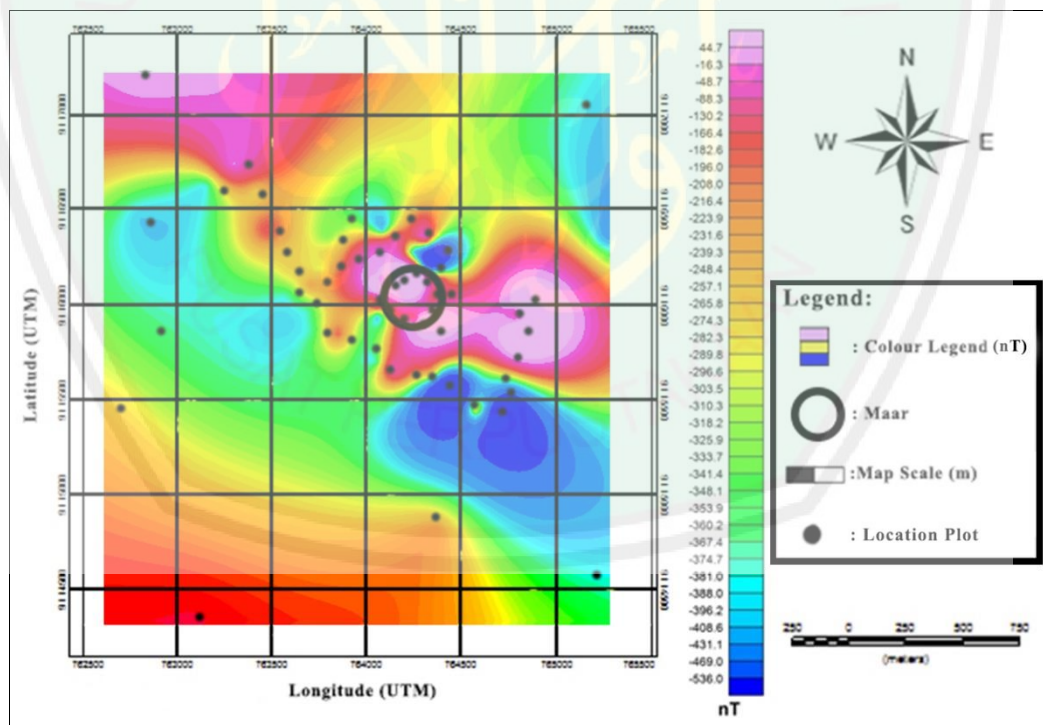
Nilai IGRF pada setiap daerah memiliki nilai yang berbeda-beda. Nilai IGRF ini diperbarui setiap lima tahun sekali, dimana nilai tersebut didapat dengan cara *online* melalui website <http://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/#igrfwmm>, maka akan muncul tampilan berikut:

Gambar 4.3 Kalkulator IGRF (<http://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/>)

Nilai IGRF yang digunakan ialah pada tahun 2015 dengan letak geografis pada *base station* ($7^{\circ}58'46''$ LS dan $113^{\circ}22'60''$ BT), dengan nilai IGRF 44896.1 nT.

Magnetic Field							
Model Used:	WMM2015						
Latitude:	7.989317039° S						
Longitude:	113.392792° E						
Elevation:	0.0 km Mean Sea Level						
Date	Declination (+ E - W)	Inclination (+ D - U)	Horizontal Intensity	North Comp (+ N - S)	East Comp (+ E - W)	Vertical Comp (+ D - U)	Total Field
2015-01-06	1.1667°	-32.7332°	37,766.5 nT	37,758.7 nT	769.0 nT	-24,276.6 nT	44,896.1 nT
Change/year	-0.0611°/yr	0.1446°/yr	37.7 nT/yr	38.5 nT/yr	-39.5 nT/yr	110.5 nT/yr	-28.0 nT/yr
Uncertainty	0.28°	0.22°	133 nT	138 nT	89 nT	165 nT	152 nT

Gambar 4.4 Nilai IGRF (<http://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/>)



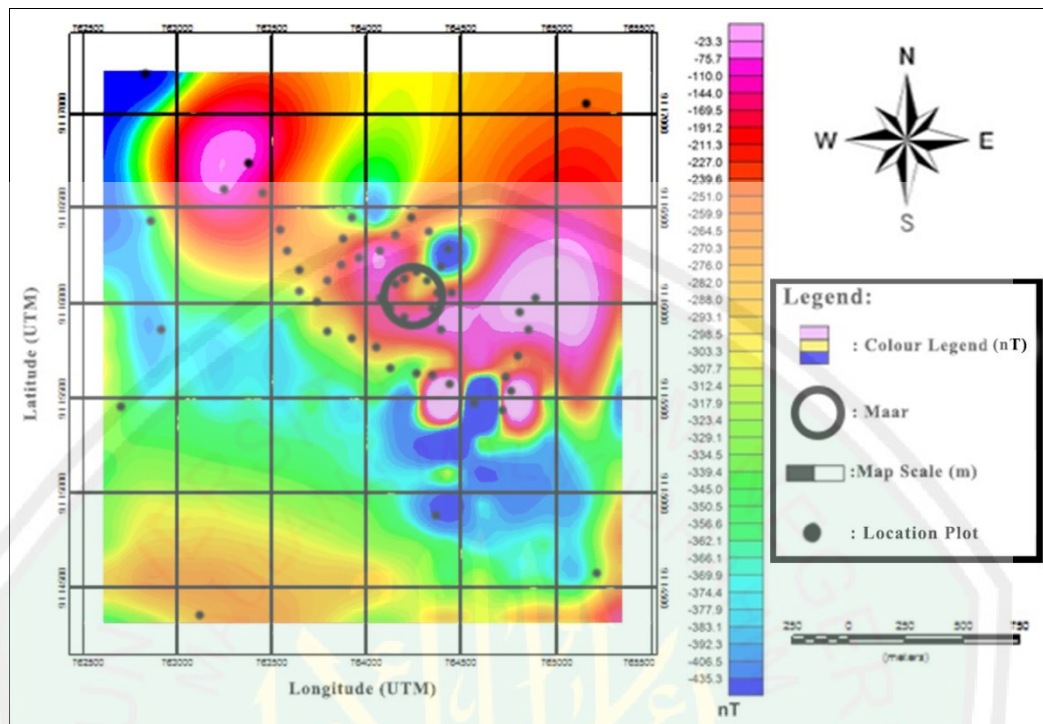
Gambar 4.5 Kontur Anomali Medan Magnet Total

Gambar 4.5 merupakan kontur anomali medan magnet total hasil koreksi IGRF dan koreksi harian. Berdasarkan hasil tersebut didapatkan nilai anomali

medan magnet total yaitu -536.0 nT sampai dengan 44.7 nT. Berdasarkan hasil tersebut dapat dilihat nilai anomalnya yaitu anomali rendah warna biru sampai warna hijau dengan nilai anomali antara -536.0 nT sampai -341.4 nT, anomali sedang yaitu warna kuning sampai warna jingga dengan nilai anomali antara -333.7 nT sampai dengan -251.7 nT dan anomali tinggi yaitu warna merah sampai warna merah muda dengan nilai anomali antar -248.4 nT sampai dengan 44.7 nT. Nilai anomali ini merupakan campuran antara anomali regional dan residual sehingga informasi mengenai bagian yang dalam dan dangkal masih tergabung.

4.2.4 Reduksi ke Bidang Datar

Data anomali magnetik total yang diperoleh masih terdistribusi pada permukaan topografi daerah penelitian. Secara matematis data anomali medan magnet yang terdapat pada daerah topografi tidak rata akan mempengaruhi dalam interpretasi data selanjutnya. Untuk menghindari hal tersebut, data anomali medan magnet total harus ditransformasi pada suatu bidang dengan ketinggian yang sama (*level surface*) untuk mempermudah dalam melakukan interpretasi atau pemodelan.



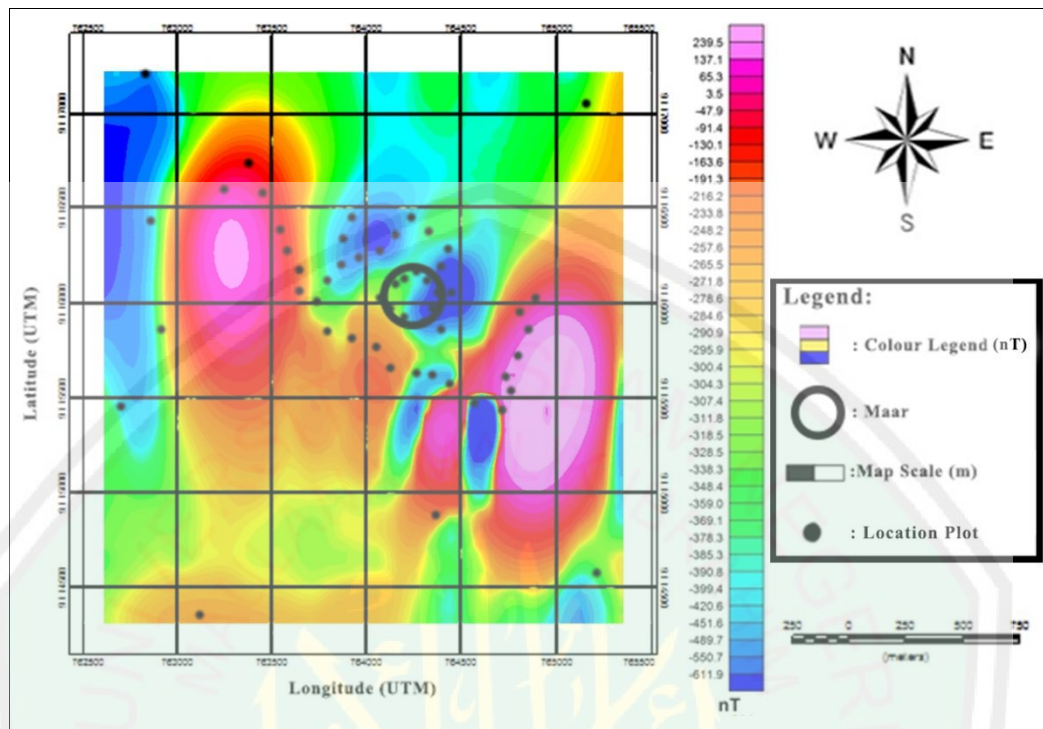
Gambar 4.6 Kontur Anomali Magnet Total Setelah Reduksi ke Bidang Datar pada Ketinggian 500 meter

Gambar 4.6 merupakan hasil dari reduksi ke bidang datar pada ketinggian rata-rata pada topografi yaitu 500 meter. Hasil tersebut menunjukkan pola kontur yang lebih rendah dibandingkan nilai anomali medan magnet sebelum direduksi bidang datar. Harga anomali medan magnetik total pada bidang datar adalah mulai dari -435.3 nT sampai dengan -23.3 nT. Berdasarkan hasil tersebut dapat dilihat nilai anomalnya yaitu anomali rendah warna biru sampai warna hijau dengan nilai anomali antara -435.3 nT sampai -329.1 nT, anomali sedang yaitu warna kuning sampai warna jingga dengan nilai anomali antara -323.4 nT sampai dengan -276.0 nT dan anomali tinggi yaitu warna merah sampai warna merah muda dengan nilai anomali antar -270.3 nT sampai dengan -23.3 nT.

4.2.5 Reduksi ke Kutub (*Reduction to the Pole*)

Data anomali medan magnetik total kemudian direduksi 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. Reduksi ke kutub dilakukan dengan menggunakan *software Oasis Montaj*. Proses reduksi ke kutub dilakukan untuk mengubah arah magnetisasi medan utama dalam arah vertikal sehingga anomali medan magnetik dapat menunjukkan posisi benda penyebabnya. Proses tersebut dilakukan dengan cara membuat sudut inklinasi menjadi 90° dan deklinasinya menjadi 0° , karena pada kutub magnetik arah dari medan magnetik bumi ke bawah dan arah dari magnetisasi induksinya juga ke bawah.

Hasil reduksi ke kutub menunjukkan sumber anomali magnetik menjadi terlihat lebih jelas. Selain itu juga akan mempermudah dalam penginterpretasian data. Pada kontur anomali hasil reduksi menggambar benda yang menyebabkan anomali tepat berada di bawah peta anomali tinggi. Dari proses reduksi ke kutub didapatkan pola kontur anomali magneti seperti berikut:



Gambar 4.7 Kontur Anomali Lokal Hasil Reduksi ke Kutub

Gambar 4.7 merupakan peta kontur anomali magnetik hasil reduksi ke kutub. Dari hasil tersebut terlihat perbedaan anomali yang sangat signifikan jika dibandingkan dengan anomali magnetik lokal sebelum direduksi ke kutub. Dari gambar 4.9 juga dapat dilihat bahwa nilai anomali magnetiknya berkisar antara -611.9 nT sampai 239.5 nT. Berdasarkan hasil tersebut dapat dilihat nilai anomalnya yaitu anomali rendah warna biru sampai warna hijau dengan nilai anomali antara -611.9 nT sampai -328.5 nT, anomali sedang yaitu warna kuning sampai warna jingga dengan nilai anomali antara -318.5 nT sampai dengan -257.6 nT dan anomali tinggi yaitu warna merah sampai warna merah muda dengan nilai anomali antar -248.2 nT sampai dengan 239.9 nT.

4.3 Interpretasi Kualitatif

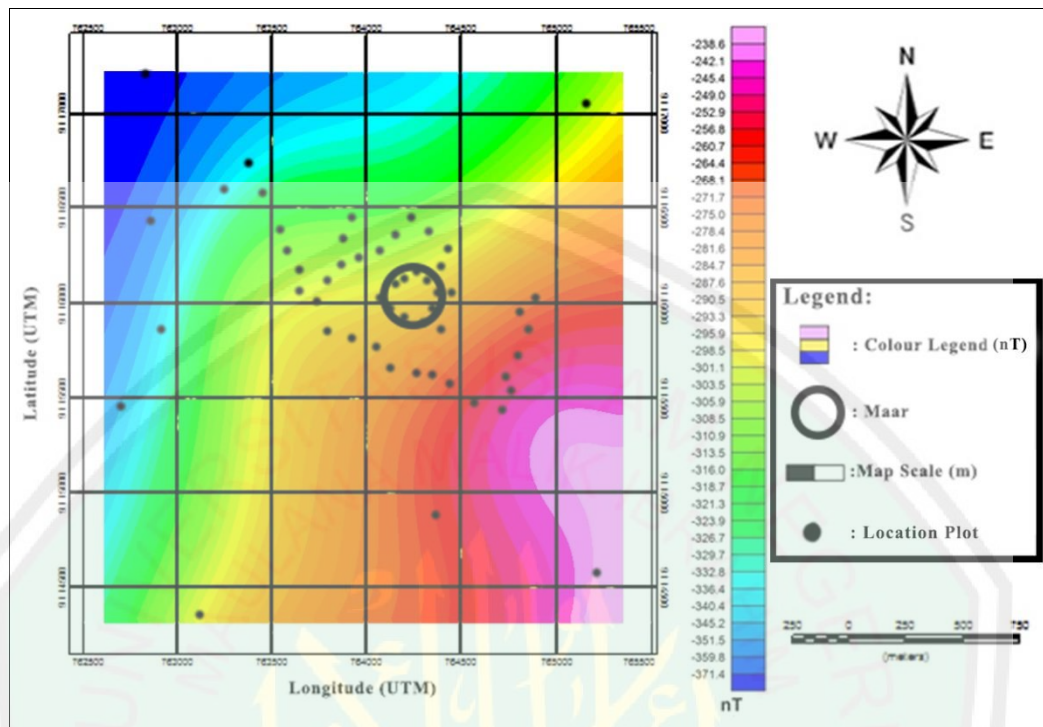
Interpretasi secara kualitatif dilakukan untuk menganalisis daerah yang memiliki anomali yang diduga adanya *body*/benda penyebab anomali yang menjadi target penelitian. Secara kualitatif peta anomali diperoleh menunjukkan penyebaran pasangan pola kontur (besar-kecil) yang terdapat pada daerah penelitian. Interpretasi kualitatif dilakukan berdasarkan peta kontur hasil reduksi ke kutub dan peta kontur hasil kontinuitas ke atas.

4.3.1 Kontinuitas ke Atas (*Upward Continuation*)

Upward continuation (kontinuitas ke atas) merupakan langkah perubahan data medan potensial yang diukur pada suatu level permukaan menjadi data yang seolah-olah diukur pada level permukaan yang lebih atas. Metode ini digunakan karena dapat mentransformasi medan potensial yang diukur pada suatu permukaan sehingga medan potensial di tempat lain di atas permukaan pengukuran cenderung menonjolkan anomali yang disebabkan oleh sumber yang dalam (efek regional) dengan menghilangkan atau mengabaikan anomali yang disebabkan oleh sumber yang dangkal (efek residual). Metode ini dilakukan untuk mendapatkan hasil berupa anomali regional yang lebih representatif. Anomali regional yang lebih representatif akan menghasilkan anomali lokal (residual) yang baik sehingga pada tahap interpretasi dapat dihasilkan hasil yang baik pula. Kontinuitas ke atas juga merupakan salah satu metode yang sering digunakan sebagai filter, berguna untuk menghilangkan bising (*noise*) yang ditimbulkan oleh benda-benda pada dekat permukaan. Di samping itu, melakukan kontinuitas ke atas juga dapat mengurangi efek dari sumber anomali dangkal (efek residual).

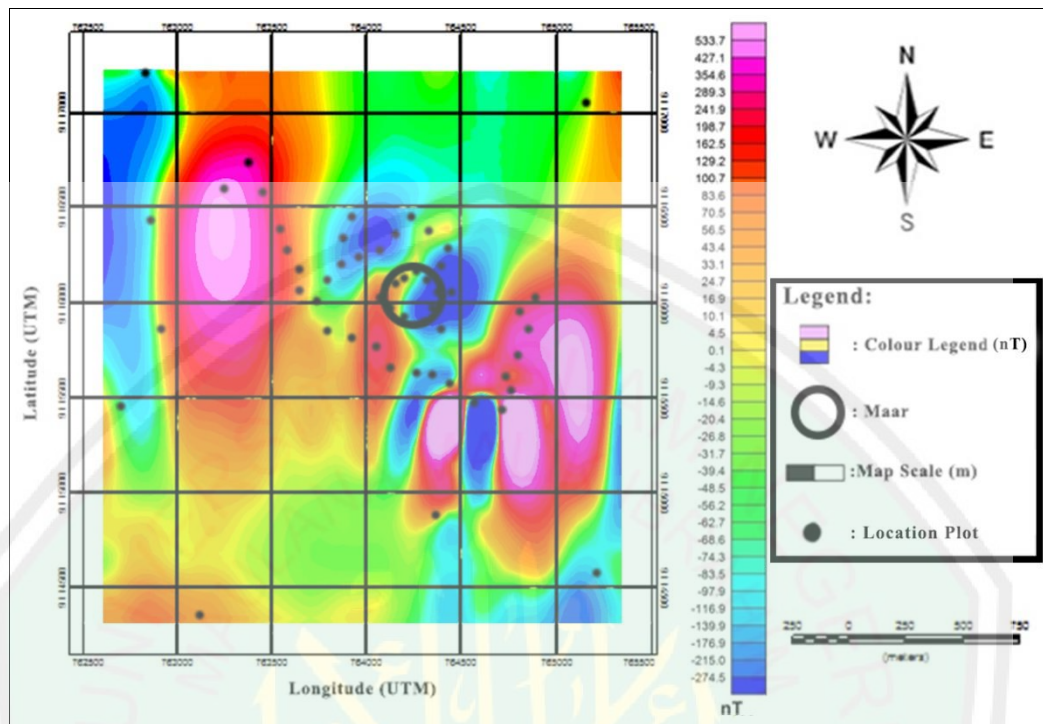
Proses kontinuitas ke atas dilakukan pada ketinggian tertentu dengan cara seolah-olah menghitung data pada ketinggian tersebut. Saat melakukan kontinuitas atau pengangkatan tidak boleh terlalu tinggi, karena ini dapat mereduksi anomali magnetik lokal yang bersumber dari benda magnetik atau struktur geologi yang menjadi target survei magnetik ini. Untuk melakukan kontinuitas ke atas, digunakan *software Oasis Montaj*. Hasil kontinuitas ke atas dengan ketinggian 1000 meter menunjukkan nilai anomali regional yang cenderung tetap (stabil). Hal ini menandakan bahwasanya pada ketinggian lebih dari 1000 meter anomali regional sudah tidak berpengaruh pada anomali lokal (anomali dari target penelitian). Untuk mendapatkan anomali lokal maka dilakukan pengurangan antara anomali hasil reduksi ke kutub dengan anomali regional.

Hasil anomali medan magnet yang sudah dikontinuitas ke atas terdiri dari anomali lokal (gambar 4.8) dan anomali regional (gambar 4.9). Anomali regional berasosiasi dengan kondisi geologi umum yang dominan di daerah pengukuran, dicirikan dengan anomali frekuensi rendah. Sedangkan anomali lokal, atau sering juga disebut sebagai anomali sisa, mengandung kondisi geologi setempat yang telah terdeviasi dari kondisi regionalnya yang biasanya terdapat pada kedalaman yang dangkal.



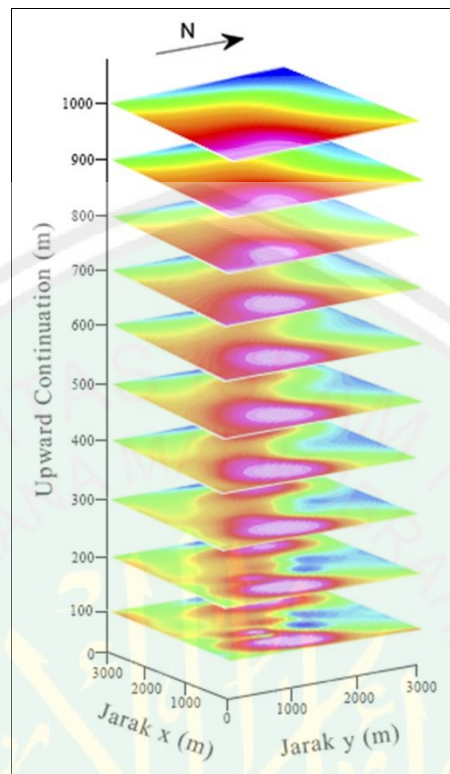
Gambar 4.8 Kontur Anomali Regional Hasil Kontinuasi ke Atas Pada Ketinggian 1000 meter

Gambar 4.8 menunjukkan anomali regional daerah penelitian. Anomali ini dicirikan dengan nilai anomali yang rendah yaitu berkisar antara -371.4 nT sampai dengan -238.6 nT. Anomali rendah ditunjukkan oleh warna biru sampai warna hijau dengan nilai anomali antara -371.4 nT sampai dengan -316.0 nT, anomali sedang ditunjukkan oleh warna kuning sampai warna jingga dengan nilai anomali antara -313.5 nT sampai dengan -284.7 nT dan anomali tinggi ditunjukkan oleh warna merah sampai warna merah muda dengan nilai anomali antar -281.6 nT sampai dengan -238.6 nT. Anomali yang rendah disebabkan karena asosiasi batuan dengan kondisi geologi umum yang dominan di daerah pengukuran.



Gambar 4.9 Kontur Anomali Lokal Hasil Kontinuasi ke Atas pada Ketinggian 1000 meter

Pada penelitian ini yang menjadi target penelitian adalah anomali lokal. Anomali lokal yang akan menunjukkan struktur batuan bawah permukaan sesuai dengan kondisi yang sebenarnya di lapangan. Dimana nilai anomali magnetik yang tinggi mengindikasikan suseptibilitas batuan yang ada pada daerah tersebut bernilai positif dan tinggi serta mempunyai kerentanan kemagnetan yang tinggi pula (batuan yang bersifat magnetik). Anomali magnetik sedang mengindikasikan suseptibilitas batumannya positif, akan tetapi nilainya kecil dengan kerentanan magnet yang sedang. Sedangkan anomali magnetik yang rendah mengindikasikan suseptibilitas batuan yang negatif dan kerentanan magnet sangat rendah (batuan yang bersifat non magnetik).



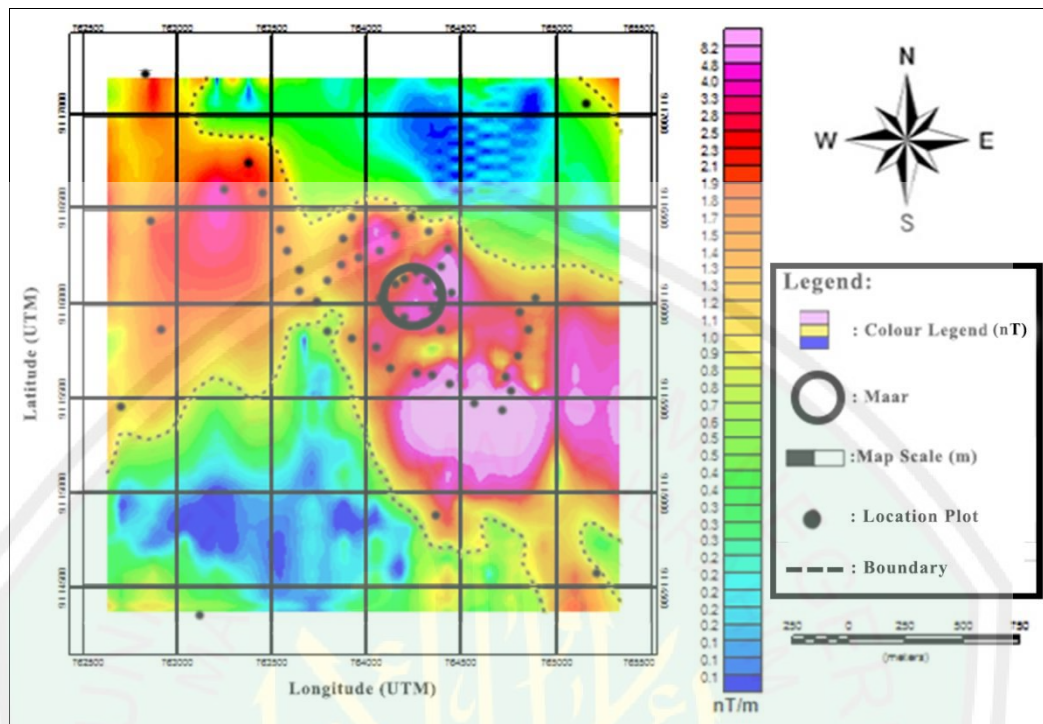
Gambar 4.10 Pola Kontur Anomali Regional terhadap Ketinggian

Nilai anomali magnet positif berkisar antara 0.1 nT sampai 533.7 nT ditafsirkan sebagai batuan yang bersifat magnetik dan ditempati oleh satuan batuan lava dan andesit, sedangkan anomali magnet negatif dengan nilai anomali medan magnetik berkisar antara -274.5 nT sampai -4.3 nT ditafsirkan sebagai batuan yang bersifat non magnetik yaitu kemungkinan ditempati oleh batuan sedimen (tufa), piroklastik dan batuan yang sudah mengalami proses demagnetisasi. Sebagaimana informasi dari Peta geologi lembar Probolinggo (gambar 2.3) yang memperlihatkan bahwa kondisi geologi daerah penelitian didominasi oleh vulkanik Gunung Lamongan, yang meliputi tuf, lahar, breksi gunungapi, lava. Batuan Gunungapi Lamongan cukup luas di bagian tengah lembar dan menindih batuan Gunungapi Argopuro.

4.3.2 Analisis Sinyal

Sinyal analitik merupakan sebuah metode yang dibentuk dengan menggabungkan gradien horizontal dan gradien vertikal pada anomali magnetik. Bentuk hasil dari sinyal analitik tersebut tergantung pada posisi bendanya bukan pada arah magnetisasi benda tersebut, sehingga dengan menggunakan metode sinyal analitik diharapkan dapat mengetahui posisi ataupun arah aliran magma pada daerah Ranu Segaran Merah.

Peta kontur Analisis sinyal menunjukkan bahwa skala yang diperoleh semuanya menunjukkan angka positif tidak ada yang negatif. Hal ini dikarenakan metode sinyal analitik menggunakan akar dari kuadrat turunan pertama seperti pada gradien horizontal, jadi yang awalnya bernilai negatif maka semuanya menjadi positif. Pada sinyal analitik bergerak pada domain X, Y dan Z, Z disini dianggap sebagai kedalaman namun biasanya kedalaman disini dianggap konstan. Untuk nilai satuan dalam sinyal analitik tidak lagi menggunakan induksi magnetik (nT) tetapi menggunakan induksi magnetik per volume (nT/m^3) karena metode ini merupakan turunan pertama dan merupakan gabungan dari gradien horizontal dan gradien vertikal.



Gambar 4.11 Peta Kontur Analisis Sinyal

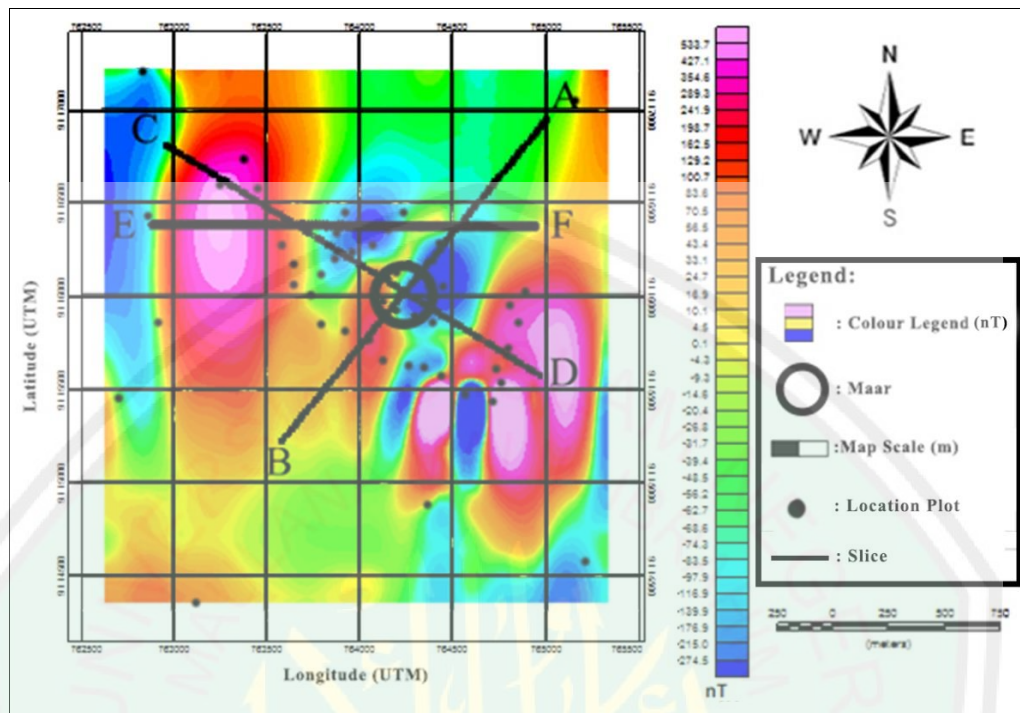
Dari gambar kontur 4.11 diperoleh nilai skala yang berkisar antara 0.1 nT/m^3 sampai dengan 8.2 nT/m^3 . Induksi magnetik per satuan volume (nT/m^3) pada daerah Ranu Segaran Merah memiliki nilai sedang hingga tinggi yang ditafsirkan sebagai aliran magma yang telah membeku menjadi batuan yang berada dibawah permukaan tanah. Aliran magma tergambar dengan intensitas sedang sampai tinggi dari Barat Laut menuju kearah Ranu Segaran Merah sampai ke arah Tenggara.

4.4 Interpretasi Kuantitatif

Interpretasi kuantitatif diperlukan untuk menggambarkan struktur bawah permukaan dari pengukuran data magnetik. Interpretasi ini dilakukan dengan menyayat anomali magnetik dengan klosur negatif dan klosur positif yang terletak

berdampingan. Hal ini disebabkan oleh dipole magnetik. Software yang digunakan untuk pemodelan bawah permukaan adalah *software Oasis Montaj (GM-SYS)*. Prinsip kerja dari *software Oasis Montaj (GM-SYS)* adalah dengan menyamakan bentuk dari anomali pengamatan (*observed*) yang berupa garis putus-putus dengan anomali perhitungan (*calculated*) yang berupa garis tegas.

Interpretasi kuantitatif bertujuan untuk menentukan bentuk atau model dan kedalaman benda anomali atau struktur geologi melalui pemodelan matematis. Untuk melakukan interpretasi kuantitatif, ada beberapa cara dimana antara satu dengan lainnya mungkin berbeda, tergantung dari bentuk anomali yang diperoleh, sasaran yang dicapai dan ketelitian hasil pengukuran. Dalam interpretasi kuantitatif masih terdapat ambiguitas karena bisa saja beragam model, geometri dan kedalaman yang tidak pasti dapat dihasilkan. Untuk menghindari hal demikian maka diperlukan adanya data pendukung yang berupa data geologi daerah penelitian, data suseptibilitas batuan dan data geofisika lainnya.



Gambar 4.12 Anomali Lokal dengan Sayatan Berbagai Lintasan

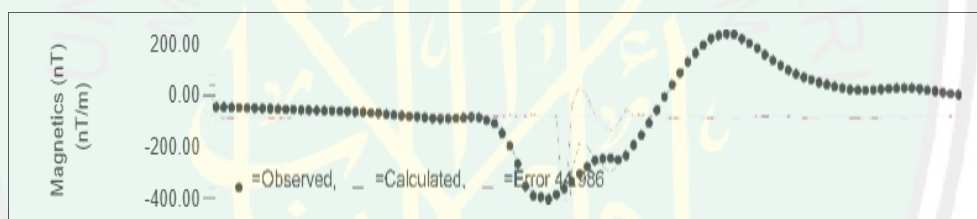
Gambar 4.12 merupakan anomali lokal dengan sayatan yang menunjukkan lintasan A-B, lintasan C-D dan lintasan E-F. Pemodelan bawah permukaan dilakukan dengan menggunakan *software Oasis Montaj (GM-SYS)* berdasarkan sayatan yang telah dibuat pada peta anomali lokal dan disesuaikan dengan data geologi yang ada pada daerah penelitian. Untuk memodelkan bawah permukaan daerah penelitian, perlu diketahui nilai suseptibilitas masing-masing batuan yang ada pada daerah penelitian.

Menurut kondisi geologisnya ditinjau dari peta geologi yang dibuat oleh Suharsono dan T. Suwarti pada tahun 1992 daerah titik-titik akuisi data yang diambil dalam penelitian ini, daerah penelitian didominasi oleh batuan Gunungapi Lamongan yang terdiri dari pasir, tuff halus-lapili, breksi vulkanik, lava lamongan

dan basalt. Selain itu penafsiran nilai suseptibilitas setiap batuan diperlukan pada pemodelan ini.

4.4.1 Penampang Melintang Lintasan A-B

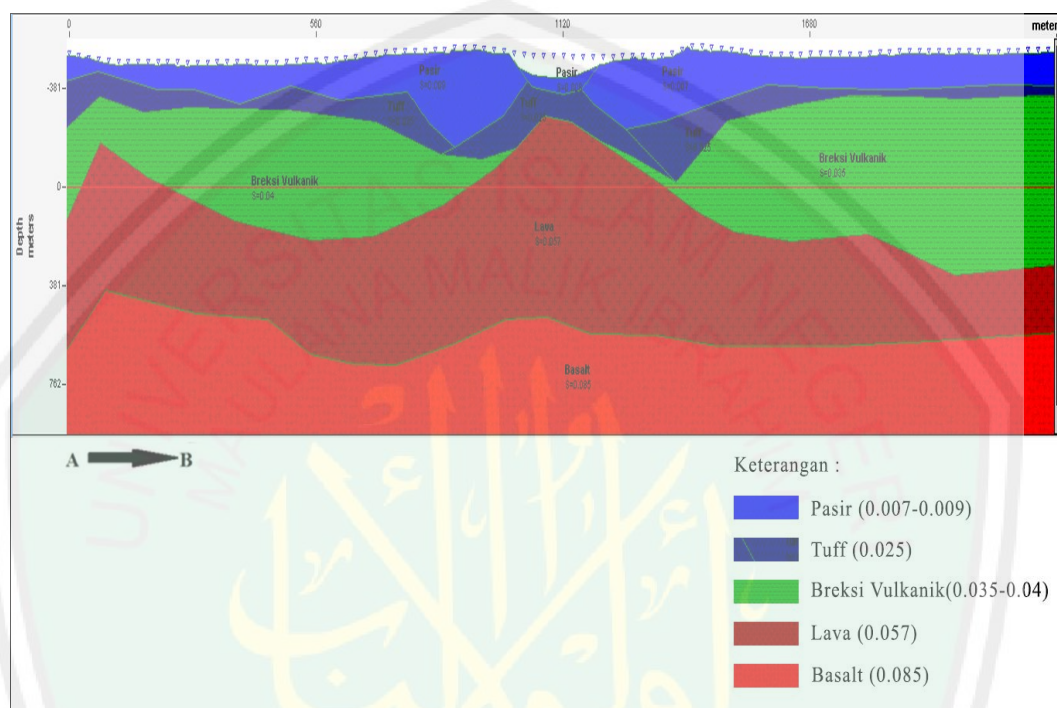
Setelah melakukan sayatan yang telah ditentukan, tahap selanjutnya adalah mengetahui kondisi bawah permukaan dengan membuat pemodelan 2D penampang anomali magnetik lokal lintasan A-B. Lintasan A-B melintang mulai dari arah timur laut sampai arah barat daya melewati Ranu Segaran Merah (Gambar 4.12).



Gambar 4.13 Bentuk Kurva Anomali Observasi dan Kurva Anomali Pemodelan Lintasan A-B

Gambar 4.13 merupakan bentuk kurva dari anomali pengamatan (*observed*) yang berupa garis putus-putus dengan anomali perhitungan atau respon dari pemodelan lapisan (*calculated*) yang berupa garis tegas. Pada pemodelan lintasan A-B nilai error pemodelan ini sebesar 44.986, dimana terdapat beberapa anomali negatif yang terletak pada jarak 0 sampai 1297.79 meter. Anomali positif terletak pada jarak 1297.79 meter sampai 2225.97 meter. Nilai anomali medan magnet lokal pada daerah ranu Segaran Merah memiliki nilai yang besar daripada nilai anomali sekitarnya. Total panjang lintasan A-B adalah 2225.97 meter yang





terdiri dari 99 titik dengan beberapa variasi nilai anomali magnetik sebesar -411.0 nT sampai 240.07 nT.



Gambar 4.14 Penampang 2D Bawah Permukaan Lintasan A-B

Gambar 4.14 merupakan penampang bawah permukaan 2D dari anomali lokal untuk lintasan A-B. Kedalaman pemodelan dari titik pengukuran mencapai 1525.04 meter.

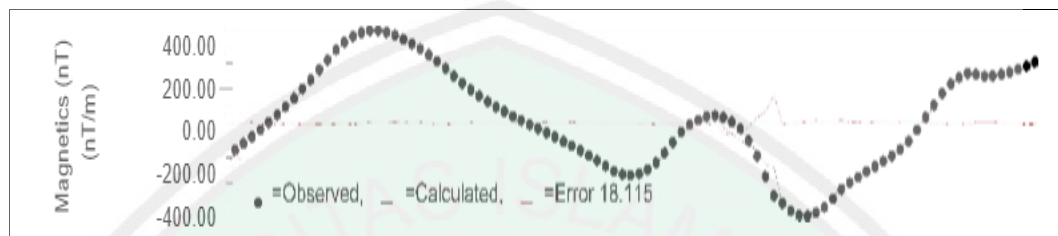
Pada pemodelan lintasan A-B terdapat 5 *body* yang terdiri dari 5 macam batuan. Penampang A-B memberikan informasi bahwasanya batuan yang berada pada daerah penelitian dari hasil pemodelan termasuk batuan beku. Lapisan pertama dengan warna biru ■ ditafsirkan memiliki nilai suseptibilitas sebesar 0.007-0.009 (satuan SI). Nilai suseptibilitas batuan tersebut diduga sebagai batuan pasir dengan *body* pertama dengan tebal 130.75 meter. Pasir berkomponen andesit, basalt, batu apung dan obsidian, berstruktur aliran dan

membentuk lereng di sekitar ranu. Lapisan kedua dengan warna biru tua  dengan nilai suseptibilitas 0.025 (satuan SI). Nilai suseptibilitas batuan tersebut diduga sebagai batuan tuff dengan tebal 48.46 meter. Tuff berukuran halus-lapili, berkomponen batuapung, kepingan batuan dan kaca gunungapi. Lapisan ketiga dengan warna hijau  dengan nilai suseptibilitas 0.035-0.04 (satuan SI). Nilai suseptibilitas batuan tersebut diduga sebagai batuan breksi vulkanik dengan tebal 620.06 meter. Breksi vulkanik berkomponen andesit, basalt, mineral mafik dan sedikit batuapung, berukuran 3-25 centimeter tertanam dalam masa dasar tuff pasir. Lapisan keempat dengan coklat  dengan nilai suseptibilitas 0.057 (satuan SI). Nilai suseptibilitas batuan tersebut diduga sebagai batuan lava dengan tebal 291.8 meter. Lava berstruktur alir dan berulang-ulang, porfiritik dengan fenokris plagiokas, piroksin dan mineral mafik, tertanam pada masa dasar mikrolit plagiokas dan kaca gunungapi bersusun andesitik-basaltik. Lapisan kelima dengan warna merah  dengan nilai suseptibilitas 0.085 (satuan SI). Nilai suseptibilitas batuan tersebut diduga sebagai batuan basalt dengan tebal 437.08 meter. Batuan basalt umumnya terkekarkan dan diduga keluar melalui jalur lemah, berukuran halus sampai sedang terdiri dari felspar, piroksen, mineral mafik dan mineral bijih.

4.4.2 Penampang Melintang Lintasan C-D

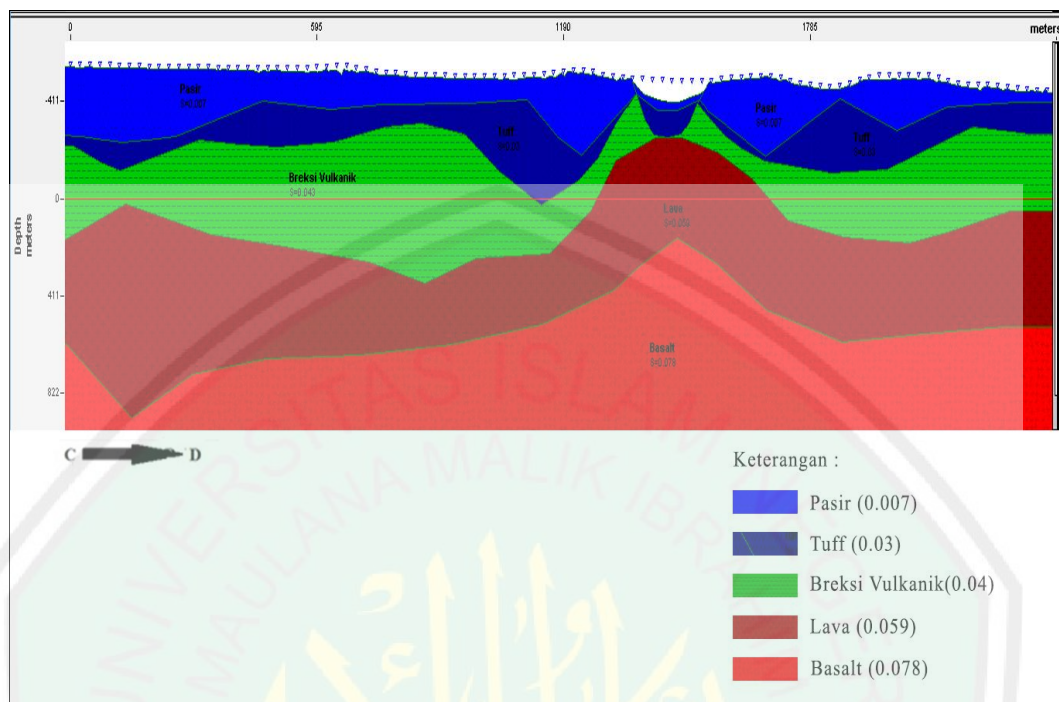
Setelah melakukan sayatan yang telah ditentukan, tahap selanjutnya adalah mengetahui kondisi bawah permukaan dengan membuat pemodelan 2D penampang anomali magnetik lokal lintasan C-D. Lintasan C-D melintang mulai

dari arah barat laut sampai arah tenggara melewati Ranu Segaran Merah (Gambar 4.12).



Gambar 4.15 Bentuk Kurva Anomali Observasi dan Kurva Anomali Pemodelan Lintasan C-D

Gambar 4.15 merupakan bentuk kurva dari anomali pengamatan (*observed*) yang berupa garis putus-putus dengan anomali perhitungan atau respon dari pemodelan lapisan (*calculated*) yang berupa garis tegas. Pada pemodelan lintasan C-D nilai error pemodelan ini sebesar 18.115, dimana terdapat beberapa anomali negatif yang terletak pada jarak 0 sampai 81.29 meter 880.88 meter sampai 1279 meter dan 1448.14 meter sampai 2360.50 meter. Anomali positif terletak pada jarak 81.29 meter sampai 880.88 meter dan 1279 meter sampai 1448.14 meter. Nilai anomali medan magnet lokal pada daerah ranu Segaran Merah memiliki nilai yang besar daripada nilai anomali sekitarnya. Total panjang lintasan C-D adalah 2360.50 meter yang terdiri dari 99 titik dengan beberapa variasi nilai anomali magnetik sebesar -385.84 nT sampai 475.72 nT.



Gambar 4.16 Penampang 2D Bawah Permukaan Lintasan C-D

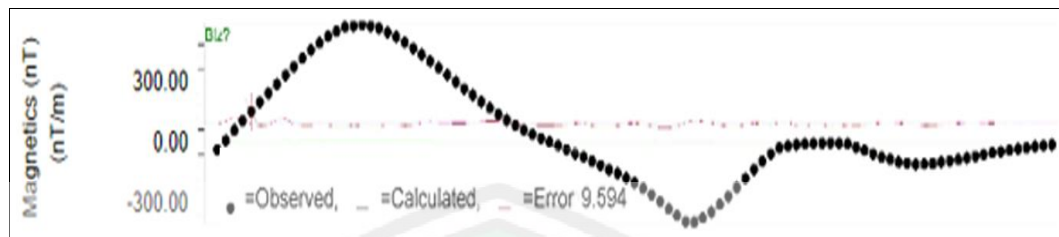
Gambar 4.16 merupakan penampang bawah permukaan 2D dari anomali lokal untuk lintasan C-D. Jarak titik C sampai titik D adalah 1372.26 meter, kedalaman pemodelan dari titik pengukuran mencapai 1505.96 meter.

Pada pemodelan lintasan C-D terdapat 5 *body* yang terdiri dari 5 macam batuan. Penampang C-D memberikan informasi bahwasanya batuan yang berada pada daerah penelitian dari hasil pemodelan termasuk batuan beku. Lapisan pertama dengan warna biru ditafsirkan memiliki nilai suseptibilitas sebesar 0.007 (satuan SI). Nilai suseptibilitas batuan tersebut diduga sebagai batuan pasir dengan tebal 126.82 meter. Pasir berkomponen andesit, basalt, batu apung dan obsidian, berstruktur aliran dan membentuk lereng di sekitar ranu. Lapisan kedua dengan warna biru tua dengan nilai suseptibilitas 0.03 (satuan SI). Nilai suseptibilitas batuan tersebut diduga sebagai batuan tuff dengan

tebal 115.5 meter. Tuff berukuran halus-lapili, berkomponen batuapung, kepingan batuan dan kaca gunungapi. Lapisan ketiga dengan warna hijau ■■■■■ dengan nilai suseptibilitas 0.04 (satuan SI). Nilai suseptibilitas batuan tersebut diduga sebagai batuan breksi vulkanik dengan tebal 328.27 meter. Breksi vulkanik berkomponen andesit, basalt, mineral mafik dan sedikit batuapung, berukuran 3-25 centimeter tertanam dalam masa dasar tuff pasir. Lapisan keempat dengan warna coklat ■■■■■ dengan nilai suseptibilitas 0.059 (satuan SI). Nilai suseptibilitas batuan tersebut diduga sebagai batuan lava dengan tebal 486.32 meter. Lava berstruktur alir dan berulang-ulang, porfiritik dengan fenokris plagiokas, piroksin dan mineral mafik, tertanam pada masa dasar mikrolit plagiokas dan kaca gunungapi bersusun andesitik-basaltik. Lapisan kelima dengan warna merah ■■■■■ dengan nilai suseptibilitas 0.078 (satuan SI). Nilai suseptibilitas batuan tersebut diduga sebagai batuan basalt dengan tebal 477.82 meter. Batuan basalt umumnya terkekarkan dan diduga keluar melalui jalur lemah, berukuran halus sampai sedang terdiri dari felspar, piroksen, mineral mafik dan mineral bijih.

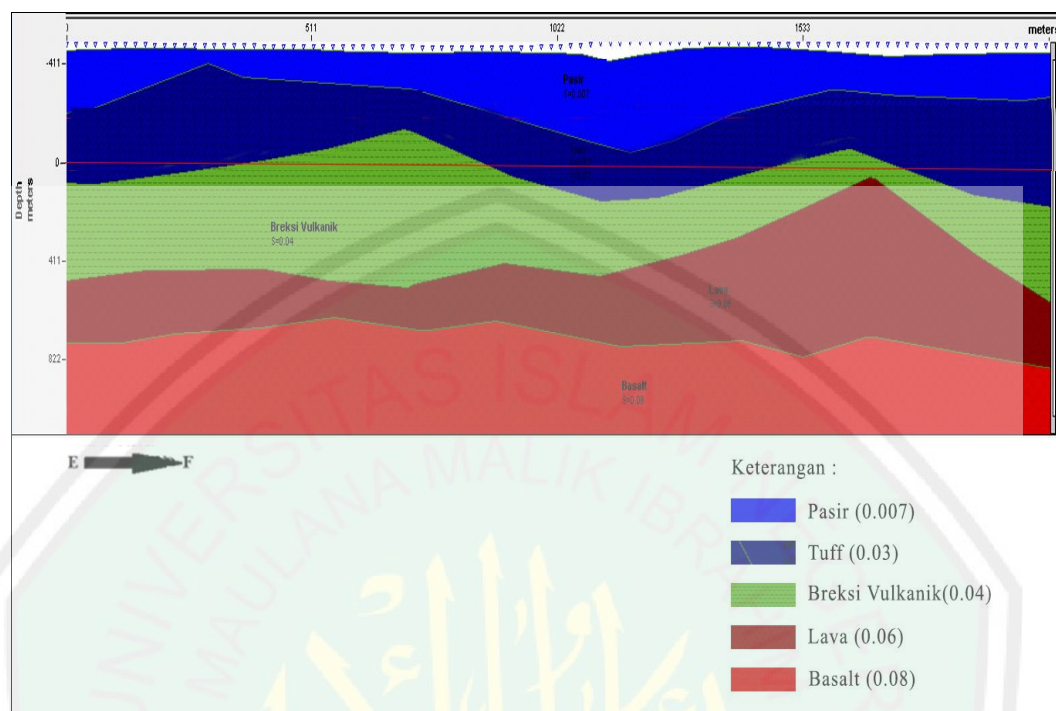
4.4.3 Penampang Melintang Lintasan E-F

Setelah melakukan sayatan yang telah ditentukan, tahap selanjutnya adalah mengetahui kondisi bawah permukaan dengan membuat pemodelan 2D penampang anomali magnetik lokal lintasan E-F. Lintasan E-F melintang mulai dari arah barat sampai timur di sebelah utara ranu Segaran Merah (Gambar 4.12).



Gambar 4.17 Bentuk Kurva Anomali Observasi dan Kurva Anomali Pemodelan Lintasan E-F

Gambar 4.17 merupakan bentuk kurva dari anomali pengamatan (*observed*) yang berupa garis putus-putus dengan anomali perhitungan atau respon dari pemodelan lapisan (*calculated*) yang berupa garis tegas. Pada pemodelan lintasan E-F nilai error pemodelan ini sebesar 12.889, dimana terdapat beberapa anomali negatif yang terletak pada jarak 0 sampai 15.67 meter dan 799.37 meter sampai 2040.75 meter. Anomali positif terletak pada jarak 15.67 meter sampai 799.37 meter. Total panjang lintasan A-B adalah 2040.75 meter yang terdiri dari 99 titik dengan beberapa variasi nilai anomali magnetik sebesar -395.62 nT sampai 577.93 nT.



Gambar 4.18 Penampang 2D Bawah Permukaan Lintasan E-F

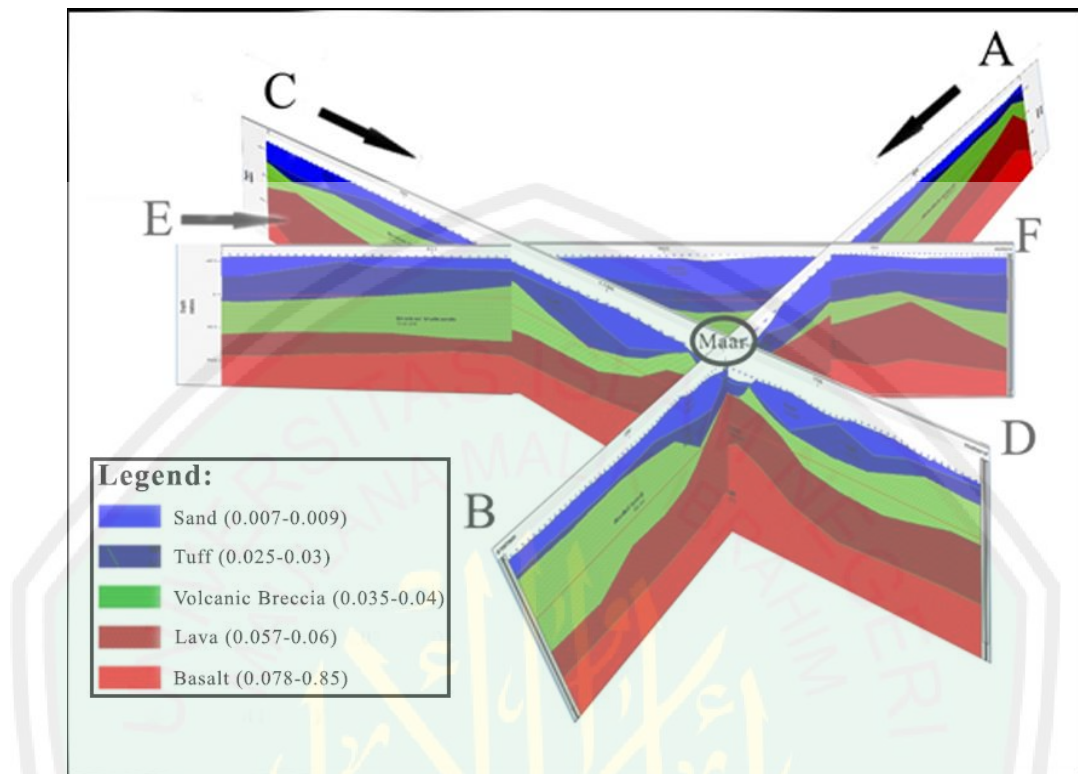
Gambar 4.18 merupakan penampang bawah permukaan 2D dari anomali lokal untuk lintasan E-F. Jarak titik E sampai titik F adalah 2040.75 meter, kedalaman pemodelan dari titik pengukuran mencapai 1513.18 meter.

Pada pemodelan lintasan E-F terdapat 5 *body* yang terdiri dari 5 macam batuan. Penampang E-F memberikan informasi bahwasanya batuan yang berada pada daerah penelitian dari hasil pemodelan termasuk batuan beku. Lapisan pertama dengan warna biru ■ ditafsirkan memiliki nilai suseptibilitas sebesar 0.007 (satuan SI). Nilai suseptibilitas batuan tersebut diduga sebagai batuan pasir dengan tebal 154.05 meter. Pasir berkomponen andesit, basalt, batu apung dan obsidian, berstruktur aliran dan membentuk lereng di sekitar ranu. Lapisan kedua dengan warna biru tua ■ dengan nilai suseptibilitas 0.03 (satuan SI). Nilai suseptibilitas batuan tersebut diduga sebagai batuan tuff dengan tebal 135.42

meter. Tuff berukuran halus-lapili, berkomponen batuapung, kepingan batuan dan kaca gunungapi. Lapisan ketiga dengan warna hijau ■■■■■ dengan nilai suseptibilitas 0,04 (satuan SI). Nilai suseptibilitas batuan tersebut diduga sebagai batuan breksi vulkanik dengan tebal 380.76 meter. Breksi vulkanik berkomponen andesit, basalt, mineral mafik dan sedikit batuapung, berukuran 3-25 centimeter tertanam dalam masa dasar tuff pasir. Lapisan keempat dengan warna coklat ■■■■■ dengan nilai suseptibilitas 0.06 (satuan SI). Nilai suseptibilitas batuan tersebut diduga sebagai batuan lava dengan tebal 407.69 meter. Lava berstruktur alir dan berulang-ulang, porfiritik dengan fenokris plagiokas, piroksin dan mineral mafik, tertanam pada masa dasar mikrolit plagiokas dan kaca gunungapi bersusun andesitik-basaltik. Lapisan kelima dengan warna merah ■■■■■ dengan nilai suseptibilitas 0.08 (satuan SI). Nilai suseptibilitas batuan tersebut diduga sebagai batuan basalt dengan tebal 462.72 meter. Batuan basalt umumnya terkekarkan dan diduga keluar melalui jalur lemah, berukuran halus sampai sedang terdiri dari felspar, piroksen, mineral mafik dan mineral bijih.

4.4.4 Penampang Melintang Lintasan A-B, C-D dan E-F

Model penampang 3 dimensi (3D) merupakan hasil hasil gabungan dari penampang lintasan A-B, C-D dan E-F menggunakan bantuan software photoshop. Model ini memberikan informasi mengenai kondisi lapisan bawah permukaan dengan korelasi antar setiap lapisan hasil pemodelan penampang lintasan tersebut. Melalui model 3 dimensi (3D) diharapkan dapat menggambarkan struktur batuan penyusun bawah permukaan Ranu Segaran Merah, sehingga dapat memudahkan proses interpretasi secara vertikal.



Gambar 4.19 Model 3D Penampang Lintasan A-B, C-D dan E-F

Hasil pemodelan bawah permukaan 3D memberikan gambaran struktur bawah permukaan yang lebih nyata dan jelas. Berdasarkan pada pemodelan ini terlihat bahwa batuan geologi bawah permukaan Ranu Segaran Merah didominasi oleh batuan basalt berukuran halus sampai sedang yang terdiri dari felspar, mineral mafik dan mineral bijih.

Maar memiliki karakteristik bentuk gunungapi negatif, yakni membentuk suatu lubang dalam ke bawah permukaan dan dikelilingi oleh endapan hasil letusan berbentuk menyerupai cincin.

Secara umum, aktivitas gunungapi maar dapat berupa letusan freatik, freatomagmatik, dan magmatik. Letusan freatik terjadi jika pancaran panas magma bersentuhan dengan air tanah di dalam batuan dasar, yang kemudian

berubah menjadi uap dengan tekanan semakin tinggi karena adanya batuan penudung (*cap rocks*). Letusan dapat terjadi jika tekanan uap air panas itu sudah lebih besar dari tekanan batuan penudung dan batuan di atasnya. Letusan freatik tersebut menghasilkan material hamburan dalam berbagai ukuran yang berasal dari batuan dasar (*non magmatic material* atau endapan hidroklastika) sebagai akibat proses letusan. Pada letusan freatomagmatik sebagian kecil komponen magma (*magmatic material*) sudah ikut terlontarkan ke luar, sedangkan bahan utama hasil letusan magmatik berasal langsung dari magma itu sendiri yang kemudian membentuk endapan piroklastika. Apabila tekanan gas di dalam magma itu sudah melemah, maka magma keluar secara lelehan (*effusive eruptions*), dapat berupa aliran lava, kubah lava atau sumbat lava. Dengan demikian, secara lengkap rangkaian erupsi gunungapi maar diawali oleh letusan freatik, kemudian dilanjutkan dengan letusan freatomagmatik dan magmatik, serta diakhiri dengan erupsi lelehan lava.

Gunung Lamongan merupakan sebuah gunungapi yang cukup terkenal karena karakteristik yang dikelilingi oleh banyak maar, baik maar kering (*dry maar*) maupun yang telah terisi air dan menjadi danau (*water-filled maar*). Ranu Segaran Merah merupakan salah satu maar yang berada pada geologi daerah Gunung Lamongan yang terisi air dan menjadi danau (*water-filled maar*). Cekungan yang terbentuk akibat letusan eksplosif kemungkinan telah memotong muka air tanah sehingga air tanah bergerak sebagai aliran air tanah melalui pori-pori batuan atau melalui rekahan pada batuan bawah permukaan dan terkumpul pada cekungan yang terbentuk dan menjadi danau.

4.5 Integrasi Penelitian dengan al-Qur'an dan Hadist

Setiap lapisan bumi mempunyai sifat atau kandungan mineral yang berbeda-beda, sesuai dengan kedalaman lapisan atau sesuai dengan keadaan geologi lapisan tersebut. Keadaan lapisan bumi seringkali tampak dari warnanya, sebagai contoh tanah lempung yang berwarna kemerah-merahan akan lain sifatnya dengan tanah yang berwarna hitam kecoklat-coklatan. Tanah berbukit yang berwarna putih biasanya banyak mengandung kapur. Adapula lapisan tanah yang berwarna kuning dan ini menunjukkan tanah tersebut banyak mengandung belerang. Keadaan geologi lapisan bumi yang dibedakan dari warnanya, ternyata diungkapkan juga di dalam Al-Qur'an, lihatlah ayat berikut ini (Wardhana, 2004):

أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ ثَمَرَاتٍ مُخْتَلِفًا أَلْوَانُهَا ۗ وَمِنَ الْجِبَالِ جُدَدٌ بَيْضٌ وَحُمْرٌ مُخْتَلِفٌ أَلْوَانُهَا وَغَرَابِيبُ سُودٌ

“Tidakkah kamu melihat bahwasanya Allah menurunkan hujan dari langit lalu Kami hasilkan dengan hujan itu buah-buahan yang beraneka macam jenisnya. dan di antara gunung-gunung itu ada garis-garis putih dan merah yang beraneka macam warnanya dan ada (pula) yang hitam pekat” (Q.S Al-Fathir: 27).

Kata (جدد) judad adalah bentuk jamak dari kata (دجة) juddah yakni jalan. Kata (ضئيد) bidh adalah bentuk jamak dari kata (أضئيد) abyadh, kata (وسد) sud adalah bentuk jamak dari kata (أسود) aswad/hitam, dan kata (رمد) humur adalah bentuk jamak dari kata (أحمر) ahmar. Adapun kata (رغابيب) gharabib adalah bentuk jamak dari kata (بئيرغ) ghirbib yaitu yang pekat (sangat) hitam. Sebenarnya istilah yang lumrah dipakai adalah (رغاوسد بئيد) sud gharabib/hitam pekat, tetapi redaksi ayat ini membalikinya untuk menggambarkan kerasnya kepekaan itu (Shihab, 2002).

Menurut tim penyusun tafsir al-muntakhab, kemukjizatan ayat ini dari segi ilmu pengetahuan bukan saja tampak ketika ia menyebutkan bahwa warna gunung yang bermacam-macam itu disebabkan adanya perbedaan materi-materi yang dikandung oleh bebatuan gunung-gunung itu. Jika materinya besi, maka warna dominannya adalah merah: jika materinya batu bara, maka warna dominannya hitam: jika materinya perunggu, maka gunung tersebut berwarna kehijau-hijauan: dan seterusnya (Shihab, 2002).

Menurut kondisi geologisnya ditinjau dari peta geologi dan juga penelitian yang telah dilakukan pada daerah penelitian, daerah penelitian didominasi oleh batuan Gunungapi Lamongan yang terdiri dari pasir, tuff halus-lapili, breksi vulkanik, lava lamongan dan basalt. Lava (Qvll) berwarna coklat kelabu dan kehitaman, breksi berwarna kelabu kehitaman, tuff dan lahar berwarna abu-abu kehitaman. Karena kemunculan magma itu dari kedalaman yang berbeda, maka kandungannya menjadi berbeda pula. Magma yang berproses dari kedalaman yang berbeda, pada akhirnya mengkristal membentuk gundukan-gundukan atau gunung-gunung yang beraneka ragam warna dan materinya.

Sebagaimana al-Quran, hadist Rasulullah SAW juga menegaskan tentang keberadaan tujuh lapis bumi. Rosulullah SAW pernah bersabda:

"عن سعيد بن زيد بن عمرو بن نفيل أنه خاصمته أروى- في حق زعمت أنه انتقصه لها- إلى مر وان فقال سعيد: أنا أنتقص من حقها شيئاً؟ أشهد لسمعت رسول الله صلى الله عليه وسلم يقول: من أخذ شبراً من الأرض ظلماً فإنه يطوقه يوم القيامة من سبع أرضين". (رواه البخاري)

"Dari Said bin Zaid bin Amr bin Nufail, ia dibantah oleh para musuh terhadap hak kepemilikan sebidang tanah. Kemudian Sa'id berkata: Apakah aku mengambil sesuatu atau mengurangi haknya? Aku bersaksi, aku benar-benar

mendengar Rasulullah SAW bersabda: “Barang siapa yang mengambil sejengkal tanah secara zhalim, sesungguhnya ia akan dibebani tujuh (lapis) bumi pada hari kiamat nanti.” (HR. Bukhari).

Jika dilihat dari redaksi hadits (tekstual), maka terdapat dua kata kunci yaitu: pertama, hadits tersebut secara umum melarang segala bentuk kezaliman, dan lebih spesifik lagi tindakan menyerobot tanah milik orang lain. Kedua, banyak juga yang menyorot hadits ini dan kemudian dihubungkan dengan keadaan lapisan bumi yang menyatakan adanya 7 (tujuh) lapisan yang dimiliki bumi. Mufradath (سبع أرضين) memiliki arti tujuh lapis bumi (Software Maktabah Tsamilah).

Dari hasil penelitian tergambar beberapa lapisan batuan/ tanah penyusun bumi yang berbeda-beda. Macam-macam batuan tersebut meliputi tuf, lahar, breksi gunungapi, lava. Batuan gunung api ini merupakan hasil kegiatan Gunungapi Lamongan dan dari pusat erupsi parasit yang ada pada lerengnya. Data geologi sebelumnya menyatakan bahwa hasil erupsi Gunung Lamongan sebenarnya cukup luas di bagian tengah lembar dan menindih batuan Gunungapi Argopuro.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, pengolahan dan interpretasi data geomagnetik maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Nilai anomali lokal positif ditafsirkan sebagai batuan batuan lava dan andesit, sedangkan anomali magnet negatif ditafsirkan sebagai batuan sedimen (tufa), piroklastik dan batuan yang sudah mengalami proses demagnetisasi. Berdasarkan hasil interpretasi kontur analisis sinyal menunjukkan bekas aliran magma diduga berasal dari arah barat laut menuju ke arah tenggara melewati Ranu Segaran Merah.
2. Pada daerah penelitian ini didominasi oleh batuan Gunungapi Lamongan yang terdiri dari pasir, tuff halus-lapili, breksi vulkanik, lava lamongan dan basalt. Ranu Segaran Merah merupakan maar yang berbentuk cekungan yang terbentuk akibat letusan eksplosif kemungkinan telah memotong muka air tanah sehingga aliran air tanah bergerak melalui pori-pori batuan atau rekahan dan terakumulasi pada cekungan yang terbentuk dan menjadi danau.

5.2 Saran

Perlu penelitian lanjutan baik dari metode geofisika lain, geologi maupun geokimia dengan memperluas daerah penelitian agar identifikasi sumber air yang terdapat pada Ranu Segaran Merah, arah aliran magma dan pemodelan struktur bawah permukaan terpetakan secara detail. Selain itu juga, perlu dilakukan

interpretasi data magnetik secara *inversi* yang dapat dibandingkan dengan metode *forward modeling* yang telah dilakukan pada penelitian ini.



DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadi, Abu. 1998. *Psikologi Umum*. Jakarta: Aneka Cipta Al-Qur'an.
- Alzwar, Muzil. 1988. *Pengantar Ilmu Gunungapi*. Bandung: Nova.
- An-Najjar, Zaghul. 2006. *Pembuktian Sains dalam Sunah*. Jakarta: Amzah.
- Blakely, Richard J. 1995. *Potential Theory in Gravity and Magnetic Application*. New York: Cambridge University Press.
- Bronto S, dkk. 1986. *Peta Geologi G. Lamongan Lumajang Jawa Timur*. Bandung: Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG).
- Carn, S.A. 1999. *Application of Synthetic Aperture Radar (SAR) Imagery to Volcano Mapping In The Humid Tropics: A Case Study In East Java, Indonesia*. Bull Volcano 61, 92-105.
- Kahfi, Rian Arifan dan Tony Yulianto. 2008. *Identifikasi Struktur Lapisan Bawah Permukaan Daerah Manifestasi Emas Dengan Menggunakan Metode Magnetik di Papandayan Garut Jawa Barat*. Berkala Fisika. Vol 11 , No.4, Oktober 2008.
- Prakosa, Budi Brilian. 2013. *Karakterisasi Endapan Maar Ranu Segaran, Ranu Agung, Dan Ranu Katak Serta Evolusi Magma Pembentuk Maar di Kecamatan Tiris, Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur*. Tesis. Yogyakarta: UGM.
- Reynolds, Jhon m. 2005. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. USA : John Wiley and Sons.
- Robinson E.S. 1988. *Basic Exploration Geophysics*. New York: John Wiley & Sons.
- Santoso, Djoko. 2002. *Diktat Kuliah TG-424 Eksplorasi Energi Panas Bumi*. Jurusan Teknik Geologi. Bandung: ITB.
- Sarkowi, Muh. 2010. *Buku Ajar Pengantar Teknik Geofisika*. Lampung: Universitas Lampung.
- Shihab, M. Quraish. 2002. *Tafsir Al Misbah: pesan, kesan dan keserasian Al-Qur'an*. Jakarta: Lentera Hati.
- Siahaan, Barita. 2009. *Penentuan Struktur Pada Zona Hydrokarbon Daerah "X" Menggunakan Metode Magnetik*. Skripsi. Depok: Universitas Indonesia.

- Solihin. 2005. *Klasifikasi Batuan Berdasarkan Suseptibilitas Magnetik*. Yogyakarta: Pusat Penelitian Metalogi-LIPI.
- Sudarmojo, Agus Haryo. 2008. *Menyimak Rahasia Sains Bumi dalam Al-Qur'an*. Bandung: Mizania.
- Suharsono dan Suwanti, T. 1992. *Peta Geologi Lembar Probolinggo, Jawa Skala 1:100.000*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geolog.
- Sukhyar. 1980. *Volcanological Survey of Indonesia*. Bandung: ESDM.
- Telford, W. N., Geldard, L. P., dan Sherrif, R. E. and Keys, D.A., 1979, *Applied Geophysics*. New York: Cambridge University Press.
- Tjasyono, Bayong. 2006. *Ilmu Kebumihan dan Antariksa*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Untung, Muhammad. 2001. *Dasar-Dasar Magnet dan Gaya berat serta Beberapa Penerapannya (seri Geofisika)*: Himpunan Mahasiswa Geofisika Indonesia.
- Van Bemmelen, R.W. 1949. *The Geology of Indonesia Vol 1-A General Geology*. Goverment Printing Office, The Hague, Netherland, 732 h.
- Wardhana, Wisnu Arya. 2004. *Al Qur'an dan Energi Nuklir*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.



LAMPIRAN

LAMPIRAN

Lampiran 1

1. Data Hasil Penelitian Geomagnetik

a. Hari Pertama (Rabu, 24 Desember 2016)

No	Nama Titik	Posisi		Elevasi (m) z	Waktu		Anomali Total (nT)
		Bujur	Lintang		Jam	Menit	
1	NL1	113.3959	-7.99061	504.2082	6	30	-438.9
2	NL2	113.3958	-7.99033	509.5497	6	34	-111.7
3	NL3	113.3957	-7.98988	512.8817	6	37	-244.6
4	NL4	113.3958	-7.98941	507.5397	6	40	199.8
5	NL5	113.3961	-7.98914	508.4081	6	42	-22.7
6	NL6	113.3966	-7.98898	507.7021	6	44	143.8
7	NL7	113.397	-7.98893	504.3293	6	46	289.1
8	NL8	113.3975	-7.98881	508.1741	6	48	475.9
9	NL9	113.3979	-7.98892	507.5514	6	50	149.5
10	NL10	113.3983	-7.98919	509.3498	6	52	-82.1
11	NL11	113.3986	-7.98969	508.714	6	55	-193.7
12	NL12	113.3984	-7.99008	509.8666	6	57	-118.4
13	NL13	113.3976	-7.99074	506	7	3	-148.6
14	NL14	113.3981	-7.99044	504.1014	7	5	-38.6
15	NL15	113.3979	-7.99073	508.2678	7	8	79.9
16	NL16	113.3972	-7.9911	506.3432	7	10	55.4
17	NL17	113.3968	-7.99114	505.6695	7	12	-166.8
18	NL18	113.3964	-7.99098	507.0879	7	14	-279.8

No	Pembacaan (nT)						
	1	2	3	4	5	Modus	Base
1	44239.3	44220	44249.9	44316	44174.4	44220	44658.9
2	44544.2	44517.3	44525.4	44547.2	44547.2	44547.2	44658.9
3	44396.2	44401	44413.5	44428.1	44416	44413.5	44658.1
4	44856.9	44856.2	44832.9	44841.9	44858.4	44856.2	44656.4
5	44673.8	44682.7	44638.6	44616.5	44633.7	44633.7	44656.4
6	44874.2	44800.2	44771	44858.4	44884.6	44800.2	44656.4
7	44945.2	44889.6	44887.2	44956.1	44974.8	44945.2	44656.1
8	45132.9	45079.4	45050.7	45111.5	45132	45132	44656.1
9	44868.1	44821.2	44803.9	44817.9	44852.1	44803.9	44654.4
10	44572.3	44574.9	44597.4	44594.7	44578.3	44572.3	44654.4
11	44493	44477.1	44459.6	44457.5	44469.9	44457.5	44651.2
12	44509.4	44532.8	44540.3	44537.5	44510.7	44532.8	44651.2
13	44519.9	44527.9	44504.1	44518.3	44509.9	44504.1	44652.7
14	44613.3	44615.4	44604.6	44616.8	44614.2	44613.3	44651.9

15	44725.2	44740.3	44731.8	44734.4	44749.5	44731.8	44651.9
16	44707.4	44680.8	44671.9	44708.9	44726.8	44707.4	44652
17	44489.3	44512.4	44485.2	44468.6	44920.8	44485.2	44652
18	44372.2	44399.1	44412.4	44374.1	44394.6	44372.2	44652

b. Hari Kedua (Kamis, 25 Desember 2016)

No	Nama Titik	Posisi		Elevasi Z	Waktu		Anomali Total (nT)
		Bujur	Lintang		Jam	Menit	
1	NL 19	113.3902	-7.98492	543.2649	7	55	-268.9
2	NL 20	113.3907	-7.98671	537.6995	8	2	-159.4
3	NL 21	113.3911	-7.98763	530.9064	8	5	-256.6
4	NL 22	113.3916	-7.98874	513.4503	8	10	-280.2
5	NL 23	113.4005	-7.99493	443.4444	8	15	-238.7
6	NL 24	113.3916	-7.98976	508.2889	8	18	-380.5
7	NL 25	113.3927	-7.99039	515.3858	8	21	-370.8
8	NL 26	113.3929	-7.9914	519.8301	8	27	-367
9	NL 27	113.394	-7.99152	526.9883	8	30	-179.8
10	NL 28	113.3952	-7.99192	529.1867	8	34	-353.1
11	NL 29	113.3958	-7.99276	528.6934	8	38	-396.3
12	NL 30	113.3966	-7.99313	518.8805	8	42	-57.4
13	NL 31	113.3976	-7.99312	490.2863	8	45	-185.1
14	NL 32	113.3985	-7.99346	471.7875	8	49	-283.3
15	NL 33	113.3992	-7.99415	457.5598	8	54	-1078.3
16	T31N	113.4066	-7.98687	534.6436	9	17	-459.4
17	T40N	113.3849	-7.9796	612.1341	10	47	51.7
18	T8N	113.3987	-8.00046	431.1546	10	57	-223.9
19	T35N	113.3891	-7.98368	563.3843	11	14	-8.8
20	T37N	113.3878	-7.98465	559.2261	11	21	-391.1
21	T36N	113.3847	-7.98607	564.1559	11	31	-408.3
22	T06N	113.3853	-7.99166	523.7549	11	40	-354.2
23	T05N	113.3833	-7.99527	523.2176	11	52	-264.4
24	T34N /8	113.3932	-7.9886	519.0027	13	16	-304
25	T154N	113.3874	-8.00487	511.1107	13	37	-160.8
26	NL 34	113.4017	-7.99522	446.5905	14	21	-784.2
27	NL 35	113.4021	-7.99429	459.2211	14	29	-560.7
28	NL 36	113.4021	-7.99333	474.056	14	31	-269.4
29	NL 37	113.4024	-7.9924	487.0583	14	34	95.2
30	NL 38	113.4027	-7.99151	498.6572	14	38	433.4
31	NL 39	113.4025	-7.99054	512.9489	14	41	-153.7
32	NL 40	113.4027	-7.99016	520.9427	14	43	286.7
33	NL 34	113.4017	-7.99522	446.5905	14	21	-784.2

No	Pembacaan (nT)						
	1	2	3	4	5	Modus	Base
1	44416.5	44409.6	44396	44388.6	44407.1	44407.1	44676
2	44478.5	44517.2	44532.1	44511.8	44524.9	44517.2	44676.6
3	44437.4	44472.6	44487.8	44448.9	44420.6	44420.6	44677.2
4	44411.2	44400.2	44424.7	44421.1	44406.7	44400.2	44680.4
5	44512	44492.8	44508.2	44442.6	44330.5	44442.6	44681.3
6	44322.3	44307.8	44338.2	44301.5	44388.4	44301.5	44682
7	44313.5	44311.2	44351.5	44391.5	44395.9	44311.2	44682
8	44409	44384.2	44392.6	44315.4	44450.3	44315.4	44682.4
9	44487.1	44508.5	44477.7	44503.2	44533.7	44503.2	44683
10	44419.5	44427.4	44369.2	44342.6	44330.4	44330.4	44683.5
11	44559.5	44610.6	44499.2	44328.4	44288.5	44288.5	44684.8
12	44690.6	44627.4	44570.4	44417.5	44704.3	44627.4	44684.8
13	44535.9	44502	44570	44609.5	44507.5	44502	44687.1
14	44479.6	44485.8	44413.9	44404.5	44395.5	44404.5	44687.8
15	43660.4	43647.7	43610.5	43495.6	43669.5	43610.5	44688.8
16	44239.8	44245	44242.8	44243	44251.2	44245	44704.4
17	44753.1	44740.8	44753.9	44751.9	44809.2	44753.9	44702.2
18	44480.7	44492	44479.9	44481.4	44491.2	44479.9	44703.8
19	44697.1	44693.1	44693.1	44693.2	44689.2	44693.1	44701.9
20	44297.8	44303.8	44298.2	44308.6	44308.6	44308.6	44699.7
21	44286	44289.6	44289.2	44285.6	44285	44289.6	44697.9
22	44343.1	44324.9	44355	44342.6	44358.8	44343.1	44697.3
23	44428	44423	44425.4	44436	44439.1	44425.4	44689.8
24	44631.3	44552.7	44469.4	44400.1	44243.1	44400.1	44704.1
25	44526.6	44522.9	44541.2	44549.8	44513.9	44526.6	44687.4
26	43876.4	43894.1	43889	43896.9	43868.3	43894.1	44678.3
27	44211.3	44144.3	44118	44155.7	44176.5	44118	44678.7
28	44373.6	44418.4	44409.3	44421.6	44437.8	44409.3	44678.7
29	44779.6	44776.9	44747.5	44750.7	44772.2	44772.2	44677
30	45124.7	45144.1	45109.5	45097	45096.5	45109.5	44676.1
31	44508.1	44540.1	44522.4	44529.9	44546.1	44522.4	44676.1
32	44888.8	44961.4	44968.2	44939.2	44909.1	44961.4	44674.7
33	43876.4	43894.1	43889	43896.9	43868.3	43894.1	44678.3

c. Hari Ketiga (Jum'at, 26 Desember 2016)

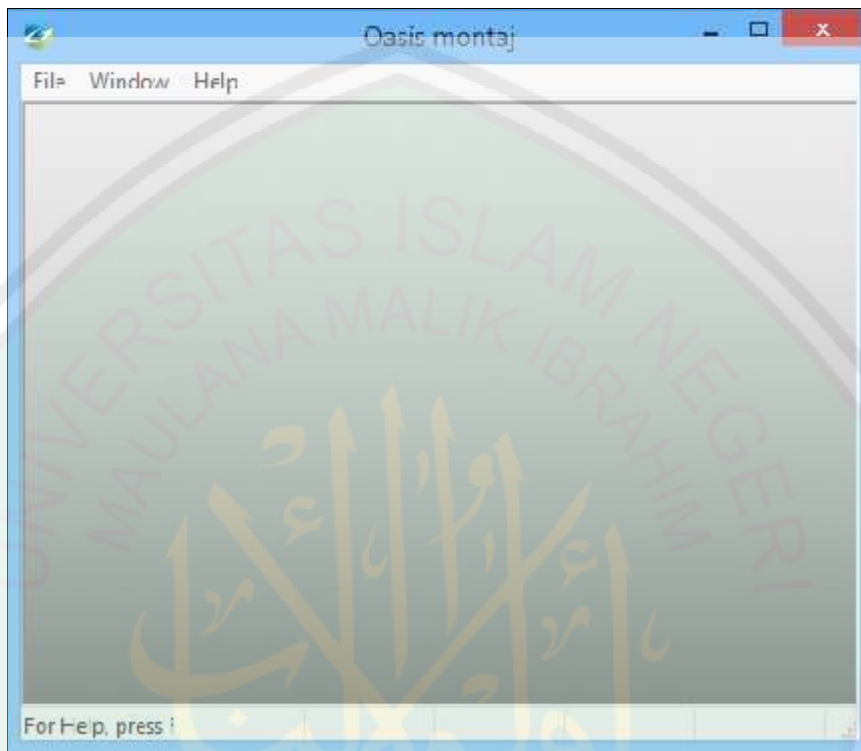
No	Nama Titik	Posisi		Elevasi	Waktu		Anomali Total (nT)
		Bujur	Lintang	Z	Jam	Menit	
1	NL41N	113.3927	-7.98931	507.260071	6	37	-224.2
2	NL42N	113.3932	-7.98862	512.312317	6	44	-277.8
3	NL43N	113.3933	-7.98772	516.507568	6	50	-276.5
4	NL44N	113.3943	-7.98795	527.682556	6	56	-210.4
5	NL46N	113.3957	-7.98741	572.262817	7	1	-64.5
6	NL47N	113.3967	-7.98714	575.796631	7	5	-61.2
7	NL48N	113.3975	-7.98768	569.926697	7	11	-425.6
8	NL49N	113.3983	-7.98810	557.684814	7	17	-892.7
9	NL50N	113.3988	-7.98751	551.498901	7	22	-629.6
10	NL51N	113.3988	-7.98899	526.000061	7	30	-111.8
11	NL52N	113.3990	-7.98995	538.895935	7	40	-123.2
12	NL53N	113.3987	-7.99069	539.800354	7	46	265.8
13	NL54N	113.3981	-7.98704	551.117188	7	50	-5.6
14	NL55N	113.3972	-7.98652	567.807129	8	16	-219.3
15	NL56N	113.3961	-7.98662	577.840027	8	25	-453.4
16	NL57N	113.3935	-7.98695	525.514893	8	35	-331.7
17	NL56N	113.3952	-7.98824	554.987183	8	48	-19.2

No	Pembacaan (nT)						
	1	2	3	4	5	Modus	Base
1	44462	44444.4	44436.3	44427.9	44456.5	44427.9	44652.1
2	44403.9	44396	44375.1	44371.9	44385.7	44371.9	44649.7
3	44356	44360.5	44331.5	44378	44373.3	44373.3	44649.8
4	44444.7	44433.7	44434.7	44428.8	44443.5	44433.7	44644.1
5	44571.1	44620.1	44565.1	44582.8	44582	44582	44646.5
6	44584	44504.6	44589.7	44641.9	44573.9	44584	44645.2
7	44264.6	44308.8	44280.4	44219.3	44310.6	44219.3	44644.9
8	43754.3	43822.7	43914	43840.8	43783.5	43754.3	44647
9	43938.5	43940.7	44088.8	44046.1	44016.8	44016.8	44646.4
10	44536.8	44598.3	44565	44534.4	44546.4	44534.4	44646.2
11	44554.2	44259.3	44525.2	44545.7	44547	44525.2	44648.4
12	44914.8	44842.9	45054.3	45027.9	44933.3	44914.8	44649
13	44706.4	44526.7	44485.2	44643.4	44670.6	44643.4	44649
14	44499.6	44435.9	44459.1	44387.8	44365.2	44435.9	44655.2
15	44296.3	44045.9	44340.2	44282	44202.7	44202.7	44656.1
16	44604.7	44327.3	44276.7	44392.3	44566.6	44327.3	44659
17	44644.4	44669.4	44679.3	44701.1	44714	44644.4	44663.6

LAMPIRAN 2

Memulai Program Oasis Montaj dan Membuat Project Baru

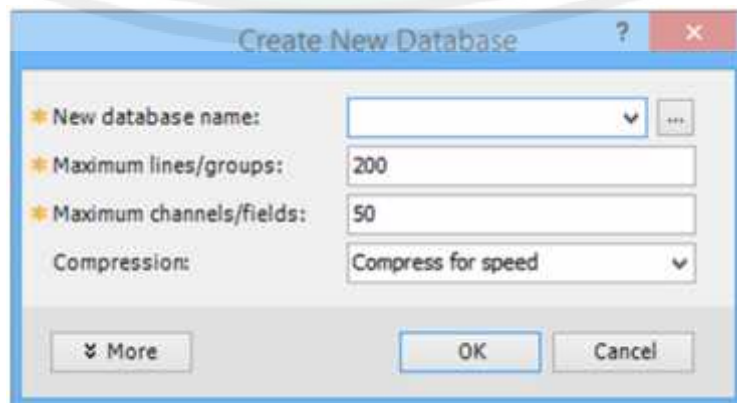
1. Pada *start menu* pilih *program*, pilih *Geosoft*
2. Pilih *Oasis Montaj*, muncul jendela windows program *Oasis Montaj*



3. Klik *File*
4. Klik *Project*
5. Klik *New Project*

Membuat Database baru

1. Pada menu *Database*, klik *New Database*
2. Akan muncul kotak dialog *Create New Database*



3. Masukkan *New database name* misalnya data.gdb dan simpan pada folder yang ditentukan
4. Tentukan *maximum lines/groups* dan *Maximum channels/ fields* (Nilai default adalah 200 dan 50)
5. Klik OK untu membuat database baru dengan nama database yang telah tentukan tadi (data.gdb) ekstensi.

Import Database

1. Pada menu *Database*, klik *Import*
2. Pilih file ekstensi yang akan diimport, misalnya *Geosoft XYZ data (Yes)*



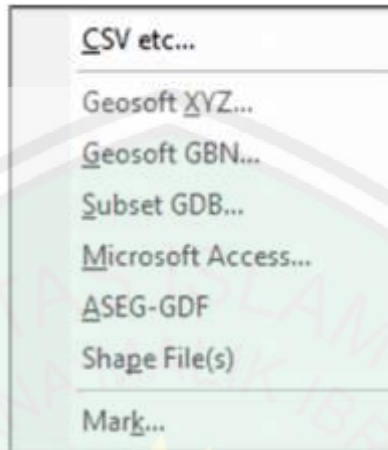
3. Akan muncul kotak dilaoog *Import XYZ data*



4. Pilih *XYZ data file* yang akan diimport (*.XYZ)
5. OK

Export Database

1. Pada menu *Database*, klik *Export*
2. Pilih file ekstensi hasil export, misalnya *Geosoft XYZ data (*.XYZ)*



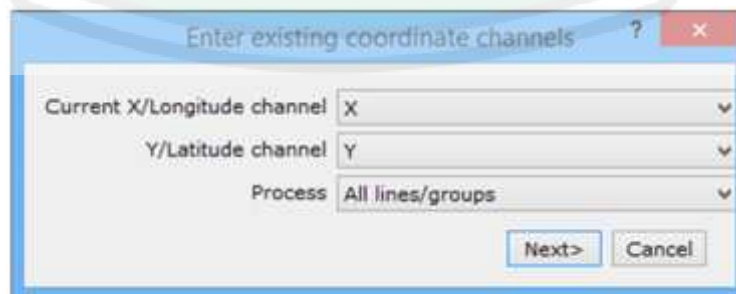
3. Akan muncul kotak dialog *Export XYZ data*



4. Masukkan nama file ekstensi XYZ data file (*.XYZ)
5. Masukkan Export template (default)
6. OK

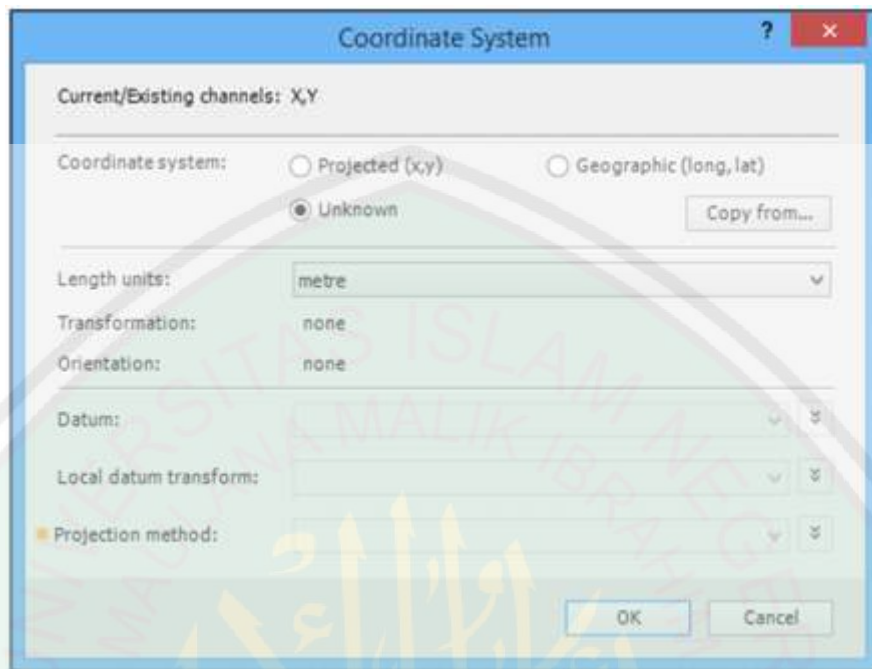
Merubah sistem koordinat

1. Pada menu *Coordinates*, klik *New Coordinate channels*.
2. Kotak dialog *Enter existing channels* akan muncul.

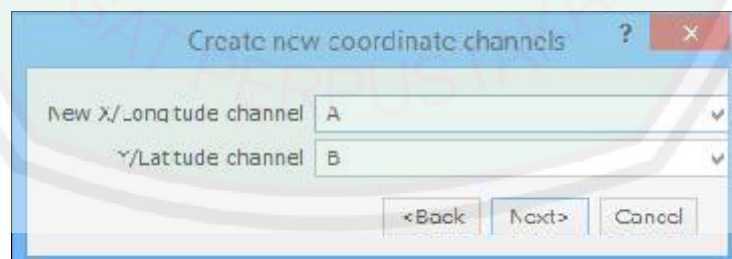


3. Pilih koordinat X dan Y yang akan diubah untuk mengatur sistem koordinat.
4. Klik Next.

5. Kotak dialog *Coordinate System* akan muncul. Dialog ini menampilkan sistem koordinat untuk database.



1. Pilih *Coordinate system* awal yang akan dikonversi (*Geographic (long,lat)*).
2. Masukkan juga *Datum* dan *Local datum transform* titik acuan yang sesuai
3. Klik OK.
4. Akan muncul kotak dialog *Create new coordinate channels*. Pilih koordinat baru misalnya A dan B.
5. Klik Next.

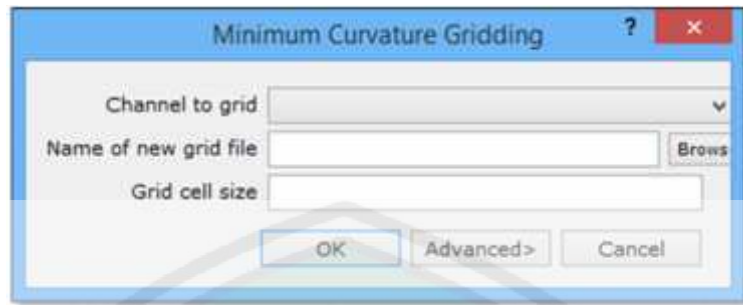


6. Akan muncul kotak dialog *Coordinate System* seperti poin 5.
7. Pilih *Coordinate system* akhir atau koordinat yang diinginkan (*Project (x,y)*)
8. Next

Grid Data

1. Pada menu *Grid and Image*, klik *Gridding*
2. Klik *Minimum Culture Gridding*

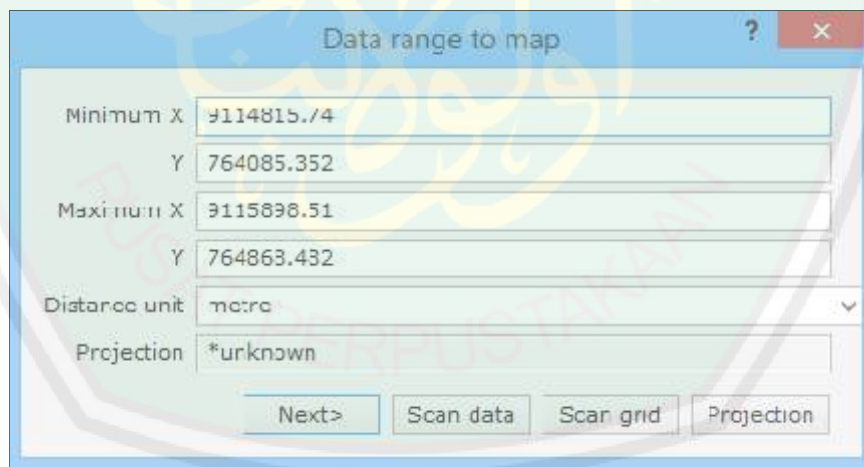
3. Akan muncul kotak dialog *Minimum Curvate Gridding*



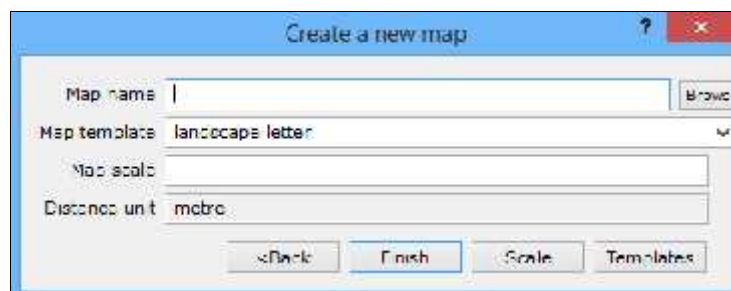
4. Masukkan *Channel to grid* (misalnya nilai medan magnet(nT))
5. Masukkan *Name of new grid file* (masukkan sesuai nama file (*.grd) dan folder yang diinginkan)
6. OK

Membuat Map

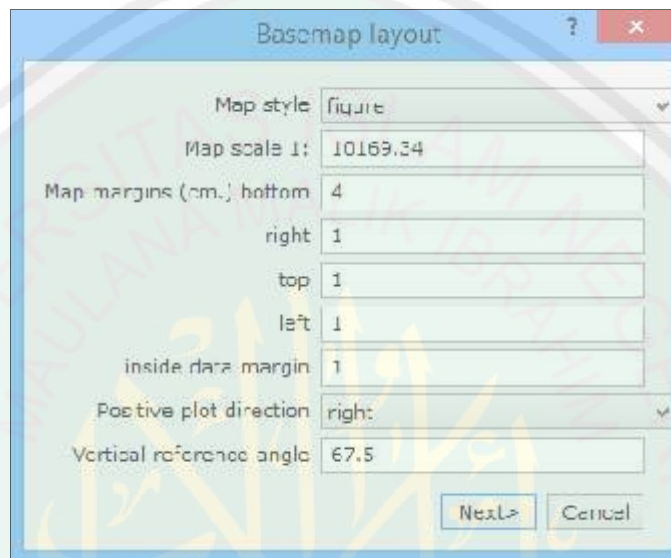
1. Pada menu *Map Tools*, klik *New Map*
2. Klik *New Map from X,Y,Z Data*
3. Muncul kotak dialog *Data range to map*, untuk nilai x,y max dan min sesuai dengan koordinat data X,Y,Z



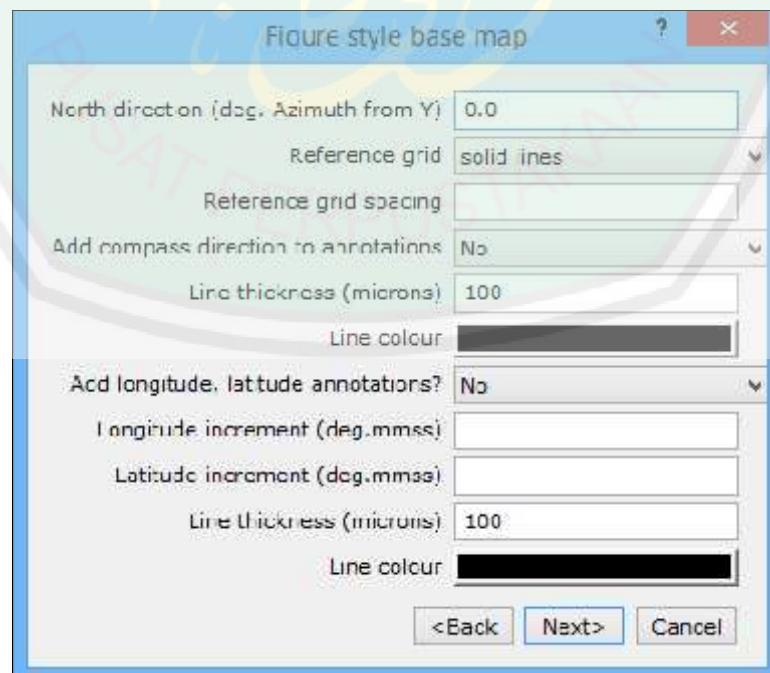
4. Klik Next, muncul kotak dialog *Create a new map*



5. Masukkan *Map name* pada folder yang telah ditentukan (*map), *map template*, *Map scale* dan *Distance unit* sesuai kebutuhan
6. Finish
7. Pada menu *Map Tools*, klik *Base Map*
8. Klik *Draw Base Map Layout*
9. Akan muncul kotak dialog *Basemap layout*

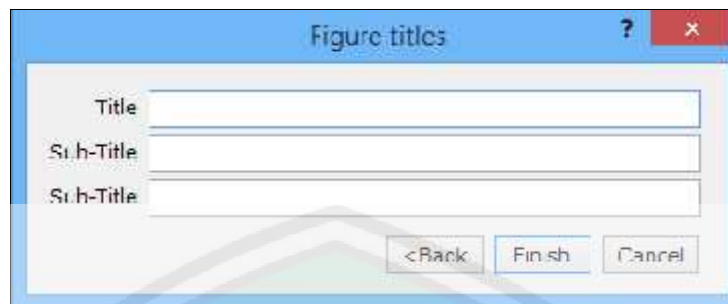


10. Masukkan sesuai kebutuhan, klik Next
11. Akan muncul kotak dialog *Figure style base map*



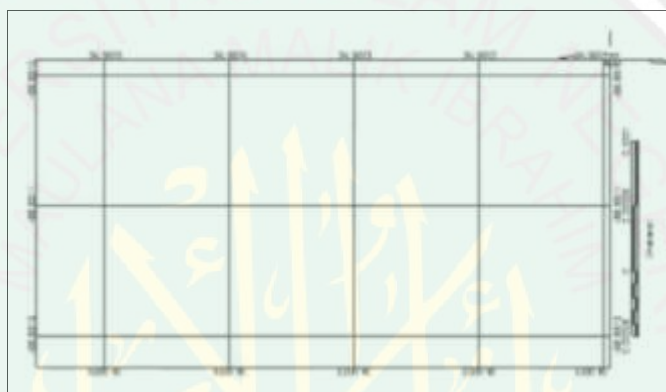
12. Masukkan sesuai kebutuhan, klik Next

13. Muncul kotak dialog *Figure titles*



14. Masukkan sesuai kebutuha (*Title* untuk memberikan keterangan gambar)

15. Finish



16. Pada menu *Grid and Image*, klik *Display*

17. Klik *Single Grid*

18. Akan muncul kotak dialog *Place a grid on a map*



19. Masukkan *Grid name* yang akan dibuat map (*.grd)

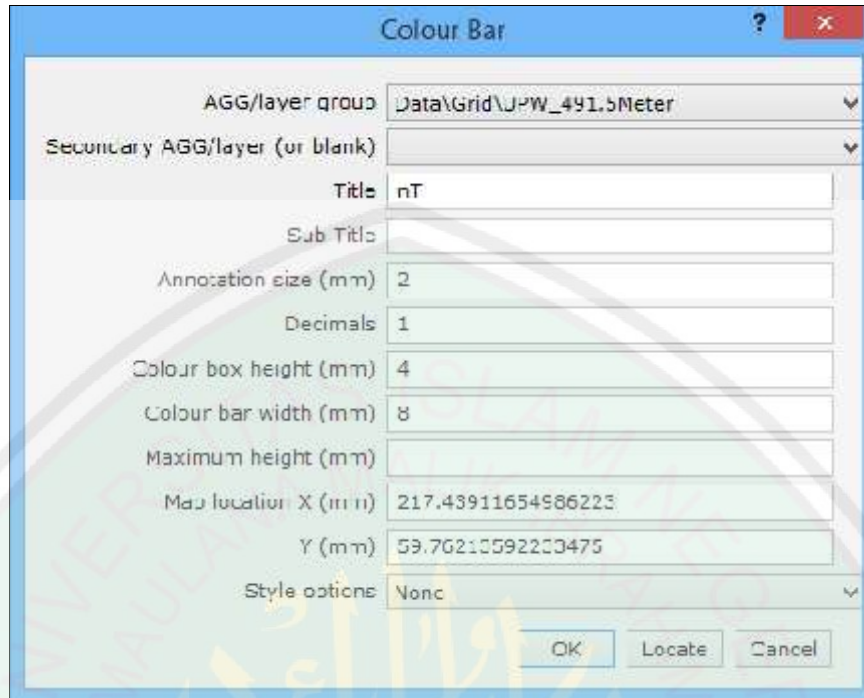
20. Klik *Current Map*

21. Selesai

22. Untuk menampilkan Legend Bar, pada menu *Grid and Image*, klik *Display*

23. Klik colour *Legend Bar*

24. Akan muncul kotak dialog *Colour Bar*

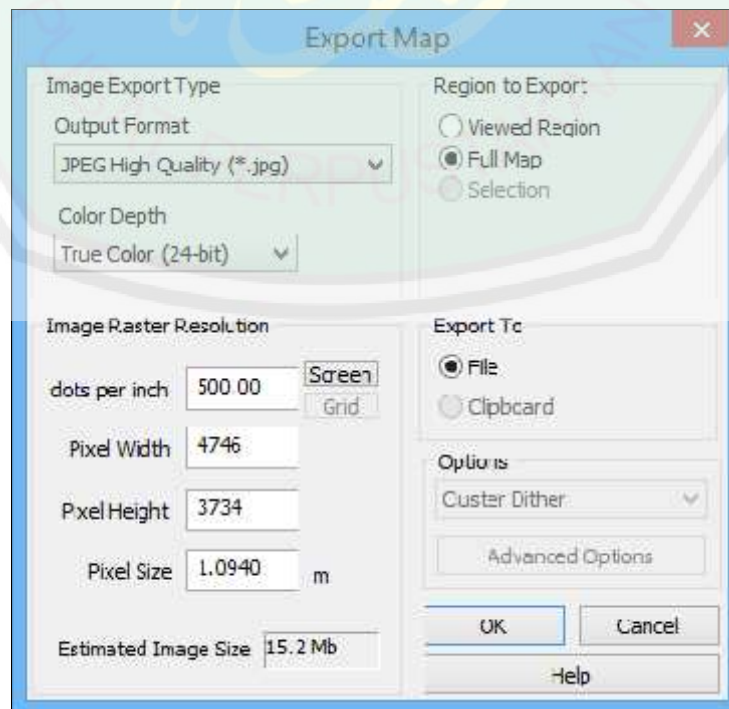


25. OK

26. Gunakan *Map Group Mode*  untuk mengatur posisi dan ukuran gambar

Menyimpan Map dalam Bentuk Gambar

1. Pada menu *Map*, klik *Export*
2. Maka akan muncul kotak dialog *Export Map*



Ket: Output image berisi file ekstensi (*.jpg) (*.bmp) (*.png) dll, Image Raster Resolution berisikan ukuran gambar yang diinginkan, Region to Export merupakan daerah yang ingin diexport menjadi gambar.

3. OK

Reduksi Bidang Datar

1. Dibuka software *Surfer13* kemudian file *New worksheet*
2. Kolom A di isi dengan Bujur (UTM), kolom B di isi dengan Lintang (UTM) dan kolom C di isi dengan nilai medan magnet total yang sudah dikoreksi harian dan IGRF
3. Grid Data lintang, bujur dan anomali dicatat spasi minimum dan maximum (x dan y) sebagai masukan di program *wotfor 77* ok maka didapat file dalam bentuk *grd*



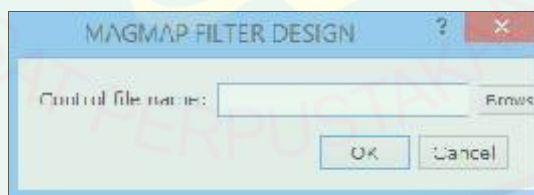
4. Klik file *open file (*.grd)* yang telah disimpan
5. *Save* dalam bentuk(*.dat).
6. Buka file (*.dat) di worksheet *Save* nilai anomali (di kolom C) sebanyak 4 kali sebagai masukan deprogram *watfor 77*
7. ulangi langkah 2-6 untuk data topografi disimpan 1 kali juga sebagai masukan di program *watfor77* seperti berikut:

```
WATFOR77
return
end
c
c
c Program Utama
c
dimension grid(256),data(256),dati(256),datu(256)
dimension store(2*256),a(256),B(256),C(256),D(256)
dimension tgg(256)
real grid,store,tgg,a,B,C,D,data,dati,datu
open(1,file='ano1.txt')
open(3,file='ano2.txt')
open(5,file='ano3.txt')
open(7,file='ano4.txt')
open(9,file='to.txt')
open(11,file='taylor1616.txt')
n=256
do 100 i=1,n
  read(1,*)grid(i)
100 continue
do 140 i=1,n
  read(3,*)data(i)
140 continue
(C330,1,41819) WATFOR-77 PC/DOS
F1:Pg1 2:Pg1 3:L1 4:L1 5:Lins 6:LDel 7:Select/Deselect 8:Cut 9:Scrn/Cmd 10:Help
```

8. Didapatkan hasil berupa nilai anomaly (z) yang sudah terdistribusi ke bidang datar- selanjutnya data x,y, dan z di plot dengan surfer 11 untuk mengetahui sebaran anomalnya.

Kontinuasi ke Atas (*Upward Continuation*)

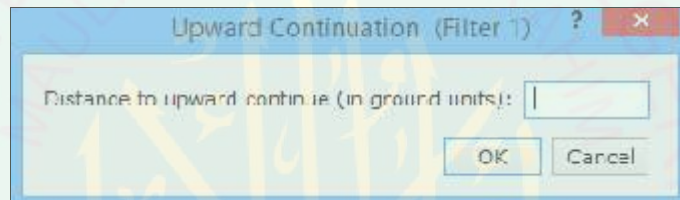
1. Pada menu *MAGMAP*, pilih *Step By-Step Filtering*
2. Klik *Define Filter*
3. Akan muncul kotak dialog *MAGMAP FILTER DESIGN*



4. Masukkan Control file name (magmap.con)
5. OK
6. Akan muncul kotak dialog *MAGMAP FILTER DESIGN*



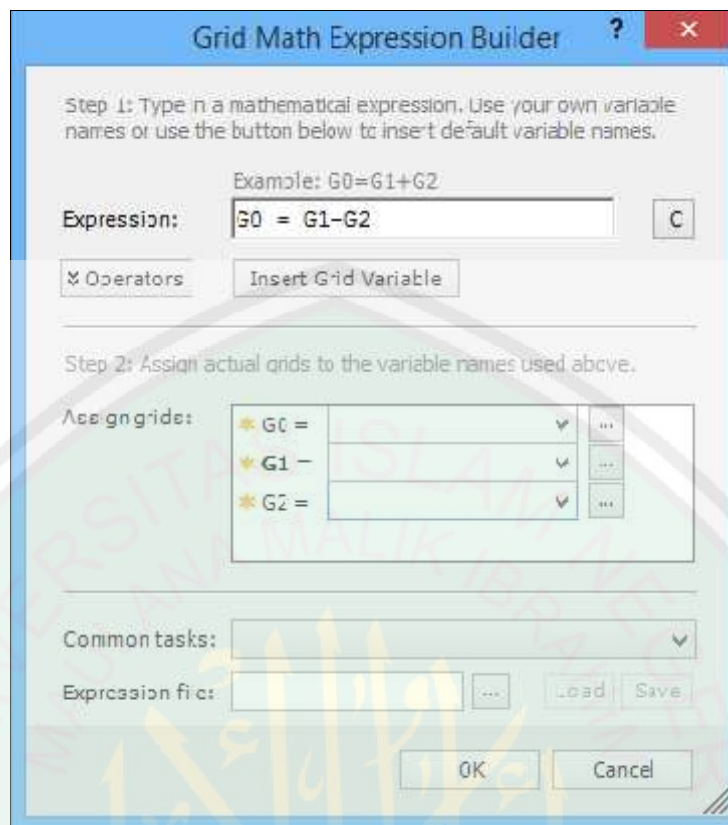
7. Masukkan *Filter to apply (Upward Continuation)*
8. OK
9. Akan muncul kotak dialog *Upward Continuation (Filter 1)*



10. Masukkan nilai Ketinggian yang diinginkan (meter)
11. OK

Menerapkan Grid Math

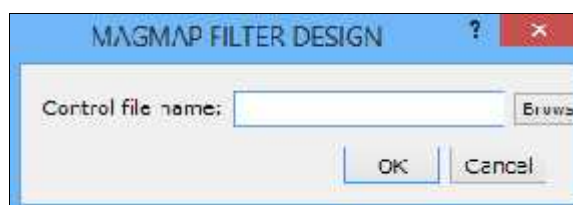
1. Pada menu *Grid and Image*, klik *Grid Math*
2. Akan muncul kotak dialog *Grid Math Expression Builder*



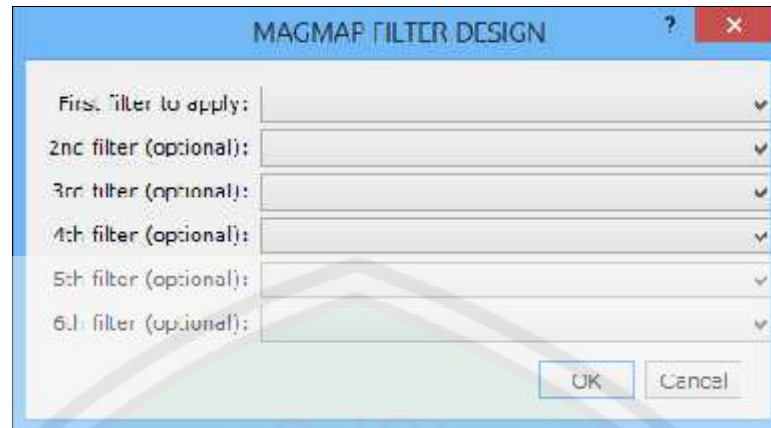
2. Di kotak *Expression*, masukkan $G_0 = G_1 - G_2$
3. Dalam kotak *Assign grids*, klik di daftar grid G_0 dan ketik nama baru grid residual.
4. Dari daftar grid G_1 , pilih grid asli.
5. Dari daftar grid G_2 , pilih grid disaring.
6. Klik tombol OK. Sebuah grid baru dibuat dan terbuka di jendela layar.

Reduksi ke Kutub (*Reduce to Pole*)

12. Pada menu *MAGMAP*, pilih *Step By-Step Filtering*
13. Klik *Define Filter*
14. Akan muncul kotak dialog *MAGMAP FILTER DESIGN*



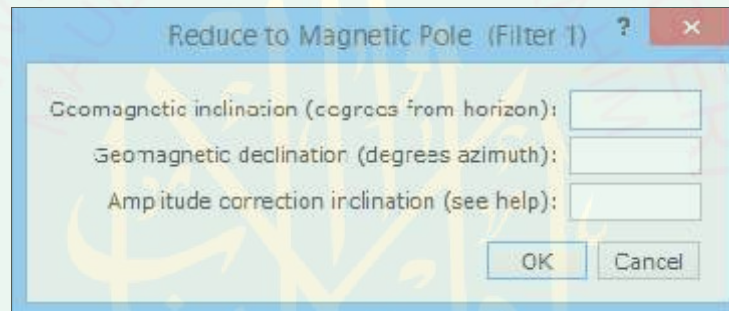
15. Masukkan Control file name (magmap.con)
16. OK
17. Akan muncul kotak dialog *MAGMAP FILTER DESIGN*



18. Masukkan *Filter to apply (Reduce to Magnetic Pole)*

19. OK

20. Akan muncul kotak dialog (*Reduce to Magnetic Pole*)



21. Masukkan nilai Inklinasi dan Deklinasi

22. OK

Lampiran 3

Gambar Pengambilan Data Geomagnetik





**KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN)
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

Jl. Gajayana No. 50 Dinoyo Malang (0341)551345 Fax.(0341)572533

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Ahmad Nasich Luthfi
NIM : 11640038
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Fisika
Judul Skripsi : **Pemodelan Bawah Permukaan Maar Gunungapi Berdasarkan Analisis Data Magnetik (Studi Kasus di Daerah Ranu Segaran Merah, Desa Andungsari, Kecamatan Tiris, Kabupaten Probolinggo, Provinsi Jawa Timur)**
Pembimbing I : Irjan, M.Si
Pembimbing II : Erika Rani, M.Si

No	Tanggal	Materi Konsultasi	Tanda Tangan
1	10 Agustus 2015	Konsultasi BAB I, II, III	1
2	17 September 2015	ACC BAB I, II, III	2
3	24 Maret 2016	Konsultasi BAB I, II Agama	3
4	28 April 2016	ACC BAB I, II Agama	4
5	10 September 2016	Konsultasi BAB IV	5
6	04 November 2016	Konsultasi BAB IV Agama	6
7	07 November 2016	ACC Keseluruhan Agama	7
8	29 November 2016	Konsultasi BAB IV dan V	8
9	8 Desember 2016	Konsultasi BAB IV dan V	9
10	20 Desember 2016	ACC Keseluruhan	10

Malang, 24 Maret 2016

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika



Erna Hastuti, M.Si
NIP. 19811119 200801 2 009