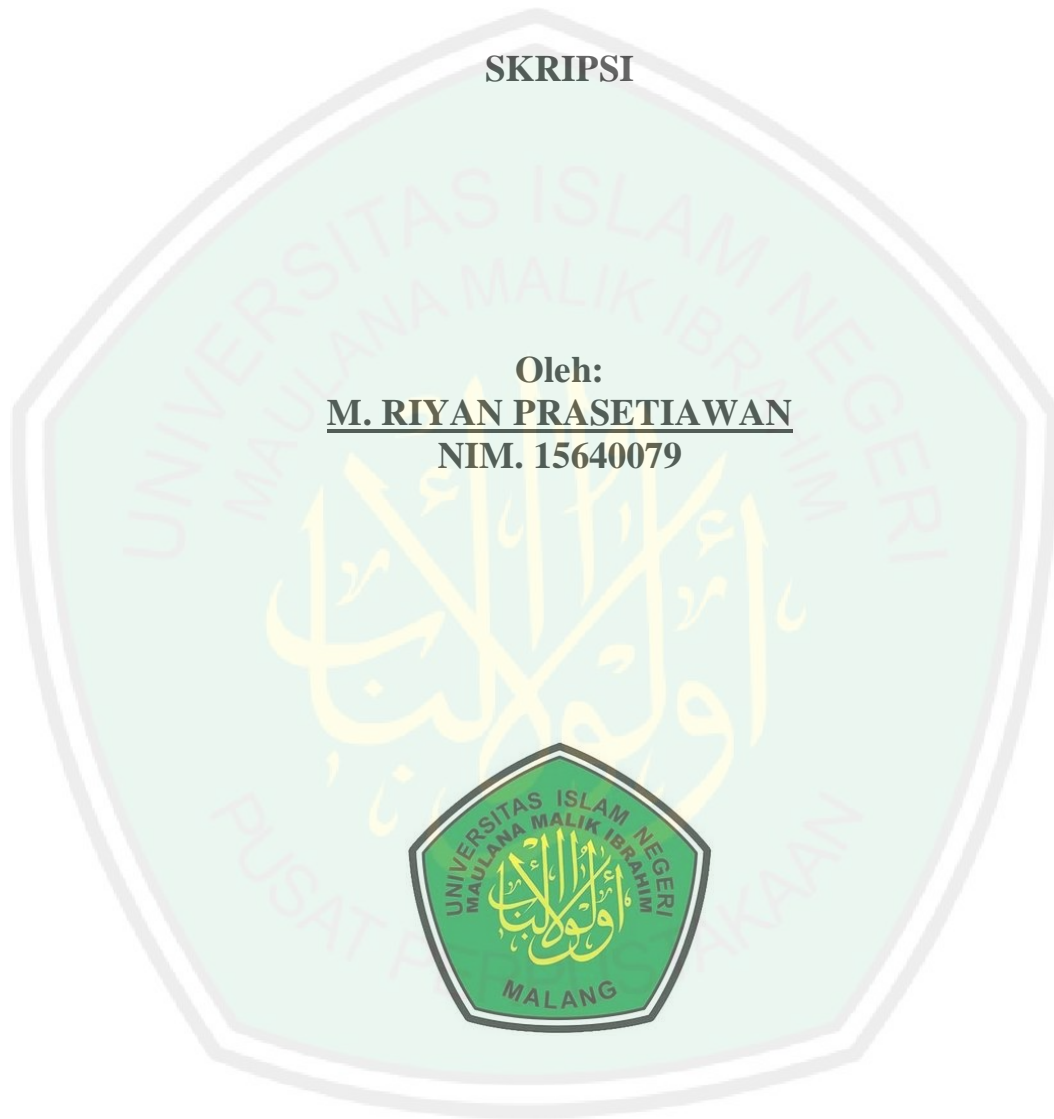


**IDENTIFIKASI SEBARAN LAPISAN PASIR VULKANIK
MENGUNAKAN METODE MAGNETIK
(Studi Kasus Dusun Putungwulung, Desa Toyomarto, Kecamatan
Singosari, Kabupaten Malang)**

SKRIPSI

Oleh:
M. RIYAN PRASETIAWAN
NIM. 15640079



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2019**

**IDENTIFIKASI SEBARAN LAPISAN PASIR VULKANIK
MENGUNAKAN METODE MAGNETIK
(Studi Kasus: Dusun Putungwulung, Desa Toyomarto, Kecamatan
Singosari, Kabupaten Malang)**

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:

M. RIYAN PRASETIAWAN

NIM. 15640079

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2019**

HALAMAN PERSETUJUAN

IDENTIFIKASI SEBARAN LAPISAN PASIR VULKANIK
MENGUNAKAN METODE MAGNETIK
(Studi Kasus: Dusun Putungwulung, Desa Toyomarto, Kecamatan
Singosari, Kabupaten Malang)

SKRIPSI

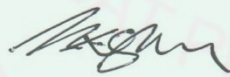
Oleh:
M. Riyan Prasetiawan
NIM 15640079

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Pada tanggal 11 Desember 2019

Pembimbing I


Menyetujui,

Pembimbing II



Irjan, M.Si

NIP. 19691231 200604 1 003



Ahmad Abtokhi, M.Pd

NIP. 19761003 200312 1 004

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Fisika



Drs. Abdul Basid, M.Si

NIP. 19650504 199003 1 003

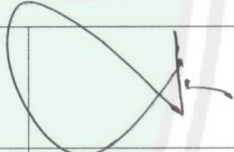

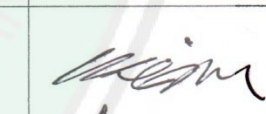
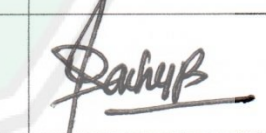
HALAMAN PENGESAHAN

IDENTIFIKASI SEBARAN LAPISAN PASIR VULKANIK
MENGUNAKAN METODE MAGNETIK
(Studi Kasus: Dusun Putungwulung, Desa Toyomarto, Kecamatan
Singosari, Kabupaten Malang)

SKRIPSI

Oleh:
M. Riyan Prasetiawan
NIM. 15640079

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Pada tanggal 20 Desember 2019

Penguji Utama	: <u>Drs. Abdul Basid, M.Si</u> NIP. 19650504 199003 1 003	
Ketua Penguji	: <u>Rusli, M.Si</u> NIDT. 19880715 20180201 1 245	
Sekretaris Penguji	: <u>Irjan, M.Si</u> NIP. 19691231 200604 1 003	
Anggota Penguji	: <u>Ahmad Abtokhi, M.Pd</u> NIP. 19761003 200312 1 004	

Mengesahkan,

Ketua Jurusan Fisika



Drs. Abdul Basid, M.Si

NIP. 19650504 199003 1 003

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : M. Riyan Prasetiawan

NIM : 15640079

Jurusan : Fisika

Fakultas : Sains Dan Teknologi

Judul Penelitian : Identifikasi Sebaran Lapisan Pasir Vulkanik Menggunakan Metode Magnetik (Studi Kasus Dusun Putungwulung, Desa Toyomarto, Kecamatan Singosari, Kabupaten Malang)

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

Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur penjiplakan, maka saya bersedia untuk mempertanggungjawabkan serta menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Malang, 20 Desember 2019

Yang membuat pernyataan,



M. Riyan Prasetiawan

NIM. 15640079

MOTTO

All Is Well

Ridho Allah terletak pada Ridho Kedua Orang Tua.

Seorang hamba tidak sedikitpun memiliki kuasa atas apa yang telah diusahakannya, kecuali karena pertolongan dan kehendak Allah SWT.

Yakin dan Percaya saja tidak cukup.

Kamu harus Mengusahakannya dan Memastikan jalannya.

Lewat Do'a, Ikhtiyar, Tawakkal, dan Sabar.

Sekolah menjadikan Kita orang yang Pintar.

Lingkungan menjadikan Kita orang yang Bijak.

Dan hal-hal disekeliling Kita, menjadikan Kita orang yang Hebat.

Ilmu adalah Kebutuhan.

Pengalaman merupakan Manifestasi dari Ilmu.

Keduanya perlu ditempa dan diasah untuk bekal di masa depan.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya ini saya persembahkan untuk :

- Tuhan yang Maha ESA.
- Nabi Muhammad SAW.
- Bapak Ali Musta'in dan Ibu Muflikhah yang saya cintai.
- Saudari Tukhibah Nur Rizqia yang saya sayangi.
- Keluarga Besar Bani Abdul Qodir dan Bani H.Munawar.
- Bapak Irjan, M.Si yang saya hormati.
- Sahabati Aulia Rif'ati yang teristimewa.
- Sahabat-sahabati PMII Rayon "Pencerahan" Galileo dan PMII Komisariat Sunan Ampel Malang yang saya banggakan.
- Sahabat-sahabati HMJ Fisika "Astrolab", Senat Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi, serta Senat Mahasiswa Universitas yang saya banggakan.
- Sahabat-sahabat seperjuangan dan seperkopian yang saya banggakan.
- Seluruh Guru dan Dosen yang telah membimbing dan memberikan ilmu pengetahuan dan pengalaman yang sangat banyak serta tidak ternilai kepada saya.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan segala rahmat dan nikmatnya berupa kesehatan, kesempatan, kekuatan, keinginan, serta kesabaran, sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi ini dengan baik. Proposal skripsi yang telah penulis susun ini berjudul “Identifikasi Sebaran Lapisan Pasir Vulkanik Menggunakan Metode Magnetik (Studi Kasus: Dusun Putungwulung, Desa Toyomarto, Kecamatan Singosari, Kabupaten Malang)”. Sholawat serta salam penulis panjatkan kepada baginda Rasulullah Muhammad SAW, yang telah menuntun manusia dari zaman jahiliyah menuju zaman yang pencerahan dan penuh dengan ilmu pengetahuan yang luar biasa saat ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan proposal skripsi ini tidak akan tersusun dengan baik tanpa adanya bantuan dari pihak-pihak yang terkait. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penulisan proposal skripsi ini dengan baik. Khususnya penulis ucapkan terimakasih kepada :

1. Prof. Dr. Abdul Haris, M.Ag selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Drs. Abdul Basid, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Irjan, M.Si selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang dengan sabar dan teliti dalam membimbing dan memberikan arahan untuk penulis sehingga mampu menyelesaikan Skripsi ini dengan baik.
5. Ahmad Abtokhi, M.Pd selaku Dosen Pembimbing Integrasi yang dengan sabar membimbing dan memberikan motivasi dalam penulisan Skripsi.
6. Seluruh dosen Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah senantiasa dengan sabar mendidik dan membimbing saya.

7. Teristimewa Bapak Ali Musta'in dan Ibu Muflikhah serta Adik Tukhibah Nur Rizqia dan keluarga yang selalu mendoakan serta memberi dukungan yang berharga.
8. Terkhusus M. Fakhrol Asyari, S.Si dan Fahrurrijal Aziz, S.Si selaku Pembimbing Lapangan yang dengan sabar membimbing dan teliti memberi arahan serta setia menemani penulis sehingga mampu menyelesaikan Skripsi ini dengan baik. Terimakasih untuk bimbingan dalam Pikiran, Hati dan Jiwa.
9. Sahabat-sahabati PMII Rayon "Pencerahan" Galileo dan PMII Komisariat Sunan Ampel Malang, Sahabat-sahabati HMJ Fisika "Astrolab", Sahabat-sahabati Senat Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi serta Senat Mahasiswa Universitas, terimakasih atas pengalaman organisasi yang telah kalian berikan sehingga menciptakan sebuah keluarga baru bagi saya selama menuntut ilmu dan mengemban amanah di kampus tercinta.
10. Segenap keluarga besar HKBM Geofisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah membantu dalam penyusunan Skripsi ini baik berupa ide maupun waktu.
11. Sahabat-sahabat Fisika 2015 yang tiada henti memberikan semangat dalam menyusun Skripsi ini.
12. Serta terimakasih semua pihak yang telah membantu penyusunan Skripsi ini yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan mereka dengan nikmat yang berlipat ganda baik di dunia maupun di akhirat kelak, aamiin. Penulisan berharap semoga Proposal Skripsi ini memberikan manfaat bagi penulis dan semua pihak yang membaca, dalam menambah wawasan ilmiah dan memberikan kontribusi bagi perkembangan ilmu pengetahuan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat konstruktif sangat penulis harapkan demi kebaikan bersama.

Malang, 10 Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Manfaat Penelitian	6
1.5 Batasan Masalah	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Deskripsi Wilayah Penelitian	8
2.1.1 Letak Geografis	8
2.1.2 Struktur Geologi Daerah Penelitian	9
2.2 Pasir Vulkanik	13
2.3 Konsep Metode Magnetik	16
2.4 Teori Dasar Magnetik	18
2.4.1 Gaya Magnetik	18
2.4.2 Kuat Medan Magnet	18
2.4.3 Induksi Magnetik	19
2.4.4 Intensitas Kemagnetan	20
2.4.5 Momen Magnetik	20
2.4.6 Suseptibilitas Magnetik	21
2.5 Medan Magnet Bumi	25
2.5.1 Medan Magnet Utama (<i>Main Field</i>)	28
2.5.2 Medan Magnet Luar (<i>External Field</i>)	29
2.5.3 Anomali Medan Magnet (<i>Anomaly Field</i>)	30
2.6 Koreksi-koreksi Data Magnetik	32
2.6.1 Koreksi Harian (<i>Diurnal Correction</i>)	32
2.6.2 Koreksi IGRF (<i>The International Geomagnetic Reference Field</i>)	33
2.7 Transformasi Medan	34
2.7.1 Kontinuasi Ke Atas (<i>Upward Continuation</i>)	34
2.7.2 Reduksi Ke Kutub (<i>Reduction to Pole</i>)	36
2.7.3 Reduksi Bidang Datar	37
2.8 Magnetometer	38
2.9 Integrasi Al-Qur'an	41

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	44
3.2 Peralatan Penelitian.....	45
3.3 Data Penelitian.....	45
3.4 Prosedur Pelaksanaan Penelitian	45
3.4.1 Pengambilan Data (Akuisisi Data)	45
3.4.2 Pengolahan Data (<i>Processing Data</i>).....	47
3.4.2.1 Koreksi Harian.....	49
3.4.2.2 Koreksi IGRF	49
3.4.2.3 Reduksi Bidang Datar	50
3.4.2.4 Kontinuasi Ke Atas.....	51
3.4.2.5 Reduksi Ke Kutub.....	52
3.4.2.6 Pemodelan Geologi	52
3.4.3 Interpretasi Data.....	53
3.5 Diagram Alir	55

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Akuisisi Data	56
4.2 Pengolahan Data	57
4.2.1 Anomali Medan Magnet.....	58
4.3 Interpretasi Kualitatif	62
4.3.1 Reduksi Bidang Datar	63
4.3.2 Kontinuasi Ke Atas.....	66
4.3.3 Reduksi Ke Kutub.....	69
4.4 Interpretasi Kuantitatif	71
4.4.1 Interpretasi Kuantitatif Penampang Sayatan A-A'	74
4.4.2 Interpretasi Kuantitatif Penampang Sayatan B-B'	76
4.4.3 Interpretasi Kuantitatif Penampang Sayatan C-C'	78
4.4.4 Interpretasi Kuantitatif Penampang Sayatan D-D'	79
4.4.5 Modelan Penampang 3 Dimensi (3D).....	81
4.5 Kajian Al-Qur'an	85

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan.....	89
5.2 Saran.....	90

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Geologi Daerah Penelitian	11
Gambar 2.2	Aktivitas Vulkanisme Gunungapi	13
Gambar 2.3	Mineral Pasir Vulkanik	14
Gambar 2.4	Arah Polarisasi Ferromagnetik	24
Gambar 2.5	Arah Polarisasi Antiferromagnetik	24
Gambar 2.6	Arah Polarisasi Ferrimagnetik	24
Gambar 2.7	Arah Polarisasi Paramagnetik	25
Gambar 2.8	Arah Polarisasi Diamagnetik	25
Gambar 2.9	Arah Medan Magnet Bumi	26
Gambar 2.10	Elemen Medan Magnet Bumi	27
Gambar 2.11	Asal Usul Medan Magnet Bumi dan Perpindahan Gaya pada Garis-garis Medan Magnet Bumi seperti pada Batang Magnet	28
Gambar 2.12	Anomali Medan Magnet	32
Gambar 2.13	Kontinuasi Ke Atas dari Permukaan Horizontal	35
Gambar 2.14	Implus Anomali Magnetik dan Anomali hasil Reduksi ke Kutub	36
Gambar 2.15	Alat <i>Proton Precision Magnetometer</i> (PPM)	39
Gambar 2.16	Diagram Kotak dari <i>Proton Precision Magnetometer</i>	39
Gambar 3.1	Desain Akuisisi Data	44
Gambar 3.2	Kolom Input pada Kalkulator IGRF	50
Gambar 3.3	Diagram Alir Penelitian	55
Gambar 4.1	Kalkulator IGRF	59
Gambar 4.2	Tampilan Nilai IGRF	60
Gambar 4.3	Kontur Anomali Medan Magnet Total	60
Gambar 4.4	Kontur Topografi beserta Persebaran Titik Pengukuran	62
Gambar 4.5	Kontur Topografi 3D beserta Persebaran Titik Pengukuran	62
Gambar 4.6	Kontur Anomali Medan Magnet Total setelah di Reduksi Bidang Datar pada Ketinggian 850 meter	65
Gambar 4.7	Kontur Anomali Regional hasil Kontinuasi Ke Atas pada Ketinggian 1900 meter	67
Gambar 4.8	Kontur Anomali Lokal hasil Kontinuasi Ke Atas pada Ketinggian 1900 meter	68
Gambar 4.9	Kontur Anomali Lokal hasil Reduksi Ke Kutub	70
Gambar 4.10	Sayatan A-A', B-B', C-C', dan D-D' pada Kontur Anomali Lokal	72
Gambar 4.11	Model 2D Bawah Permukaan pada Sayatan A-A'	74
Gambar 4.12	Model 2D Bawah Permukaan pada Sayatan B-B'	77
Gambar 4.13	Model 2D Bawah Permukaan pada Sayatan C-C'	78
Gambar 4.14	Model 2D Bawah Permukaan pada Sayatan D-D'	80
Gambar 4.15	Model 3D Bawah Permukaan pada Penampang Sayatan A-A', B-B', C-C', dan D-D'	82

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Magnetik dari Beberapa Batuan..... 22



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 : Data Hasil Penelitian Magnetik
- Lampiran 2 : Gambar Peta Geologi Lembar Malang
- Lampiran 3 : Gambar Pengambilan Data Magnetik
- Lampiran 4 : Bukti Konsultasi Skripsi



ABSTRAK

Prasetiawan, M. Riyan. 2019. Identifikasi Sebaran Lapisan pasir Vulkanik Menggunakan Metode Magnetik (Studi Kasus Dusun Putungwulung, Desa Toyomarto, Kecamatan Singosari, Kabupaten Malang). Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
Pembimbing : (1) Irjan, M.Si. (2) Ahmad Abtokhi, M.Pd.

Kata Kunci : Metode Magnetik, Pasir Vulkanik, Anomali Magnetik Total, Suseptibilitas Batuan.

Penelitian geofisika dengan metode magnetik yang telah dilakukan di sekitar area singkapan pasir vulkanik di Dusun Putungwulung, Desa Toyomarto, Kecamatan Singosari, Kabupaten Malang menggunakan alat *Proton Precision Magnetometer* (PPM). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi sebaran lapisan pasir vulkanik di bawah permukaan pada area penelitian dan mengetahui struktur geologi di bawah permukaan pada area penelitian berdasarkan metode magnetik. Daerah penelitian berada pada formasi batuan vulkanik gunungapi Arjuno-Welirang (*Qvaw*) yang merupakan batuan piroklastik hasil aktivitas vulkanisme gunungapi Arjuno-Welirang yang tersusun dari batuan gunungapi, breksi gunungapi, lava, aglomerat, tuf, breksi tufan dan pasir vulkanik yang berumur Plistosen Akhir. Akuisisi data magnetik yang telah dilakukan pada tanggal 03 – 04 Agustus 2019, diperoleh 207 titik pengukuran dengan jarak spasi 40 meter antar titik pengukuran. Hasil interpretasi kualitatif menggunakan *software Surfer 13* pada data intensitas medan magnet total yang telah dilakukan koreksi variasi harian, koreksi IGRF, reduksi bidang datar, kontinuasi ke atas dengan ketinggian 1900 meter dan reduksi ke kutub didapatkan hasil nilai anomali magnetik lokal dari -900 sampai dengan 800 nT. Hasil interpretasi kuantitatif model 2D bawah permukaan menggunakan *software Oasis Montaj*, diperoleh 4 jenis *body* atau lapisan. Jenis *body* yang pertama dengan nilai suseptibilitas 0.0002 cgs emu diinterpretasikan sebagai tanah. Jenis *body* yang kedua dengan nilai suseptibilitas 0.0095 cgs emu diinterpretasikan sebagai pasir vulkanik. Jenis *body* yang ketiga dengan nilai suseptibilitas 0.0160 cgs emu diinterpretasikan sebagai batuan andesit. Dan jenis *body* yang keempat dengan nilai suseptibilitas 0.0140 cgs emu diinterpretasikan sebagai batuan basalt.

ABSTRACT

Prasetiawan, M. Riyan. 2019. Identification of Volcanic Sand Layer Distribution using Magnetic Methods (Case Study in Putungwulung, Toyomarto village, Singosari, Malang). Paper. Departement of Physics, Sciences and Technology Faculty, State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang.

Advisors: (1) Irjan, M.Si. (2) Ahmad Abtokhi, M.Pd.

Key words: Magnetic Method, Volcanic sand, Total Magnetic anomaly, Rock susceptibility.

Geophysical research using magnetic methods has been carried out around in the outcrop area of volcanic sand in Putungwulung Hamlet, Toyomarto Village, Singosari District, Malang Regency using the Proton Precission Magnetometer (PPM). This study aims to determine the potential distribution of volcanic sand layers below the surface in the study area and to determine the geological structure below the surface in the study area based on magnetic methods. The research area is in the Arjuno-Welirang volcanic rock formation (*Qvaw*) which is a pyroclastic rock, the result of volcanic activity in Arjuno-Welirang volcanic which is composed of volcanic rocks, volcanic breccia, lava, agglomerates, tuffs, tuff breccia and volcanic sands that are in the Late Plistocene volcanic age. The acquisition of magnetic data that was carried out on 03 - 04 August 2019, obtained 207 measurement points with a distance of 40 meters between measurement points. The results of qualitative interpretation using Surfer 13 software on the total magnetic field intensity data that have been diurnal correction, IGRF correction, flat field reduction, upward continuation with an altitude of 1900 meters and reduction to the poles obtained local magnetic anomaly values from -900 to 800 nT. The results of quantitative interpretation of subsurface 2D models using Oasis Montaj software, obtained 4 types of body or layer. The first body type with a susceptibility value of 0.0002 cgs emu is interpreted as soil. The second body type with a susceptibility value of 0.0095 cgs emu is interpreted as volcanic sand. The third body type with a susceptibility value of 0.0160 cgs emu is interpreted as andesite rock. And the fourth type of body with a value of 0.0140 cgs susceptibility emu interpreted as basalt rock.

ملخص البحث

فراستياوان، محمد ريان. 2019. تحديد توزيع طبقات الرمال البركانية باستخدام الطريقة المغناطيسية (دراسة حالة لهاملت فوتونجولونج لقرية تويومارتو، سينغوساري مالانج. البحث الجامعي. قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الحكومية الإسلامية مالانج.

المشرف: (1) عرجان، الماجستير (2) أحمد أبطخي، الماجستير

لكلمات الرئيسية: الطريقة المغناطيسية، الرمال البركانية، الشذوذ المغناطيسي الكلي، قابلية الصخور.

قد قام البحث الفيزيائية والجغرافية باستخدام الطريقة المغناطيسية حول منطقة التنوعات من الرمال البركانية في هاملت فوتونجولونج لقرية تويومارتو، سينغوساري مالانج باستخدام مقياس المغناطيسية بروتون الدقة المغناطيسية (PPM) بهدف هذا البحث لان يحدد التوزيع المحتمل لطبقات الرمل البركانية تحت السطح في منطقة الدراسة وتحديد التركيب الجيولوجي تحت السطح في منطقة الدراسة على أساس الطريقة المغناطيسية. تقع منطقة البحث في التكوين الصخري البركاني ارجونو-ويليرانج (*Qvaw*)، الذي هو صخرة بركانية، وهي نتيجة للنشاط البركاني للجبل ارجونو-ويليرانج التي تتكون من الصخور البركانية و الصخور البركسي البركانية و الحمم البركانية و التوف (الصخور البيضاء) و البركسي توفان و الرمال البركانية التي هي من العصر الجليدي المتأخر. حصل البيانات المغناطيسية التي أجريت في التاريخ 03 إلى 04 أغسطس 2019 على 207 نقاط قياس على مسافة 40 مترًا بين نقاط القياس. نتائج التفسير النوعي هي باستخدام برنامج سورفير 13 على إجمالي بيانات شدة المجال المغناطيسي التي تم تصحيحها للتغيرات اليومية وتصحيح IGRF وخفض المجال المسطح والاستمرار فوق مع ارتفاع 1900 متر فوق سطح البحر والتقليل إلى القطبين حصل عليه من قيمات الشذوذ المغناطيسية المحلية من 900 - إلى 800 nT. حصلت نتائج التفسير الكمي للنماذج ثنائية الأبعاد تحت سطح السطح باستخدام برنامج أواسيس مونتاج على 4 أنواع من الجسم أو الطبقة. يتم تفسير نوع الجسم الأول بقيمة حساسية 0.0002 cgs emu كما التربة. يتم تفسير نوع الجسم الثاني بقيمة 0.0095 cgs emu كما الرمل البركاني. يتم تفسير نوع الجسم الثالث بقيمة 0.0160 cgs emu كما الصخر أنديسايت. والنوع الرابع من هي بقيمة 0.0140 cgs emu كما الصخر بازل.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan Negara kepulauan yang memiliki wilayah yang sangat luas serta sumber daya alam yang melimpah. Letak Indonesia secara geografis berada di wilayah Asia Tenggara, melintang di garis katulistiwa antara benua Asia dan benua Australia, yang berada diantara samudera Pasifik dan samudera Hindia. Secara geologis kondisi Indonesia berada pada pertemuan tiga lempeng, yaitu lempeng Indo-Eurasia, Indo-Australia, Eurasia dan lempeng Pasifik. Hal tersebut mengakibatkan tatanan tektonik di Indonesia menjadi sangat kompleks dan menjadikan Indonesia suatu Negara dengan potensi sumber daya alam yang kaya akan tambang mineral galian.

Seiring dengan perkembangan zaman dan semakin pesatnya pembangunan di Indonesia, khususnya pembangunan secara fisik, industri dan prasarana lainnya mengakibatkan meningkatnya peran dan kebutuhan bahan mineral galian sebagai penunjang pembangunan. Menurut Suherman dkk (2003), Pembangunan adalah bentuk nyata dari program kerja pemerintah dalam mengembangkan Negara Indonesia. Pada umumnya, kegiatan pembangunan membutuhkan bahan mineral sebagai bahan baku berupa pasir dan batu.

Kabupaten Malang merupakan salah satu kota besar yang sedang melakukan proses pembangunan di berbagai sektor seperti pariwisata, industri, dan pembangunan gedung-gedung bertingkat sebagai sarana pendidikan, pemerintahan maupun pusat perbelanjaan. Disisi lain, Kabupaten Malang juga memiliki sumber daya alam yang melimpah dan potensi tambang yang begitu besar, salah satunya

tambang mineral galian berupa pasir vulkanik yang terletak di Dusun Petungwulung, Desa Toyomarto, Kecamatan Singosari, Kabupaten Malang, Jawa Timur. Berdasarkan geologi daerah penelitian memiliki formasi Qvaw (*Quarter Volcanics Arjuno-Welirang*) yang terbentuk dari material vulkanik berupa pasir vulkanik dan batuan vulkanik (breksi gunungapi, lava, breksi tufan dan tuf) yang berasal dari hasil erupsi Gunungapi Ajuno-Welirang. Sehingga memungkinkan terdapat banyak potensi bahan mineral galian berupa pasir vulkanik dan batuan vulkanik, hal ini terindikasi oleh keberadaan singkapan pasir vulkanik (tambang pasir) yang terdapat disekitar wilayah penelitian.

Pasir vulkanik merupakan bahan mineral piroklastik berukuran kecil (butiran dan debu) yang berasal dari dalam gunung berapi yang disemburkan saat terjadi letusan. Pasir vulkanik hasil erupsi gunung berapi terbawa oleh hembusan angin dan menyebar mengikuti arah angin, sehingga berjatuh pada wilayah tertentu dengan jarak ratusan kilometer sampai ribuan kilometer dari kawah. Kemudian pasir vulkanik tersebut mengalami proses pengendapan selama kurun waktu geologi, sehingga menjadi lapisan sedimen berupa lapisan pasir (Sudaryo dan Sucipto, 2009).

Menurut Muliawan (2017), pasir (*sand*) didefinisikan sebagai lapisan sedimen yang terdiri dari material butiran berukuran pasir (antara 0,0625 – 2 milimeter) yang berasal dari pecahan batuan atau bahan mineral piroklastik berupa butiran hasil erupsi gunung berapi yang terbawa selama proses transportasi oleh aliran air dan angin, yang kemudian terendapkan pada wilayah tertentu. Pada umumnya, mineral pasir sebagian besar terbentuk dari kuarsa, silika atau feldspar.

Pasir vulkanik memiliki banyak fungsi dalam kehidupan, salah satunya dimanfaatkan sebagai bahan baku bangunan maupun bahan campuran dalam kegiatan industri, serta dalam berbagai bidang yang lainnya. Pada umumnya, pasir vulkanik banyak dijumpai dipermukaan bumi. Namun tidak menutup kemungkinan pasir vulkanik juga bisa terdapat di bawah permukaan bumi, karena mengalami pengendapan dan tertutup oleh lapisan sedimen yang berada di atasnya. Pasir memiliki beberapa jenis dan warna yang beragam seperti hitam, abu-abu, merah, coklat dan putih tergantung pada asal pembentukannya.

Melihat fenomena tersebut, menjadi salah satu bukti yang bisa diyakini sebagai kebesaran Allah SWT dan perlu diadakan kajian lebih lanjut yang bertujuan untuk mempelajari dan mengeksplorasi kekayaan alam berupa mineral tersebut. Sebagaimana firman Allah SWT yang diterangkan dalam Al-Qur'an surat Al-Fathir ayat 27.

أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَآخَرَ جَبًا بِهِ نَمَرَاتٍ مُخْتَلِفًا أَلْوَانُهَا وَمِنَ الْجِبَالِ جُدَدٌ بَيضٌ وَحُمْرٌ مُخْتَلِفٌ أَلْوَانُهَا وَعَرَابِيٌّ سُودٌ

“Tidakkah engkau melihat bahwa Allah menurunkan air dari langit lalu dengan air itu Kami hasilkan 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.” (QS. Al-Fathir : 27).

Ayat di atas memberikan penjelasan bahwasannya Allah SWT telah menciptakan gunung-gunung dengan garis-garis yang beraneka macam warna, ada yang berwarna merah, putih dan hitam. Hal tersebut dapat dijumpai pada jenis-jenis batuan pembentuk struktur gunung atau struktur lapisan yang ada di bumi. Jenis-jenis batuan tersebut meliputi batuan beku, batuan metamorf, dan batuan sedimen yang terbentuk karena hasil pengendapan bahan-bahan yang terangkut

oleh aliran air atau angin berupa debu, pasir, batu maupun lempung dan mengalami pelapukan selama ribuan tahun sehingga terproses menjadi jenis batuan mineral yang memiliki kandungan mineral bermacam-macam sesuai dengan proses pembentukannya. Dari jenis-jenis batuan mineral tersebut dapat dimanfaatkan oleh makhluk hidup dan khususnya oleh manusia sebagai sumber daya mineral, salah satunya adalah mineral pasir vulkanik sebagai bahan baku bangunan dan industri.

Pada lokasi penelitian belum diketahui bagaimana potensi dan sebaran dari pasir vulkanik, sehingga diperlukan survei geofisika untuk mengetahui potensi dan sebarannya. Metode geofisika yang cocok digunakan untuk eksplorasi mineral pasir vulkanik adalah metode magnetik, karena mineral pasir vulkanik memiliki kandungan unsur besi dan silika yang mempunyai sifat magnetik dan mampu terinduksi oleh medan magnet. Kelebihan dari metode magnetik adalah lebih teliti dalam proses pengukuran dan relatif lebih sederhana, mudah dan cepat. Sehingga dengan menggunakan metode magnetik diharapkan potensi sebaran pasir vulkanik di sekitar lokasi penelitian dapat terpetakan dengan baik dan akurat.

Metode magnetik merupakan metode geofisika yang memanfaatkan sifat kemagnetan bumi, yang dapat digunakan untuk mengetahui kedalaman dan struktur bawah permukaan (Burger *et al.*, 1992). Menurut Rusita dkk (2016), metode magnetik sangat cocok digunakan untuk menggambarkan kontur dibawah permukaan berdasarkan distribusi suseptibilitas mineral batuan, dari nilai suseptibilitas tersebut dapat memisahkan mineral batuan yang mengandung sifat kemagnetan dengan yang tidak mengandung sifat kemagnetan. Sehingga dapat

diketahui arah sebaran dan kedalaman mineral magnetik maupun yang bukan mineral magnetik.

Metode magnetik pernah digunakan oleh Rachmawiana dkk (2013), untuk mengidentifikasi sebaran bijih besi di daerah Ram-Unila, Tanjung Karang Bandar Lampung. Dari penelitian tersebut diketahui sebaran bijih besi di lokasi penelitian berada pada kedalaman 15 - 30 meter. Bijih besi tersebut berasosiasi dengan batuan granit, besi oksida, pirit dan tuf besi yang merupakan produk hasil erupsi vulkanisme dan proses remineralisasi dari gunung berapi. Pada tahun 2016 Rusita dkk, melakukan penelitian menggunakan metode magnetik di daerah Pemalongan Kecamatan Bajuin Tanah Laut Kalimantan Selatan. Dari hasil penelitian tersebut diketahui terdapat sebaran bijih besi yang berada pada kedalaman 49 - 72 meter. Mineral bijih besi tersebut berasosiasi dengan batuan andesit, basal, dan diorite yang merupakan jenis mineral feromagnetik.

Menurut Palkrisman dan Arif (2014), kawasan pantai sunur Kabupaten Padang Pariaman Sumatra Barat terdapat endapan mineral pasir besi yang terbentuk dari mineral hematite dan mineral ilmenite. Dengan nilai presentase dari pasir besi sangat besar yaitu berkisar antara 6,5% hingga 61,3% dan untuk nilai suseptibilitasnya positif yaitu antara $333,65 \times 10^{-8} m^3/kg$ hingga $2883,67 \times 10^{-8} m^3/kg$ yang tersebar pada jarak 50 - 100 meter dari tepi laut.

Penelitian ini memanfaatkan metode magnetik, dengan harapan metode ini dapat merespon sifat magnetik maupun induksi medan magnet yang terdapat pada mineral pasir vulkanik yang ada di lokasi penelitian. Hal ini juga mempertimbangan adanya singkapan pasir vulkanik (tambang pasir) yang berada

di sekitar lokasi penelitian sebagai sumber informasi dan bukti adanya potensi mineral pasir vulkanik di daerah tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana potensi sebaran lapisan pasir vulkanik di bawah permukaan pada area penelitian?
2. Bagaimana struktur geologi di bawah permukaan pada area penelitian berdasarkan metode magnetik?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui potensi sebaran lapisan pasir vulkanik di bawah permukaan pada area penelitian.
2. Untuk mengetahui struktur geologi di bawah permukaan pada area penelitian berdasarkan metode magnetik.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Bagi Mahasiswa
 - a. Meningkatkan pengetahuan tentang penggunaan alat magnetometer.
 - b. Meningkatkan pengetahuan tentang teknik dan aplikasi metode magnetik.
 - c. Meningkatkan pengetahuan tentang geologi daerah dan potensi sebaran pasir vulkanik di lokasi penelitian.
 - d. Sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya terkait dengan informasi potensi sebaran pasir vulkanik di wilayah penelitian.

2. Bagi Masyarakat dan Pemerintah

- a. Hasil penelitian ini dapat memberikan informasi kepada masyarakat setempat atau pemangku kepentingan (*Stakeholder*), mengenai potensi sebaran pasir vulkanik di bawah permukaan pada lokasi penelitian.
- b. Menjadi masukan untuk mengoptimalkan sumber daya alam berupa pasir vulkanik yang ada di lokasi penelitian.

1.5 Batasan Masalah

1. Penelitian ini dilakukan di Dusun Petungwulung, Desa Toyomarto, Kecamatan Singosari, Malang yang terletak disekitar singkapan tambang mineral pasir, yakni pada koordinat $7^{\circ}49'59.90''$ sampai $7^{\circ}50'10.04''$ Lintang Selatan dan $112^{\circ}38'56.40''$ sampai $112^{\circ}39'24.26''$ Bujur Timur, dengan luasan wilayah $\pm 2,5$ Kilometer.
2. Penelitian ini menggunakan metode magnetik dengan alat magnetometer.
3. Objek penelitian ini adalah sebaran pasir vulkanik yang terdapat di area penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Deskripsi Wilayah Penelitian

2.1.1 Letak Geografis

Secara administratif, Kecamatan Singosari termasuk dalam wilayah Kabupaten Malang, yang merupakan kabupaten terluas kedua di wilayah Jawa Timur. Secara geografis, Kabupaten Malang terletak pada koordinat $7^{\circ}44'55,11''$ sampai $8^{\circ}26'35,45''$ Lintang Selatan dan $112^{\circ}17'10,90''$ sampai $112^{\circ}57'00,00''$ Bujur Timur, dengan luas 3.526 km^2 . Batas wilayah Kabupaten Malang terbagi menjadi 5 yaitu di sebelah utara berbatasan dengan Kabupaten Jombang, Kabupaten Mojokerto, Kabupaten Pasuruan dan Kota Batu. Di sebelah barat berbatasan dengan Kabupaten Kediri dan Kabupaten Blitar. Di sebelah timur berbatasan dengan Kabupaten Lumajang dan Kabupaten Probolinggo. Sedangkan di sebelah selatan berbatasan langsung dengan Samudra Hindia. Dan di tengah-tengah Kabupaten Malang, berbatasan langsung dengan Kota Malang (Dinas Kominfo Kabupaten Malang, 2017).

Wilayah Kabupaten Malang sebagian besar merupakan kawasan dataran tinggi dan pegunungan, yang dikelilingi oleh beberapa gunung yang menyebar di utara, barat, timur dan selatan. Pada bagian utara terdapat Gunung Arjuno (dengan ketinggian $\pm 3.339 \text{ m}$), Gunung Welirang ($\pm 2.156 \text{ m}$) dan Gunung Anjasmara ($\pm 2.277 \text{ m}$). Bagian barat terdapat Gunung Kawi (dengan ketinggian $\pm 2.651 \text{ m}$), Gunung Kelud ($\pm 1.731 \text{ m}$) dan Gunung Panderman ($\pm 2.040 \text{ m}$). Bagian timur merupakan kompleks pegunungan Bromo-Tengger-Semeru, dengan ketinggian Gunung Bromo $\pm 2.392 \text{ m}$ dan Gunung Semeru $\pm 3.677 \text{ m}$. Bagian selatan berupa

Pegunungan Kapur, Pegunungan Kendeng (dengan ketinggian ± 600 m) dan dataran bergelombang serta dataran rendah di wilayah pesisir selatan dengan sebagian besar pantainya berbukit.

Kabupaten Malang memiliki 33 kecamatan, salah satunya adalah Kecamatan Singosari yang berada di sebelah utara Kabupaten Malang dan terletak pada ketinggian 400 – 700 meter di atas permukaan laut, dengan luas wilayah $\pm 68,23$ km². Kecamatan Singosari merupakan salah satu pusat sumber daya alam yang ada di Kabupaten Malang, karena termasuk dalam wilayah perbukitan dan dataran tinggi di bawah kaki Gunung Arjuno. Hal ini dimanfaatkan penduduk setempat untuk dijadikan sebagai wilayah perkebunan, kehutanan, dan pertambangan.

2.1.2 Struktur Geologi Daerah Penelitian

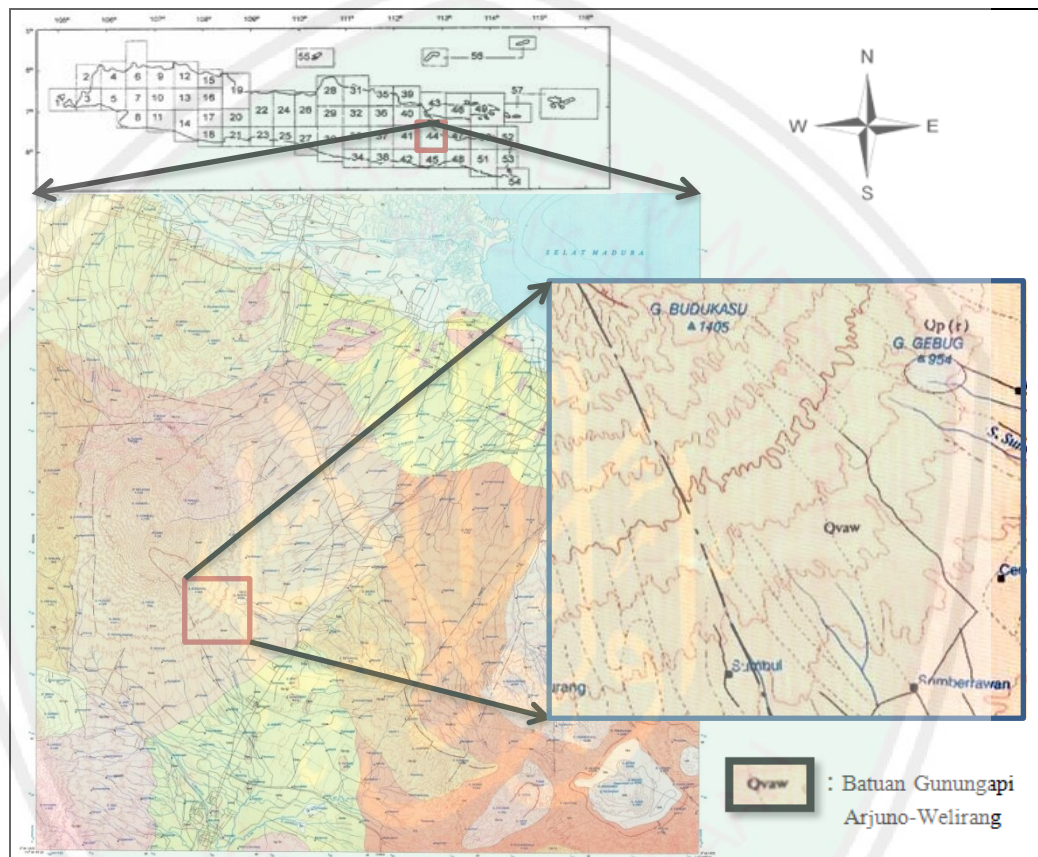
Berdasarkan kondisi Topografi, Kabupaten Malang dapat dibedakan menjadi 3 satuan daerah, yaitu daerah dataran rendah, daerah dataran tinggi, dan daerah pegunungan. Untuk daerah dataran rendah atau daerah lembah (dengan ketinggian antara 0 – 500 m) yang terletak di wilayah pesisir selatan dan di bagian tengah wilayah Kabupaten Malang. Daerah dataran tinggi merupakan daerah perbukitan kapur (dengan ketinggian antara 0 – 650 m) yang terletak di wilayah selatan. Daerah pegunungan merupakan daerah dengan ketinggian di atas 650 meter, dimana pada bagian timur adalah daerah lereng Bromo-Tengger-Semeru dengan ketinggian 500 – 3.600 mdpl yang membujur dari utara ke selatan, dan pada bagian barat sampai barat laut adalah daerah lereng Gunung Kawi, Gunung Panderman dan Gunung Arjuno dengan ketinggian 500 – 3.300 mdpl. Sehingga kabupaten Malang diibaratkan sebagai sebuah mangkok yang berada di

cekungan diantara wilayah pegunungan (Dinas Kominfo Kabupaten Malang, 2017).

Berdasarkan Geomorfologi, Menurut Nahrowi dkk (1978), lembar geologi Malang terletak pada Lajur Formasi Solo-Gunungapi kuartar yang diapit oleh Lajur Formasi Kendeng di bagian utara dan Lajur Formasi Pegunungan Selatan di bagian selatan. Lajur Formasi Solo-Gunungapi kuartar ini menindih Formasi Jombang yang ada dibawahnya dan menindih Formasi Kabuh yang berada dibawah Formasi Jombang. Formasi ini terdiri dari pegunungan dan kerucut gunungapi, yang meliputi Gunung Kawi, Gunung Anjasmara, Gunung Arjuno-Welirang, Gunung Penanggungan, dan Pegunungan Bromo-Tengger-Semeru, dimana sebagian besar batuan-batuan penyusunnya meliputi batuan sedimen, breksi gunungapi, piroklastik, lava, dan batuan beku (Santoso dan Suwarti, 1992). Secara Morfologi lembar Malang dapat dibedakan menjadi 6 satuan, yaitu kerucut gunungapi, pegunungan, perbukitan, dataran tinggi, dataran pasir, dan dataran rendah.

Struktur geologi yang terdapat di lembar Malang dipengaruhi oleh tektonika yang diperkirakan berlangsung semenjak akhir Plistosen Awal hingga Holosen. Hal tersebut mengakibatkan terjadinya sesar, lipatan lemah, kelurusan, kawah, gawir, dan barangko. Sesar terjadi pada batuan gunungapi kuartar, yang terdiri dari sesar geser dan sesar bongkah dengan berbagai arah. Sesar geser diperkirakan berlangsung pada akhir Plistosen Akhir, dengan arah Timur Laut – Barat Daya dan Barat Laut – Tenggara, yang terjadi pada batuan gunungapi Tengger dan memotong kawah Tengger sehingga gawir kawah sebelah timur menjadi lebih rendah dibandingkan dengan gawir lainnya. Sesar bongkah diperkirakan

berlangsung pada akhir Plistosen Tengah, dengan arah Barat Daya – Timur Laut yang terjadi pada batuan gunungapi Gendis dan memotong gawir terjal. Lipatan lemah terjadi pada Formasi Kabuh dan Formasi Jombang dengan arah sumbu hampir kearah Barat – Timur dengan kemiringan sayap yang landai (Santoso dan Suwarti, 1992).



Gambar 2.1 Geologi Daerah Penelitian (Santoso dan Suwarti, 1992)

Susunan batuan (Stratigrafi) yang tersingkap di lembar Malang yaitu batuan klastik, epiklastik, piroklastik dan aluvium, yang berumur dari Plistosen Awal hingga Resen. Terdapat dua lajur formasi di lembar stratigrafi Malang, yaitu Lajur Kendeng dan Lajur Solo-Gunungapi Kuartar. Pada lajur formasi Kendeng tersingkap Formasi Kabuh (*Qpk*), Formasi Jombang (*Qpj*) dan Aluvium (*Qa*). Menurut Koenigswald (1934), Formasi Kabuh (*Qpk*) diperkirakan berumur

Plistosen Awal hingga Plistosen Tengah yang terendapkan dalam lingkungan darat dan laut, sehingga ditemukan banyak fosil berupa Cangkang Moluska dan Foram, serta tertindih selaras oleh Formasi Jombang (*Qpj*) yang diperkirakan berumur Plistosen Tengah hingga Plistosen Akhir yang terendapkan pada lingkungan darat dan litoral, yang kemudian tertindih takselaras oleh Lajur Formasi Solo-Gunungapi kuartar (Santoso dan Suwarti, 1992).

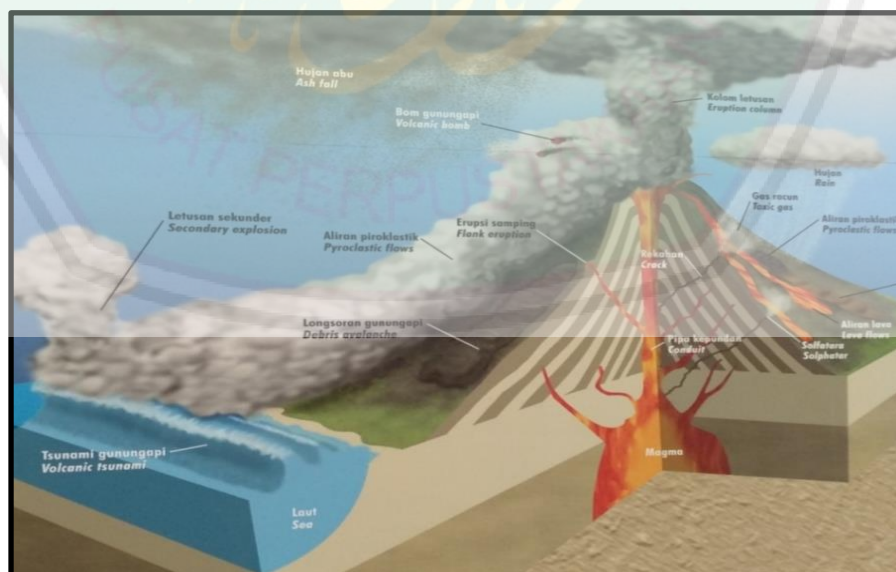
Pada Lajur Formasi Solo-Gunungapi kuartar diperkirakan berumur Plistosen Akhir hingga Holosen yang terendapkan pada lingkungan darat, dimana sebagian besar tersingkap batuan epiklastik dan piroklastik yang terbagi atas batuan gunungapi anjasmara tua (*Qpat*), batuan gunungapi kuartar bawah, batuan gunung kuartar tengah, formasi welang (*Qpw*), tuf-malang (*Qvtm*), batuan gunungapi arjuno-welirang (*Qvaw*) dan batuan gunungapi tengger (*Qvt*), batuan gunungapi kuartar atas, tuf-robano (*Qvtr*), batuan gunungapi bromo, pasir gunungapi tengger dan endapan rombakan cemaratinga, serta endapan teras (Santoso dan Suwarti, 1992).

Secara geologi, survei magnetik yang dilakukan di kecamatan singosari berada pada koordinat $7^{\circ}49'59.90''$ sampai $7^{\circ}50'10.04''$ Lintang Selatan dan $112^{\circ}38'56.40''$ sampai $112^{\circ}39'24.26''$ Bujur Timur. Berdasarkan koordinat tersebut lapisan susunan batuan (stratigrafi) yang terdapat di sekitar wilayah penelitian adalah Formasi batuan Gunungapi Arjuno-Welirang (*Qvaw*) yang merupakan batuan epiklastik dan piroklastik hasil erupsi gunungapi arjuno-welirang yang berada pada Lajur Formasi Solo-Gunungapi kuartar, yang berumur Plistosen Akhir dan tersusun dari breksi gunungapi, tuf, lava, aglomerat dan lahar, yang sebagian besar berbentuk butiran pasir hingga bom (berupa batu-batu besar).

2.2 Pasir Vulkanik

Permukaan bumi sebagian besar (sekitar 80%) tersusun atas material vulkanik berupa pasir dan batuan gunungapi yang tersebar di daratan maupun hingga di dasar laut. Hal ini disebabkan oleh terdapatnya gunung-gunung api yang tersebar di seluruh bumi dan diantaranya masih menunjukkan aktivitas eksplosifnya. Pada dasarnya, material vulkanik dihasilkan dari aktivitas vulkanisme berupa keluarnya magma ke permukaan bumi secara efusif (ekstrusi) maupun eksplosif (letusan) serta secara campuran (efusif dan eksplosif).

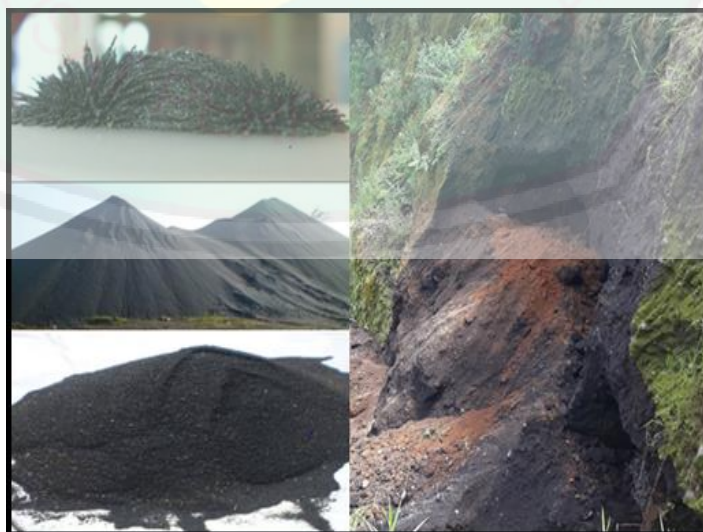
Erupsi secara efusif (ekstrusi) yaitu lelehan lava, yang disebabkan karena sifat magma yang encer dan memiliki tekanan yang lemah, sehingga menimpulkan lelehan lava melalui retakan atau rekahan batuan yang terdapat pada tubuh gunungapi. Untuk erupsi secara eksplosif (letusan) yaitu keluarnya magma ke permukaan bumi dengan cara ledakan, yang disebabkan oleh magma yang memiliki tekanan tinggi. Erupsi ini dikenal dengan letusan gunungapi, yang menyemburkan beberapa material vulkanik (Nandi, 2006).



Gambar 2.2 Aktivitas Vulkanisme Gunungapi (Nandi, 2006)

Selama aktivitas vulkanisme tersebut, material-material vulkanik yang dikeluarkan berupa gas, cair dan padat. Gas-gas yang keluar antara lain berupa uap air, O_2 , N_2 , C_2 , CO , SO_2 , H_2S , NH_3 , H_2SO_4 , dan lain sebagainya. Material cair yang dikeluarkan adalah magma yang keluar melalui pipa gunung yang disebut lava dan lahar. Sedangkan untuk material padat yang disemburkan ketika gunung berapi meletus berupa bom (batu-batu besar), kerikil, lapili, pasir, abu serta debu halus hasil vulkanisme (Sudaryo dan Sucipto, 2009).

Pasir vulkanik atau abu vulkanik adalah bahan material vulkanik berupa mineral piroklastik (*Pyro = Api* dan *Klasitik = Bongkahan*) yang disemburkan ke udara saat terjadi suatu erupsi atau letusan gunungapi. Material vulkanik terdiri dari batuan berukuran besar sampai pasir yang berukuran halus. Untuk material yang berukuran besar, biasanya jatuh di sekitar kawah sampai radius 5 – 7 km dari kawah gunungapi, sedangkan untuk material yang berukuran halus dapat jatuh pada jarak mencapai ratusan kilometer bahkan ribuan kilometer dari kawah gunung berapi, hal ini disebabkan oleh adanya hembusan angin (Sudaryo dan Sucipto, 2009).



Gambar 2.3 Mineral Pasir Vulkanik

(sumber : <http://www.suarageologi.blogspot.com/pasir-vulkanik-malang.jpg>)

Menurut Suryani (2014), pasir vulkanik atau abu vulkanik memiliki komposisi utama yang terdiri dari lima komponen yaitu silikon dioksida 55%, aluminium oksida 18%, besi oksida 18%, kalsium oksida 8%, dan magnesium oksida 2,5%. Sedangkan unsur mayor yang terkandung dalam pasir vulkanik atau abu vulkanik meliputi aluminium, besi, silika dan kalium. Dan unsur minor seperti iodium, magnesium, mangan, aatrium, popor, sulfur dan titanium. Serta memiliki tingkat *trace* (serpilh) seperti aurum, asbes, barium, kobalt, krom, tembaga, nikel, plumbum, sulfur, stibium, stannum, stronsium, vanadium, zirkonium dan seng.

Pasir vulkanik atau abu vulkanik pada umumnya mempunyai sifat kimia dan fisika. Sifat kimia tersebut adalah kandungan silika (SiO) yang tinggi, sulfur (S), timbal (Pb) dan kandungan logam berat seperti kadium (Cd), arsenik (As), perak/*argentum* (Ag), magnesium (Mg), dan nikel (Ni). Untuk sifat fisika yaitu sifat magnetik (Mg) dan kandung besi (FeO) (Kementrian ESDM, 2014). Menurut Balitbangtan (2014), kandungan besi (Fe) pada pasir vulkanik berkisar $\pm 0,5 - 3,1\%$. Dari hal tersebut diperkuat dengan penelitian yang dilakukan oleh Agustine dan Shilton (2015), dimana pasir vulkanik atau abu vulkanik memiliki suseptibilitas kemagnetan dan konduktivitas listrik, karena terdapat kandungan magnet dan besi didalamnya.

Pasir vulkanik merupakan jenis pasir tambang yang sangat baik untuk dimanfaatkan dalam kegiatan pembangunan dan industri, sehingga kebutuhan pasir vulkanik di Indonesia menjadi sangat tinggi. Dalam kegiatan pembangun, pasir vulkanik dimanfaatkan untuk pembuatan beton dan pembangunan infrastruktur. Hal tersebut dikarenakan material pasir vulkanik memiliki bentuk butiran yang menyudut dan meruncing, sehingga sangat cocok untuk bahan

material bangunan. Dalam kegiatan industri, pasir vulkanik dimanfaatkan sebagai bahan campuran industri seperti pengecoran baja, pembuatan besi, tembaga, dan seng, serta dalam industri pembuatan kaca. Karena memiliki kandungan unsur besi dan silika. Sedangkan untuk material vulkanik yang berukuran sedang hingga besar berupa batuan beku vulkanik, dapat dimanfaatkan sebagai bahan bangunan dan juga dalam industri pembuatan gerabah dan patung.

Pasir vulkanik diperoleh dari proses pertambangan yang dilakukan di sekitar gunung maupun sungai, hal ini dikarenakan proses pengendapan material pasir vulkanik terbawa selama proses transportasi oleh hembusan angin dan aliran air sehingga menyebar di wilayah tertentu. Salah satu wilayah endapan pasir vulkanik adalah kecamatan Singosari, yang terdapat di Dusun Putungwulung, Desa Toyomarto. Hal ini berdasarkan pada ditemukannya singkapan pasir vulkanik dan batuan vulkanik hasil dari pertambangan yang dilakukan di wilayah tersebut, serta informasi yang diperoleh dari peta geologi lembar malang. Maka dapat diasusimkan bahwa di wilayah tersebut merupakan wilayah endapan pasir vulkanik atau lapisan sedimen berupa pasir vulkanik yang merupakan formasi batuan Gunungapi Arjuno-Welirang (*Qvaw*). Formasi ini diperkirakan berumur Plistosen Akhir dan tersusun dari breksi gunungapi, lava, breksi tufan dan tuf, aglomerat dan lahar dengan ketebalan sekitar puluhan meter yang berasal dari hasil erupsi Gunung Arjuno-Welirang.

2.3 Konsep Metode Magnetik

Metode magnetik adalah suatu metode geofisika yang memanfaatkan sifat kemagnetan bumi. Metode magnetik dapat digunakan untuk mengetahui kedalaman dan struktur bawah permukaan yang didasarkan pada perbedaan

tingkat magnetisasi pada suatu batuan yang di induksi oleh medan magnet bumi (Burger, 1992). Metode magnetik dapat dimanfaatkan untuk eksplorasi mineral dan batuan yang terdapat di bawah permukaan berdasarkan sifat kemagnetan batuan di dalam bumi (Sharma, 1997). Selain itu, metode magnetik juga dapat dimanfaatkan dalam eksplorasi minyak dan gas bumi, identifikasi patahan dan sesar yang terdapat di bawah permukaan, serta dalam bidang mitigasi dan studi bencana alam (Joshua *et al.*, 2017).

Menurut Ogah *et al.*, (2014), metode magnetik dapat digunakan dalam survei yang berskala luas, yaitu untuk menggambarkan struktur geologi di bawah permukaan yang didasarkan pada nilai intensitas medan magnet yang dipengaruhi oleh variasi distribusi batuan yang bersifat magnetik. Variasi magnetik tersebut dapat disebabkan oleh Homogenitas pada komposisi batuan dasar atau pada struktur batuan penyusun bumi yang terdapat dibawah permukaan.

Konsep metode magnetik yaitu melakukan pengukuran terhadap variasi intensitas medan magnetik di permukaan bumi yang disebabkan oleh adanya variasi distribusi benda yang termagnetisasi di bawah permukaan bumi. Variasi intensitas medan magnetik yang terukur kemudian ditafsirkan dalam bentuk distribusi benda magnetik di bawah permukaan, yang kemudian dijadikan sebagai dasar untuk pendugaan keadaan geologi di bawah permukaan (Rosid, 2008). Metode magnetik mempertimbangkan variasi arah dan besaran vektor magnetisasi, dimana pengukuran menggunakan metode magnetik dapat dilakukan melalui darat, laut dan udara.

2.4 Teori Dasar Magnetik

2.4.1 Gaya Magnetik

Gaya magnetik adalah suatu gaya tarik-menarik atau tolak-menolak antar dua kutub magnet pada jarak tertentu yang menimbulkan suatu gaya magnetik. Menurut Burger (1992), metode magnetik didasarkan pada hukum Coulomb antara dua kutub magnetik yang saling berinteraksi menghantarkan muatan listrik, dimana gaya magnetik ditimbulkan oleh kedua kutub magnet yaitu kutub m_1 dan kutub m_2 yang terpisah sejauh r . Jika kedua kutub tersebut bermuatan sejenis akan tolak-menolak dan jika berlawanan jenis akan tarik-menarik, yang dapat dirumuskan sebagai berikut (Ariani dkk, 2013) :

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

Dimana :

\vec{F} = Gaya magnetik (dalam cgs-emu = *dynes*).

$m_1 m_2$ = Kutub magnet.

μ_0 = Permeabilitas magnetik.

r = Jarak antara kedua kutub magnet (m).

\hat{r} = Vektor satuan berarah dari m_1 ke m_2 .

2.4.2 Kuat Medan Magnet

Medan magnet merupakan suatu daerah yang dapat terdistribusi oleh gaya magnet. Menurut Burger (1992), Kuat medan magnet didefinisikan sebagai besarnya gaya yang ditimbulkan oleh kutub magnet satuan terhadap suatu titik yang berada di dalam medan magnet. Sehingga kuat medan magnet dihasilkan dari kuat kutub magnetik (m) pada jarak titik pengukuran (r) tertentu. Kuat medan magnet (\vec{H}) dinyatakan dalam persamaan berikut (Ariani *et al.*, 2013) :

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

dengan \vec{H} adalah kuat medan magnet dalam satuan SI ampere.meter⁻¹ (A.m⁻¹), sedangkan dalam cgs \vec{H} mempunyai satuan Oersted yang setara dengan dyne per satuan kutub, dimana satu oersted = $10^3/4\pi$ A.m⁻¹.

2.4.3 Induksi Magnetik

Menurut Telford *et al.*, (1990), Induksi magnetik adalah kuat medan magnet total yang disebabkan oleh adanya aliran arus listrik pada suatu material yang bersifat konduktor. Induksi magnetik diibaratkan sebagai suatu bahan bersifat magnetik yang diletakkan pada medan magnet luar (H), sehingga akan menghasilkan medan magnet sendiri (H') yang dapat meningkatkan nilai medan magnet total pada suatu bahan tersebut. Induksi magnetik dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut (Perdana *et al.*, 2013) :

$$B = \mu_0(H + M) = \mu_0(1 + k)H \quad (2.3)$$

dengan B adalah induksi magnetik. Satuan induksi magneti yang digunakan dalam eksplorasi geofisika adalah satuan *gamma* dan dalam satuan SI adalah tesla (T) atau nanotesla (nT), dimana 1 *gamma* = 1 nT. Sedangkan dalam satuan cgs adalah Gauss (G). Dengan M adalah magnetisasi (Wb/m³), H adalah medan magnet luar, k adalah suseptibilitas, dan $\mu_0 = 4\pi 10^{-7}$ adalah permeabilitas magnetik pada ruang hampa.

2.4.4 Intensitas Kemagnetan

Menurut Telford *et al.*, (1990), intensitas magnetik (\vec{I}) merupakan suatu tingkat kemampuan untuk menyerahkan momen-momen magnetik pada medan magnetik luar atau dapat didefinisikan sebagai momen magnetik (\vec{M}) per satuan volume. Intensitas magnetik (\vec{I}) dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut (Junaedy *et al.*, 2016) :

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

dimana intensitas magnetik dalam satuan SI adalah ampere.meter⁻¹ (A.m⁻¹).

2.4.5 Momen Magnetik

Menurut Burger (1992), momen magnetik didefinisikan sebagai dua buah kutub magnet yang berlawanan arah, dan secara alami selalu berpasangan yang disebut dipole dengan kutub positif ($+m$) dan kutub negatif ($-m$) yang dipisahkan oleh jarak (l), yang dapat dirumuskan sebagai berikut (Perdana *et al.*, 2013) :

$$\vec{M} = ml\hat{r} \quad (2.5)$$

dimana \vec{M} merupakan sebuah vektor pada arah vektor \hat{r} berarah dari kutub negatif menuju kutub positif. Arah momen magnetik dari atom-atom material yang bersifat non-magnetik adalah tidak beraturan, sehingga momen magnetik resultannya sama dengan nol. Sebaliknya, pada material yang bersifat magnetik, atom-atom materialnya teratur sehingga momen magnetik resultannya tidak sama

dengan nol. \vec{M} sebagai momen magnetik dalam satuan SI adalah ampere.meter² (A.m²).

2.4.6 Suseptibilitas Magnetik

Metode magnetik memanfaatkan suseptibilitas magnetik sebagai parameter pokok yang dimiliki oleh batuan dan mineral. Sehingga suseptibilitas magnetik pada suatu batuan dan mineral menjadi respon dari sifat magnetik yang terkandung didalamnya. Menurut Burger (1992), Suseptibilitas magnetik (k) adalah sifat magnetisasi batuan, atau dapat diartikan sebagai tingkat kemagnetan suatu benda untuk dimagnetisasi. Suseptibilitas magnetik dapat dinyatakan dalam persamaan (Junaedy *et al.*, 2016) :

$$k = \frac{I}{H} \quad (2.6)$$

Dimana :

- I = Magnetisasi (T).
- k = Suseptibilitas batuan (SI).
- H = Medan magnet luar (T).

Suatu benda yang berada dalam medan magnet, akan mengalami induksi magnetik yang menghasilkan anomali medan magnet. Sehingga dengan adanya batuan dan mineral yang bersifat magnetik, akan menyebabkan terjadinya suatu gangguan pada medan magnet normal bumi yang disebabkan oleh anomali medan magnet sebagai hasil magnetisasi batuan (Telford *et al.*, 1990).

Hubungan antara anomali magnetik dengan suseptibilitas batuan dan mineral magnetik yaitu apabila anomali magnetiknya tinggi, maka mengindikasikan suseptibilitas batuan dan mineral magnetik bernilai positif dan

bernilai tinggi serta memiliki kerentanan magnetik yang tinggi pula. Jika anomali magnetiknya sedang, maka mengindikasikan suseptibilitas batuan dan mineral magnetik bernilai positif dengan nilai sangat kecil serta memiliki kerentanan magnetik yang sedang. Sedangkan jika anomali magnetiknya rendah, maka mengindikasikan suseptibilitas batuan dan mineral magnetik bernilai negatif dengan nilai yang kecil serta kerentanan magnetik yang sangat rendah.

Tabel 2.1 Sifat Magnetik dari Beberapa Batuan (Telford *et al.*, 1990) :

Jenis Batuan dan Mineral	Suseptibilitas Magnetik $\times 10^{-6}$ (cgs emu)	
	Range	Average
Batuan Sedimen		
Dolomit	0 – 75	10
Batu Gamping / Kapur	2 – 280	25
Batu Pasir / Pasir	0 – 1660	30
Lempung	5 – 1480	50
Rata-rata Sedimen	0 – 4000	75
Batuan Metamorf		
Amfibolit		60
Sekis	25 – 240	120
Filit		130
Gneiss	10 – 2000	
Kuarsit		350
Serpentinit	250 – 1400	6
Slate	0 – 3000	500
Rata-rata Metamorf	0 – 5800	
Batuan Beku		
Granit	0 – 4000	200
Riolit	20 – 3000	
Dolorit	100 – 3000	1400
Augit-senit	2700 – 3600	
Olivin-diabas		2000

Diabas	80 – 13000	4500
Porpiri	20 – 16700	5000
Gabbro	80 – 7200	6000
Basalt	20 – 14500	6000
Diorit	50 – 10000	7000
Piroxenit		10500
Peridotit	7600 – 15600	13000
Andesit	90 – 20000	13500
Rata-rata Beku Asam	3 – 6530	650
Rata-rata Beku Basa	44 – 9710	2600
Mineral		
Grafit		-8
Quartz		-1
Anidrite, Batu Kapur		-1
Calsit	-0,6 – -1	
Batu Bara		2
Tanah Liat		20
Chalcopirit		32
Sphalerit		60
Cassiterit		90
Siderit	100 – 310	
Pirit	4 – 420	130
Limonit		220
Garam Batu		-1
Arsenopirit		240
Hematit	40 – 3000	550
Chromit	240 – 9400	600
Franklinit		36000
Pirrhosit	100 – 50000	125000
Ilmenit	25000 – 300000	150000
Magnetit	100000 – 1600000	500000

Menurut Rosid (2008), sifat magnetisasi batuan atau suseptibilitas pada batuan beraneka ragam, tergantung pada sejarah pembentukan batuan itu sendiri, diantaranya :

1. Ferromagnetik

Material ferromagnetik memiliki nilai suseptibilitas magnetik bermuatan positif yang besar, yaitu $(10^2 < k < 1,6 \times 10^4) \times 10^{-6}$ emu dan bergantung pada temperatur. Material ferromagnetik terbagi lagi lagi menjadi tiga macam, yaitu :

- a. Ferromagnetik : material yang secara umum jarang ditemukan dalam bentuk murni. Contohnya : Besi, Nikel, dan Kobalt.



Gambar 2.4 Arah Polarisasi Ferromagnetik (Rosid, 2008)

- b. Antiferromagnetik : material yang tidak umum (*Hematite* (Fe_2O_3)).
Contohnya : Superkonduktor (URu_2Si_2), Logam *Chromium* (Cr), *Alloys* $FeMn$ dan NiO .



Gambar 2.5 Arah Polarisasi Antiferromagnetik (Rosid, 2008)

- c. Ferrimagnetik : material yang muncul dalam bentuk garnet ferrit dan magnetik (*Magnetite* (Fe_3O_4) dan *Ilmenite* ($FeTiO_3$)), material yang paling tua yang ditemukan adalah *Magnetite* (*Iron* (II,III) *Oxide*).
Contohnya : Alumunium, Nikel, Seng, dan Kobalt.



Gambar 2.6 Arah Polarisasi Ferrimagnetik (Rosid, 2008)

2. Paramagnetik

Material paramagnetik memiliki nilai suseptibilitas magnetiknya (k) adalah positif dan bernilai kecil, yaitu sebesar $(4 < k < 36000) \times 10^{-6}$ emu dan berbanding terbalik dengan nilai temperatur. Medan magnetiknya dipengaruhi oleh medan magnet dari luar. Contoh material paramagnetik adalah Kapur.



Gambar 2.7 Arah Polarisasi Paramagnetik (Rosid, 2008)

3. Diamagnetik

Material Diamagnetik memiliki nilai suseptibilitas magnetik (k) negatif dan nilainya sangat kecil, yaitu $(-8 < k < 310) \times 10^{-6}$ emu. Artinya material ini memiliki sifat magnetik yang lemah. Contoh material diamagnetik : *Graphite, Marble, Salt, marmar dan Quartzite.*



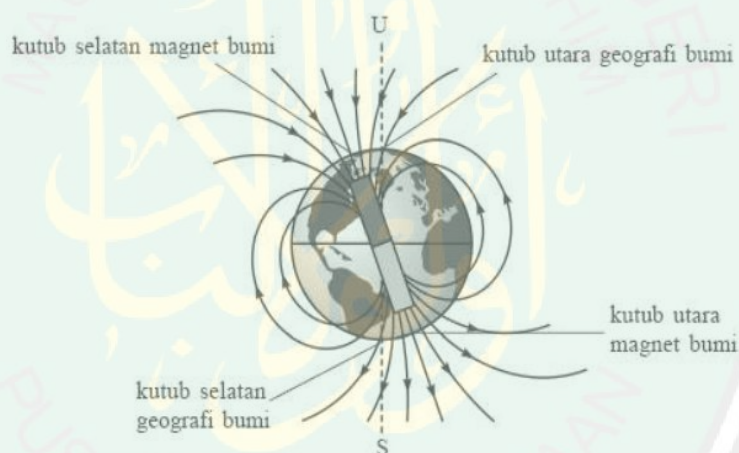
Gambar 2.8 Arah Polarisasi Diamagnetik (Rosid, 2008)

2.5 Medan Magnet Bumi

Medan magnet bumi bersumber dari dalam inti bumi yang ditimbulkan oleh batang magnet raksasa. Bumi dapat diibaratkan sebagai magnet raksasa yang memiliki gaya magnet dan kutub magnet yang disebut kutub utara bumi yang terletak di kepulauan Kanada pada koordinat 75° Lintang Utara dan 101° Bujur Barat, dan kutub selatan bumi terletak diujung Antartika pada koordinat 67°

Lintang Selatan 143° Bujur Timur. Menurut Telford *et al.*, (1990), medan magnet bumi dinyatakan dalam besaran vektor yang memiliki nilai dan arah, dimana arahnya dinyatakan oleh deklinasi atau penyimpangan terhadap arah utara-selatan geografis dan juga inklinasi atau penyimpangan terhadap arah horizontal (Deniyanto, 2010).

Arah pergerakan medan magnet adalah menuju permukaan bumi. Apabila berada di kutub utara maka perubahannya menjadi vertikal, yang bergerak secara *Inward*. Jika berada di Equator maka akan berubah menjadi horizontal, yang bergerak secara *Northward*. Dan jika berada di kutub selatan maka akan berubah menjadi vertikal kembali, namun bergerak secara *Outward* (Sarkowi, 2010).



Gambar 2.9 Arah Medan Magnet Bumi (Sarkowi, 2010)

Medan magnet bumi sebagai besaran vektor dapat digambarkan dengan tiga komponen yang bergerak pada permukaan bumi, yaitu komponen X (kearah utara geografis), komponen magnet Y (kearah timur) dan komponen Z (arah vertikal kebawah). Apabila komponen X dan Y digabungkan akan diperoleh komponen intensitas medan magnetik (H) dengan $H = \sqrt{X^2 + Y^2}$ yang sejajar dengan arah jarum kompas. Dan apabila menambahkan komponen Z maka akan diperoleh

komponen medan magnet total (F) dengan $F = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$. Dengan (Campbell, 2003 : dalam Zubaidah, 2010) :

1. Deklinasi (D): yaitu sudut yang terbentuk antara kutub utara geografis dengan komponen horizontal (kutub utara magnetik) yang di hitung dari utara menuju timur.
2. Inklinasi (I) : yaitu sudut yang terbentuk antara medan magnet total dengan bidang horizontal, yang di hitung 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 (F) : yaitu besar dari vektor medan magnetik total.



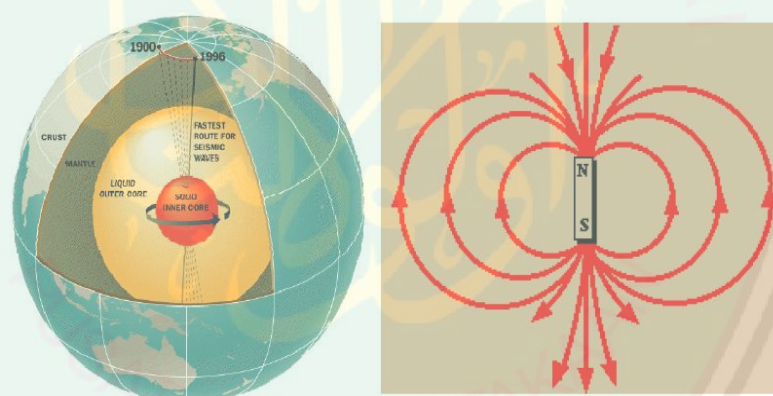
Gambar 2.10 Elemen Medan Magnet Bumi (Telford *et al.*, 1990 : dalam Zubaidah, 2010)

Menurut Tjasyono (2006), sumber medan magnet bumi berasal dari medan magnet utama, medan magnet luar, dan variasi dari medan utama (anomali magnetik lokal). Nilai medan magnet utama merupakan yang paling besar yaitu 99% dan mendominasi nilai medan magnet bumi, karena berasal dari dalam inti bumi (*inner core*), sedangkan sisanya yaitu nilai medan magnet luar berasal dari

kerak bumi (*crustal earth*) sebesar 1% yang ditimbulkan oleh induksi magnetik batuan yang terdapat di kerak bumi maupun dari luar angkasa.

2.5.1 Medan Magnet Utama (*Main Field*)

Bumi secara teoritis merupakan penyebab adanya medan magnet utama, yang bersumber dari dalam bumi itu sendiri. Sumber tersebut meliputi magnetisasi permanen yang dapat disebabkan oleh suatu aliran arus listrik yang keluar-masuk bumi. Menurut beberapa teori, bumi tersusun oleh besi dan nikel yang keduanya dikenal sebagai konduktor yang sangat baik. Sehingga sumber magnetik bumi diibaratkan sebagai dinamo yang terdapat di dalam inti bumi yang mempunyai konduktivitas tinggi dan bergerak dengan mekanisme yang kompleks (Telford *et al.*, 1990 : dalam Perdana *et al.*, 2013).



Gambar 2.11 Kiri : Asal Usul Medan Magnet Bumi.
Kanan : Perpindahan Gaya pada Garis-garis Medan Magnet Bumi seperti pada Batang Magnet (Reynold, 1997 : dalam Rivas, 2009).

Pada tahun 1838, Gauss melakukan penelitian untuk mengetahui sumber medan magnet utama bumi. Sehingga diketahui sumber medan magnet utama bumi yaitu bersumber dari dalam bumi yang terukur di seluruh permukaan bumi, yang disebabkan oleh sumber dari dalam bumi itu sendiri dan sumber dari luar

bumi yang memiliki pengaruh sangat kecil (Blakely, 1995 : dalam Perdana *et al.*, 2013).

Medan magnet utama bumi mempunyai nilai yang paling besar yaitu 99% dan mendominasi nilai medan magnet bumi. Menurut IAGA WG V-MOD (2005), medan magnet utama bumi mengalami perubahan terhadap tempat dan waktu, sehingga diperlukan penyeragaman nilai-nilai medan magnet utama bumi, maka dibuatlah standar nilai yang disebut IGRF (*The International Geomagnetic Reference Field*) yang diperbarui setiap 5 tahun sekali, oleh Badan Asosiasi Geomagnetik Internasional dan Aeronomi (IAGA). Dimana nilai Intensitas medan magnet utama bumi yaitu berkisar antar 25000 nT – 65000 nT (Zubaidah, 2010). Untuk Indonesia, nilai intensitas medan magnetnya dibagi menjadi dua wilayah, yaitu daerah yang berada di Utara *Equator* mempunyai nilai intensitas medan magnet utama ± 40000 nT, dan untuk daerah yang berada di Selatan *Equator* mempunyai nilai intensitas medan magnet ± 45000 nT.

2.5.2 Medan Magnet Luar (*External Field*)

Medan magnet luar merupakan sebagian kecil dari medan magnet utama, yaitu 1% yang berasal dari luar bumi yang terdapat di atas permukaan bumi dan luar angkasa. Menurut Telford *et al.*, (1990), medan magnet luar ini berkaitan dengan induksi magnetik pada batuan yang terdapat di atas permukaan bumi atau kerak bumi dan arus listrik yang mengalir pada lapisan terionisasi yang terletak di atas atmosfer bumi. Perbedaan terhadap perubahan waktu untuk medan magnet luar, lebih cepat dari medan magnet utama. Hal tersebut terjadi karena (Wahyudi, 2001) :

1. Perubahan konduktivitas listrik lapisan atmosfer dengan siklus yang berdurasi 11 tahun dan berkorelasi dengan aktivitas matahari.
2. Variasi harian matahari dengan periode 24 jam yang berhubungan dengan pasang surut matahari dan mempunyai jangkauan 30 nT serta berubah menurut garis lintang dan musim.
3. Variasi harian bulan dengan periode 25 jam yang berhubungan dengan pasang surut bulan dan mempunyai jangkauan 2 nT.
4. Badai magnetik yang bersifat acak dan mempunyai jangkauan sampai dengan amplitudo sebesar 1000 nT pada semua garis lintang. Pada puncak badai magnetik, kegiatan eksplorasi dengan menggunakan metode magnetik tidak berguna.

2.5.3 Anomali Medan Magnet (*Anomaly Field*)

Target dari pengukuran menggunakan metode magnetik adalah variasi medan magnet yang terukur di permukaan (anomali medan magnet). Menurut Telford *et al.*, (1990), anomali medan magnet atau yang sering disebut dengan variasi medan magnet lokal, dihasilkan oleh batuan yang mengandung mineral magnetik yang terdapat di dalam kerak bumi. Sehingga nilai anomali dari medan magnet ini tergantung dari batuan dan mineral yang mempunyai nilai magnetik dan nilai magnetisasi yang tersisa pada batuan, yang dapat dituliskan sebagai berikut (Darmawan dkk, 2012) :

$$H_A = H_T - H_0 \pm H_L \quad (2.7)$$

Dimana :

H_A = Medan anomali magnetik (nT).

H_T = Medan magnet total bumi (nT).

H_0 = Medan magnet utama bumi (nT).
 H_L = Medan magnet luar bumi (nT).

Menurut Telford *et al.*, (1990), nilai anomali medan magnet berkisar antara ratusan hingga ribuan nano-Tesla (nT). Namun, ada juga yang lebih besar dari 100.000 nT, yaitu batuan dengan sifat magnetik tinggi. Secara garis besar anomali magnetik disebabkan oleh adanya medan magnet remanen (kemagnetan sisa yang menetap pada batuan) dan medan magnet induksi. Dimana medan magnet remanen mempunyai peranan yang lebih besar terhadap magnetisasi kemagnetan pada batuan sebelumnya. Akibat dari magnetisasi kemagnetan oleh medan magnet utama tersebut, menyebabkan terbentuknya sisa kemagnetan pada batuan yang disebut dengan *Normal Residual Magnetism* (Suntoko dkk, 2012).

Menurut Untung (2001), sisa kemagnetan yang tergantung pada batuan berhubungan dengan sejarah pembentukan dari batuan, dimana sisa kemagnetannya memiliki beragam tingkatan dari yang lemah hingga kuat. Sisa kemagnetan yang kuat, biasanya terkandung pada batuan beku dan batuan sedimen, sebagaimana kedua batuan tersebut banyak tersebar luas di bumi sebagai penyusun dari kerak bumi. Terdapat beberapa jenis kemagnetan sisa, diantaranya ialah kemagnetan sisa panas (*Thermoremanent magnetisation*) yaitu berasal dari pendinginan batuan beku dari panas tinggi, kemagnetan sisa panas tetap (*Isothermal Remanent Magnetisation*) yaitu berasal dari suhu tetap yang mendapatkan pengaruh dari medan magnet luar secara sesaat, kemagnetan sisa viskos (*Viscous Remanent Magnetisation*) yaitu yang berasal dari pengaruh medan magnet luar secara terus-menerus dengan temperatur yang berganti-ganti, kemagnetan sisa deposisional (*Depositional Remanent Magnetisation*) yaitu

pengendapan butir dalam suatu lembah atau cekungan yang mendapatkan pengaruh dari medan magnet bumi, dan kemagnetan sisa kimia (*Chemical Remanent Magnetisation*) yaitu rekristalisasi butir-butir mineral magnetik pada temperatur yang rendah (jauh dibawah) dari temperatur Curie.

Medan magnet remanen (sisa) tersebut merupakan komponen yang sangat penting dalam survei magnetik. Karena anomali yang diperoleh dari kegiatan survei magnetik merupakan hasil gabungan dari medan magnet remanen dan induksi medan magnet. Sehingga, apabila arah medan magnet remanen dan arah induksi medan magnet sama, maka anomalinnya akan bertambah besar. Namun, jika arah medan magnet remanen dan arah induksi medan magnet berlawanan, maka anomalinnya akan bernilai kecil, dan apabila nilai anomali medan magnetik kurang dari 25% dari medan magnet utama bumi, maka efek medan magnetik remanen akan diabaikan (Telford *et al.*, 1990 : dalam Junaedy *et al.*, 2016).



Gambar 2.12 Anomali Medan Magnet
(Telford *et al.*, 1990 : dalam Sehad dan Sukmaji, 2017)

2.6 Koreksi-koreksi Data Magnetik

2.6.1 Koreksi Harian (*Diurnal Correction*)

Koreksi harian (*Diurnal Correction*) atau variasi harian merupakan penyimpanan nilai medan magnetik bumi yang disebabkan oleh adanya perbedaan

waktu pengukuran dan adanya efek radiasi sinar matahari yang diterima oleh bumi selama satu hari (Blakely, 1995 : dalam Hadisurya, 2014). Koreksi harian atau Varisi harian sebagian besar bersumber dari medan magnet luar yang dihasilkan dari perputaran arus listrik di dalam lapisan ionosfer. Ion-ion yang dihasilkan dari lapisan udara yang terionisasi oleh matahari akan menjadi ion-ion magnet ketika ada listrik di ionosfer (Rosid, 2008).

Koreksi harian berfungsi untuk menghilangkan efek nilai medan magnet luar yang disebabkan oleh efek eksternal bumi, sehingga diperoleh nilai medan magnet yang hanya berasal dari dalam bumi. Dan untuk efek nilai medan magnet utamanya akan dihilangkan menggunakan koreksi IGRF. Koreksi harian dilakukan dengan cara mengurangi nilai intensitas medan magnet pada titik pengukuran dengan nilai intensitas medan magnet yang terinterpolasi linier terhadap waktu pada *base station*, Rumus koreksi harian secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut (Kurniati dkk, 2008) :

$$\Delta H_{\text{harian}} = \left(\frac{t_n - t_{\text{awal}}}{t_{\text{akhir}} - t_{\text{awal}}} \right) (H_{\text{akhir}} - H_{\text{awal}}) \quad (2.8)$$

Dimana :

H_{harian} = Nilai Medan Magnet Harian.

t_n = Waktu Data ke-n.

t_{awal} = Waktu Data Awal.

t_{akhir} = Waktu Data Akhir.

H_{awal} = Intensitas Medan Magnet Awal.

H_{akhir} = Intensitas Medan Magnet Akhir.

2.6.2 Koreksi IGRF (*The International Geomagnetic Reference Field*)

Koreksi IGRF (*The International Geomagnetic Reference Field*) merupakan suatu model koreksi umum *spherical harmonic* dari medan magnet utama yang

bersumber dari dalam inti bumi, hal ini telah disepakati secara Internasional. Pada dasarnya pengukuran dengan metode magnetik diperoleh hasil data yang terdiri dari medan magnet utama, medan magnet luar, dan anomali medan magnet (Blakely, 1995 : dalam Hadisurya, 2014).

Koreksi IGRF (*The International Geomagnetic Reference Field*) berfungsi untuk menghilangkan efek nilai medan magnet utama, dengan cara nilai medan magnet yang dihasilkan dari dalam bumi yang telah dilakukan koreksi harian pada setiap titik pengukuran dikurangi dengan nilai IGRF, sehingga akan didapatkan nilai anomali medan magnet total. Persamaan dari koreksi IGRF dapat dituliskan sebagai berikut (Kurniati dkk, 2008) :

$$\Delta H = H_{Diurnal} - H_{IGRF} \quad (2.9)$$

$$H_{Diurnal} = H_{Total} \pm V_{Diurnal} \quad (2.10)$$

Dimana :

ΔH = Anomali Medan Magnetik Total.

$H_{Diurnal}$ = Kuat Medan Magnet Diurnal.

H_{IGRF} = Medan Magnet Utama Bumi (IGRF).

H_{Total} = Kuat Medan Magnet Terukur.

$V_{Diurnal}$ = Variasi Diurnal.

2.7 Transformasi Medan

2.7.1 Kontinuasi Ke Atas (*Upward Continuation*)

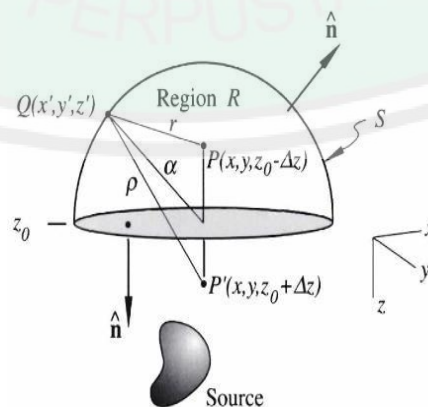
Kontinuasi ke atas (*Upward Continuation*) merupakan suatu proses transformasi data medan potensial dari suatu bidang yang lebih tinggi. Fungsi dari proses transformasi ini adalah sebagai filter tapis rendah untuk mereduksi efek magnetik lokal yang berasal dari berbagai sumber benda magnetik yang tersebar

di permukaan topografi yang tidak berhubungan dengan kegiatan survei (Blakely, 1995).

Transformasi ini mengurangi anomali sebagai fungsi panjang gelombang. Semakin pendek panjang gelombang, maka semakin besar atenuasinya (redamannya). Konsep dasar dari transformasi ini berasal dari identitas ketiga teorema Green, yang menjelaskan bahwa apabila suatu fungsi U yang kontinu di setiap tempat, maka akan mempunyai turunan yang kontinu disepanjang daerah R , maka nilai U pada suatu titik P di dalam daerah R dapat dinyatakan dalam persamaan (Blakely, 1995 : dalam Hiskiawan, 2016) :

$$U(P) = \frac{1}{4\pi} \int \left(\frac{1}{r} \frac{\partial U}{\partial n} - U \frac{\partial}{\partial n} \frac{1}{r} \right) dS \quad (2.11)$$

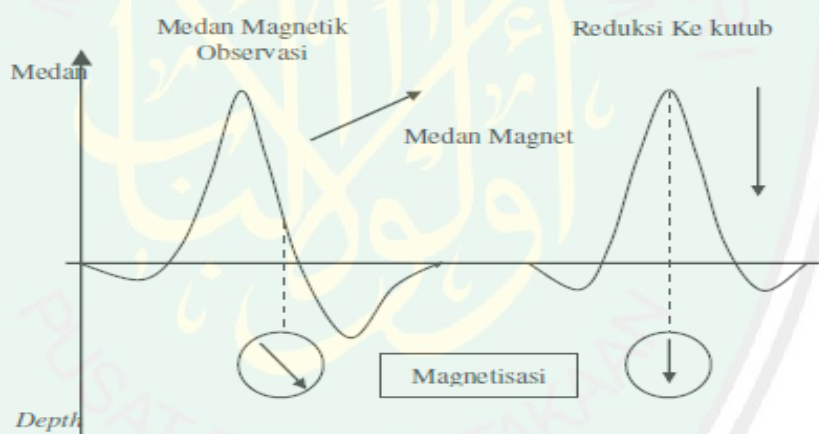
dengan S menunjukkan permukaan daerah R , n menunjukkan arah normal keluar, dan r adalah jarak dari titik P ke suatu titik permukaan S . Persamaan di atas menjelaskan prinsip dasar dari kontinuitas ke atas, bahwa suatu medan potensial dapat dihitung pada setiap titik di dalam suatu daerah berdasarkan sifat medan magnet pada permukaan yang melingkupi daerah tersebut (Blakely, 1995 : dalam Hiskiawan, 2016).



Gambar 2.13 Kontinuitas ke Atas dari Permukaan Horizontal (Blakely, 1995 : dalam Hiskiawan, 2016)

2.7.2 Reduksi Ke Kutub (*Reduction to Pole*)

Reduksi ke kutub (*Reduction to Pole*) adalah suatu proses transformasi yang digunakan dalam proses interpretasi data magnetik. Fungsi dari proses transformasi ini adalah merubah sudut inklinasi ke arah vertikal, yang bertujuan untuk mentransformasikan medan magnet dari tempat pengukuran menjadi medan magnet di kutub utara magnetik (Blakely, 1995 : dalam Hiskiawan, 2016). Transformasi ini dilakukan karena didasari adanya perbedaan nilai inklinasi dan deklinasi dari setiap daerah. Sehingga dengan proses transformasi ini dapat mengurangi salah satu tahapan rumit dari proses interpretasi data, dimana penentuan anomali magnetik memberikan informasi tentang posisi atau keberadaan dari benda magnetik.



Gambar 2.14 Implus Anomali Magnetik dan Anomali hasil Reduksi ke Kutub (Blakely, 1995: dalam Darmawan dkk, 2012)

Proses transformasi reduksi ke kutub ini dilakukan dengan cara mengubah arah magnetisasi dan medan magnet utama ke arah vertikal, dimana sudut Inklinasi benda akan di rubah menjadi 90° dan sudut Deklinasinya menjadi 0° . Hubungan antara medan potensial f dan distribusi sumber material s adalah (Blakely, 1995: dalam Darmawan dkk, 2012) :

$$f(P) = \int_R S(Q) \psi(P, Q) dv \quad (2.12)$$

dengan R adalah sumber material, $f(P)$ adalah medan potensial atau anomali medan magnetik total pada P (sebagai titik observasi), $s(Q)$ adalah kuantitas fisis magnetisasi pada Q (distribusi sumber), dan $\psi(P, Q)$ adalah fungsi Green berupa anomali medan magnetik total yang bergantung pada geometris titik observasi dan titik distribusi sumber.

2.9.3 Reduksi Bidang Datar

Reduksi bidang datar merupakan suatu proses transformasi yang digunakan untuk membawa data medan potensial hasil observasi yang masih terdistribusi di bidang yang tidak horizontal (semisal bidang topografi) kebidang horizontal (bidang datar). Reduksi bidang datar bertujuan untuk menghilangkan efek distorsi data akibat variasi ketinggian pada data yang didapatkan saat pengukuran. Proses transformasi reduksi bidang datar ini melalui beberapa teknik, yaitu teknik sumber Ekuivalen (*Equivalent source*), lapisan Ekuivalen (*Equivalent layer*) dan pendekatan deret Taylor (*Taylor Series Approximation*) (Blakely, 1995 : dalam Hadisurya, 2014).

Deret Taylor merupakan fungsi turunan pada suatu titik untuk mengekstraksi fungsi kesekitar titik tersebut. Sehingga deret Taylor ini berfungsi untuk memprediksi nilai medan potensial pada titik-titik di luar bidang observasi. Penerapan deret Taylor ini sebagai suatu teknik dalam proses memodifikasi bentuk benda penyebab anomali magnetik, agar bisa diperoleh solusi dalam mengatasi suatu permasalahan invers nonlinier dan dapat digunakan untuk memprediksi nilai

suatu medan potensial pada titik yang jauh dari permukaan lokasi observasi (Blakely, 1995).

Reduksi bidang datar ini digunakan dengan alasan, karena data magnetik yang diperoleh dari survei magnetik yang dilakukan dilapangan masih bercampur dengan nilai bidang topografi dan masih mengikuti bidang topografi yang tidak rata, sehingga menyebabkan suatu ambiguitas atau ketidakjelasan dan kesalahan yang mungkin terjadi pada saat melakukan interpretasi data, karena ketidakaturan ketinggian data pengukuran. Sehingga data magnetik harus di proses melalui transformasi pada suatu bidang dengan ketinggian yang sama, yang dikenal dengan istilah transformasi reduksi bidang datar.

2.8 Magnetometer

Magnetometer adalah suatu alat yang digunakan untuk mengukur medan magnet bumi. Hasil pengukuran alat magnetometer berupa nilai medan magnet absolut yang ada dilapangan, karena masih terpengaruh oleh medan magnet bumi serta medan magnet lainnya yang berasal dari benda-benda magnetik yang terdapat disekitar pengukuran. Alat magnetometer memiliki ketelitian mencapai 1 nT (*nano Tesla*) dengan keakuratan yang sangat baik (Mariita, 2007).

Alat magnetometer banyak dimanfaatkan dalam beberapa penyelidikan, seperti untuk mengukur magnetisasi bahan-bahan magnetik, pemetaan medan magnet bumi, pengetesan kebocoran medan magnet dari suatu alat penghasil magnetik, dan salah satunya dalam dunia penerbangan yaitu untuk mendeteksi barang bawaan penumpang pesawat, untuk keamanan penerbangan.

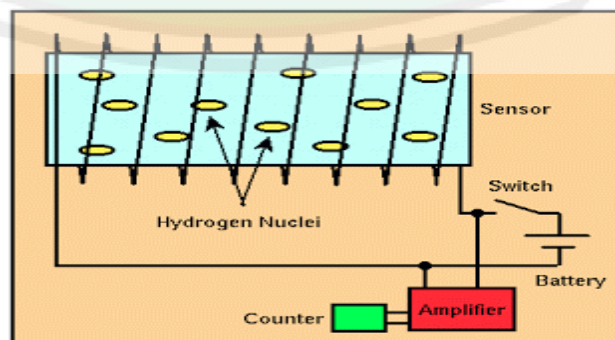
Salah satu jenis alat magnetometer adalah *Proton Precision Magnetometer* (PPM), yang merupakan instrument untuk survei geofisika yang digunakan untuk

mengukur medan magnet total yang ada di dalam bumi. Tujuan dari pengukuran tersebut untuk mengetahui lokasi batuan dan mineral magnetik, situs arkeologi, minyak dan gas bumi, lokasi sumber panas bumi (*geothermal*) di bawah permukaan, atau objek di bawah permukaan laut seperti kapal selam atau kapal yang tenggelam di dasar laut dan lain sebagainya (Milsom, 2003).



Gambar 2.15 Alat *Proton Precision Magnetometer* (Wibowo, 2017)

Proton Precision Magnetometer (PPM) memiliki komponen sensor yang diibaratkan seperti tabung silinder yang terisi dengan cairan atom hidrogen yang dikelilingi oleh lilitan kawat kabel. Pada umumnya, cairan yang digunakan terdiri dari alkohol, kerosin dan air. Sensor tersebut dihubungkan dengan kabel ke sebuah unit *power supply*, sebuah saklar elektronik, sebuah *amplifier*, dan sebuah pencatat frekuensi.



Gambar 2.15 Diagram Kotak dari *Proton Precision Magnetometer* (Milsom, 2003)

Menurut Munadi (2001), prinsip kerja dari *Proton Precision Magnetometer* (PPM) yaitu pada sebuah tabung silinder yang dikelilingi oleh lilitan kumparan dan di isi oleh cairan atom hidrogen (proton). Dimana pada cairan yang mengandung proton-proton tersebut memiliki 2 gerak yang tidak beraturan, yaitu gerak spin (berputar pada porosnya) dan gerak presesi (gerak gasing yang oleng). Apabila tegangan polarisasi diaktifkan maka akan timbul kuat medan magnet (\vec{H}_1) disekeliling tabung silinder. Hal ini mengakibatkan gerak dari proton-proton tersebut menjadi lebih teratur. Gerak presesi proton pada keadaan ini mengikuti aturan sedemikian rupa sehingga dipenuhi dengan hubungan :

$$\omega_1 = \gamma \vec{H}_1 \quad (2.13)$$

Dimana :

- ω_1 = Kecepatan sudut gerak presesi proton.
- γ = Rasio giromagnetik dari proton (sebesar $2,6752 \times 10^8 \text{ s}^{-1} \cdot \text{T}^{-1}$).
- \vec{H}_1 = Kuat medan magnet yang dibangkitkan oleh tegangan polarisasi.

Beberapa saat kemudian tegangan polarisasi diputuskan, sehingga disekitar tabung silinder tidak ada lagi medan magnet polarisasi. Sehingga hal ini akan mempengaruhi gerak presesi dari proton-proton. Akibatnya tidak adanya medan magnet polarisasi, proton-proton tersebut akan berpresesi di bawah pengaruh medan magnet lain yaitu medan magnet bumi. Yang dituliskan sebagai berikut (Munadi, 2001) :

$$\omega_2 = \gamma \vec{H}_2 \quad (2.14)$$

Dimana :

- ω_2 = Kecepatan sudut gerak presesi proton-proton akibat pengaruh medan magnet bumi.

- γ = Rasio giromagnetik dari proton (sebesar $2,6752 \times 10^8 s^{-1} \cdot T^{-1}$).
 \vec{H}_2 = Kuat medan magnet yang mempengaruhinya.

jadi dengan mengukur nilai ω_2 , maka kuat medan magnet bumi \vec{H}_2 yang mempengaruhinya dapat diketahui.

Menurut Santoso (2002), di dalam survei magnetik yang dilakukan di lapangan, dianjurkan membawa dua buah alat magnetometer. Dimana alat yang pertama mengukur variasi harian yang bertujuan untuk mengukur pengaruh medan magnet dari luar bumi, sedangkan alat yang kedua untuk mengukur nilai magnetik pada setiap titik dilintasan-lintasan yang telah ditentukan. Selain itu medan magnet utama bumi di hitung berdasarkan persamaan IGRF (*The International Geomagnetic Reference Field*). Dengan demikian anomali medan magnet yang diamati dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut :

$$\Delta H = H_{OBS} - H_{IGRF} \pm H_{VH} \quad (2.15)$$

Dimana :

- ΔH = Anomali magnetik.
 H_{OBS} = Medan magnet total terukur.
 H_{IGRF} = Medan magnet teoritis berdasarkan IGRF.
 H_{VH} = Koreksi medan magnet akibat variasi harian.

2.9 Integrasi Al-Qu'ran

Pasir vulkanik di lokasi penelitian merupakan mineral piroklastik yang dihasilkan dari fenomena alam berupa aktivitas vulkanik gunungapi Arjuno-Welirang. Pasir vulkanik ini dapat dimanfaatkan dalam berbagai hal, seperti dalam bidang pembangunan, industri, dan mineral penyubur tanah, karena terdapat beberapa mineral yang terkandung didalamnya. Dari hal tersebut, maka

perlu dilakukan penelitian guna untuk mengeksplorasi sebaran pasir vulkanik, sehingga nantinya dapat diketahui sebagaimana pola persebaran dan struktur bawah permukaan disekitar lokasi penelitian. Petunjuk untuk melakukan eksplorasi telah dijelaskan Allah SWT dalam Al-Qur'an surat Ar-Rahman ayat 33 sebagaimana berikut :

يُمَعِّشِرَ الْجِنَّ وَالْإِنْسَ إِنَّ اسْتَطَعْتُمْ أَنْ تَتَفَدُّوا مِنْ أَقْطَارِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ فَانْفُدُوا لَا تَتَفَدُّونَ
إِلَّا بِسُلْطٰنٍ

“Hai jamaah jin dan manusia, jika kamu sanggup menembus (melintasi) penjuru langit dan bumi, maka lintasilah, kamu tidak dapat menembusnya kecuali dengan kekuatan”.

Dari ayat diatas, kita dapat mengambil pemahaman bahwa Manusia sebagai hamba Allah SWT diberikan kesempatan untuk melakukan eksplorasi, guna mengetahui apa yang terdapat di langit maupun di bumi. Namun untuk melakukannya, diperlukan kekuatan. Kekuatan yang dimaksud dapat berupa ilmu pengetahuan yang telah dimiliki dan dikembangkan oleh manusia sebagai makhluk yang berakal, sehingga dari hal tersebut manusia dapat mengambil manfaat dan pengetahuan dari apa yang terdapat di alam (Purwanto, 2015).

Ilmu geofisika merupakan ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang alam dan kebumihan berdasarkan parameter fisika dan matematika. Dimana dalam bidang ilmu geofisika terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk tujuan eksplorasi bumi, salah satunya yaitu metode Magnetik. Metode magnetik merupakan metode geofisika pasif yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi struktur bawah permukaan, berdasarkan sifat kemagnetan bumi. Metode ini sangat cocok untuk kegiatan eksplorasi mineral batuan, benda magnetik, panas bumi

(*geothermal*), minyak dan gas bumi maupun untuk survei bawah permukaan untuk mengetahui struktur, patahan dan lipatan.



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian tentang identifikasi sebaran lapisan pasir vulkanik yang dilaksanakan di dusun Petungwulung desa Toyomarto, Kecamatan Singosari, Kabupaten Malang pada koordinat $7^{\circ}49'59.90''$ sampai $7^{\circ}50'10.04''$ Lintang Selatan dan $112^{\circ}38'56.40''$ sampai $112^{\circ}39'24.26''$ Bujur Timur dengan luas area pada daerah penelitian yaitu 440 meter x 800 meter, yang bertujuan untuk mengetahui potensi sebaran lapisan pasir vulkanik di daerah tersebut. Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 03-04 Agustus 2019.



Gambar 3.1 Desain Akuisisi Data

3.2 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Magnetometer jenis *Proton Procession Magnetometer* dan buku manual alat.
2. GPS (*Global Positioning System*)
3. Peta Geologi.
4. Kompas.
5. Baterai 13,5 Volt DC.
6. Buku kerja dan Alat tulis.
7. Software (*Microsoft Excel, Magpick, Surfer 13, Matlab, Oasis Montaj*).

3.3 Data Penelitian

Data yang diambil dalam penelitian ini adalah :

1. Koordinat Lintang dan Bujur.
2. Waktu pengambilan data (hari, jam, dan tanggal).
3. Ketinggian titik ukur.
4. Pembacaan Magnetometer (intensitas magnet total).

3.4 Prosedur Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Pengambilan Data (Akuisisi Data)

Data magnetik yang digunakan dalam penelitian ini berupa data primer yang didapatkan melalui pengambilan data (akuisisi data), yang dilakukan di lokasi penelitian. Pengambilan data (akuisisi data) dilakukan dengan menggunakan metode magnetik, yang dilakukan dengan dua tahap, yang pertama yaitu dengan menentukan titik-titik akuisisi data di sekitar area singkapan tambang pasir

vulkanik dengan pembagian spasi 40 meter pada luasan area penelitian yaitu 440 meter x 800 meter. Penentuan titik-titik akuisisi data ini dilakukan dengan melakukan tracking di lapangan untuk mencari koordinat singkapan dan melakukan pembagian spasi antar titik-titik akuisisi berupa *grid* dengan jarak 40 meter melalui *software* aplikasi *google earth*.

Tahap kedua yaitu akuisisi data yang meliputi pengambilan data magnetik, pengambilan data posisi lintang dan bujur serta ketinggian, dan pengambilan data waktu. Metode pengambilan data pada penelitian ini menggunakan metode *lopping*, dimana pengukuran di mulai dari titik awal dan berakhir pada titik yang sama (1 titik), sehingga titik yang sama tersebut dijadikan sebagai titik acuan (*base station*). Lokasi titik acuan (*base station*) harus berupa titik atau tempat yang stabil, jauh dari gangguan, mudah dijangkau agar memudahkan dalam akuisisi data dan berada di luar area pengukuran. Setelah titik acuan (*base station*) sudah ditentukan, proses selanjutnya yaitu pengambilan data, dimana pengukuran dimulai pada titik 1 yang menjadi titik acuan, kemudian dilanjutkan pada titik-titik ukur yang sudah ditentukan di lapangan dan berakhir kembali di titik 1 (*base station*). Pola *lopping* pada proses pengambilan data bertujuan untuk mengetahui variasi harian magnet dalam satu hari pada titik acuan (*base station*) yang disebabkan oleh adanya pengaruh internal maupun eksternal dari bumi atau gangguan pada alat, sehingga koreksi harian (*diurnal*) dapat dilakukan terhadap data pengukuran yang dilakukan dalam satu hari. Begitu pula dengan hari berikutnya.

Tahapan akuisisi data ini perlu dilakukan secara cermat dan akurat. Sebab apabila terdapat kesalahan saat pengambilan data maka akan berdampak pada

proses selanjutnya yaitu pengolahan data dan interpretasi hasil. Konsekuensinya ialah penelitian ini harus diulang kembali dari awal. Hal ini mungkin saja terjadi karena sifat dari metode magnetik yang cukup sensitif terhadap sumber medan listrik maupun medan magnet yang terdapat disekitar titik pengambilan data.

3.4.2 Pengolahan Data (*Processing Data*)

Tahapan berikutnya dalam penelitian ini yaitu pengolahan data (*processing data*). Pengolahan data meliputi segala bentuk koreksi, konturing dan analisa terhadap data lapangan yang telah diperoleh. Data yang didapatkan saat pengukuran di lapangan yaitu nilai intensitas medan magnet total pada bumi, yang merupakan gabungan dari nilai medan magnet utama, nilai medan magnet luar dan nilai anomali magnetik lokal. Medan magnet utama dihasilkan oleh sifat-sifat bumi secara keseluruhan, untuk medan magnet luar dihasilkan oleh benda-benda magnetik diatas permukaan bumi atau benda-benda yang ada di luar angkasa, dan untuk anomali magnetik lokal dihasilkan dari ketidak homogenan kerak bumi yang disebabkan oleh batuan dan mineral yang bersifat magnetik yang terdapat didalamnya.

Data pertama yang didapatkan dari proses akuisisi data yaitu nilai intensitas medan magnet total yang masih dipengaruhi oleh efek internal dan eksternal. Oleh karena itu efek tersebut harus dihilangkan terlebih dahulu. Untuk menghilangkan efek medan magnet luar, menggunakan koreksi harian (*diurnal correction*). Sedangkan efek medan magnet dalamnya (medan magnet utama) dapat dihilangkan dengan koreksi IGRF (*The International Geomagnetic Reference Field*).

Koreksi harian terhadap nilai intensitas medan magnet akan menghasilkan nilai medan magnet yang hanya berasal dari dalam bumi. Kemudian dengan koreksi IGRF akan diperoleh hasil berupa nilai anomali medan magnetik total pada topografi, sehingga orientasi pengukuran pada penelitian ini adalah nilai anomali medan magnetik total yang terukur dibawah permukaan bumi atau yang terdapat di kerak bumi. Kemudian nilai anomali medan magnetik total pada topografi tersebut, dilakukan proses reduksi bidang datar yang bertujuan untuk menghilangkan efek distorsi data akibat variasi ketinggian yang tidak rata pada data pengukuran di lapangan, menggunakan *software Matlab*. Kemudian nilai anomali medan magnetik total yang sudah di reduksi bidang datar dilakukan pengangkatan ke atas atau yang dikenal dengan transformasi kontinuasi ke atas (*upward continuation*) dengan ketinggian tertentu menggunakan *software MagPick*, dengan tujuan untuk menghilangkan efek anomali lokal pada data dan mencari efek anomali regional, sehingga efek anomali lokal dan efek anomali regional dapat dipisahkan dan didapatkan hasil berupa anomali lokal. Selanjutnya agar proses interpretasi lebih mudah, maka pada anomali lokal tersebut dilakukan transformasi reduksi ke kutub (*reduction to pole*) menggunakan *software MagPick*, dengan tujuan mentransformasikan medan magnet dari tempat pengukuran menjadi medan magnet di kutub utara magnetik, sehingga diketahui nilai anomali sebagai informasi dari posisi atau keberadaan dari benda magnetik. Selanjutnya, dari data yang telah dikoreksi akan digunakan untuk membuat peta kontur daerah penelitian dengan menggunakan *software Surfer 13*.

Terdapat beberapa tahapan dalam melakukan pengolahan data (*processing data*), diantaranya yaitu Koreksi data magnetik yang meliputi koreksi harian dan

koreksi IGRF. Transformasi medan yang meliputi Reduksi bidang datar, kontinuitas ke atas (pengangkatan) dan reduksi ke kutub. Serta pemodelan geologi pada daerah penelitian yang harus dicocokkan dengan informasi geologi sebagai kontrolnya.

3.4.2.1 Koreksi Harian

Koreksi harian (*Diurnal Correction*) berfungsi untuk menghilangkan efek nilai medan magnet luar yang disebabkan oleh efek eksternal pada waktu tertentu. Waktu yang dimaksud yaitu waktu saat melakukan pengukuran medan magnetik di setiap titik lokasi pengambilan data (stasiun pengukuran). Apabila nilai variasi harian negatif, maka koreksinya dilakukan dengan cara menambahkan nilai variasi harian yang terekam pada waktu tertentu terhadap data medan magnetik yang akan dikoreksi, dan apabila nilai variasi harian positif, maka koreksinya dilakukan dengan cara mengurangi nilai variasi harian yang terekam pada waktu tertentu terhadap data medan magnetik yang akan dikoreksi. Sehingga pada koreksi harian ini diperoleh nilai intensitas medan magnet yang hanya berasal dari dalam bumi yang telah dilakukan koreksi harian. Dan untuk efek nilai medan magnet utamanya akan dihilangkan menggunakan koreksi IGRF.

3.4.2.2 Koreksi IGRF

Koreksi IGRF (*The International Geomagnetic Reference Field*) berfungsi untuk menghilangkan efek nilai medan magnet utama (nilai IGRF). Nilai IGRF merupakan nilai yang ikut terukur pada saat melakukan pengukuran medan magnetik dipermukaan bumi dan komponen paling besar dalam survei

magnetik, sehingga perlu dilakukan koreksi untuk menghilangkannya. Koreksi nilai IGRF ini dilakukan karena nilai yang menjadi target dalam survei magnetik adalah anomali medan magnetik total.

Koreksi IGRF dapat dilakukan dengan menggunakan kalkulasi dari NOAA yang di akses secara *online* di website www.ngdc.noaa.gov/geomag yang diupdate setiap lima tahun sekali. Untuk memperoleh nilai IGRF, perlu melakukan *Input* berupa data posisi lintang dan bujur titik akuisisi, data ketinggian, serta tanggal, bulan dan tahun pengukuran yang sedang dilakukan. *Output* yang didapatkan adalah deklinasi, inklinasi, intensitas horizontal, nilai medan magnetik pada komponen serta nilai anomali medan magnetik total. Selanjutnya proses koreksi IGRF dilakukan dengan menggunakan *software Microsoft Exel*.

The image shows a web form titled "Calculate Magnetic Field". It contains several sections for data entry:

- Location and Elevation:** Latitude (text input), Longitude (text input), and Elevation (text input with a dropdown for "Kilometers"). Radio buttons are present for "S" or "N" and "W" or "E".
- Model:** Radio buttons for "WMM (2014-2019)", "IGRF (1590-2019)", and "EMM (2000-2019)".
- Dates:** "Start Date" and "End Date" sections, each with "Year", "Month", and "Day" dropdown menus.
- Step size:** A text input field with the value "1.0".
- Result format:** Radio buttons for "HTML", "XML", "CSV", and "JSON".
- Action:** A blue "Calculate" button at the bottom left.

Gambar 3.2 Kolom Input pada Kalkulator IGRF

3.4.2.3 Reduksi Bidang Datar

Data yang didapatkan ketika proses pengambilan data masih dipengaruhi faktor ketinggian. Oleh karena itu data tersebut harus dikoreksi terlebih dahulu

agar nilai data magnetiknya dapat sesuai dengan ketinggian aslinya di lapang. Sehingga data magnetik harus di proses melalui transformasi pada suatu bidang dengan ketinggian yang sama, yang dikenal dengan istilah reduksi bidang datar.

Solusi yang dapat digunakan untuk reduksi bidang datar ini yaitu dengan melakukan beberapa teknik proses transformasi, yaitu teknik sumber Ekuivalen (*Equivalent source*), lapisan Ekuivalen (*Equivalent layer*) dan pendekatan deret Taylor (*Taylor Series Approximation*) (Blakely, 1995 : dalam Hadisurya, 2014). Sehingga dengan menerapkan deret Taylor ini, dapat memudahkan proses modifikasi bentuk benda penyebab anomali magnetik dan untuk memprediksi harga medan potensial pada suatu titik yang jauh dari permukaan lokasi penelitian. Proses reduksi bidang datar dilakukan menggunakan *software Matlab*.

3.4.2.4 Kontinuasi ke Atas

Kontinuasi ke atas merupakan proses pengolahan data medan potensial yang diukur pada suatu bidang permukaan, menjadi data yang seolah-olah diukur pada bidang permukaan yang lebih ke atas (Kurniati dkk, 2008). Proses ini dilakukan pada peta anomali medan magnet total, dengan bertujuan untuk menghilangkan efek anomali lokal dari sumber yang dangkal yang disebabkan oleh benda-benda magnetik dan agar anomali regional dapat ditentukan, sehingga akan didapatkan dua anomali dan kemudian dilakukan proses pemisahan anomali, yaitu anomali lokal dengan anomali regional. Proses kontinuasi ke atas ini menggunakan *software MagPick*.

3.4.2.5 Reduksi ke Kutub

Reduksi ke kutub merupakan teknik pengolahan data dengan membuat sudut *Inklinasi* benda menjadi 90° dan sudut *Deklinasi* benda menjadi 0° (Kurniati dkk, 2008). Tujuan dilakukan transformasi ini adalah untuk melokalisasi daerah-daerah dengan anomali maksimum tepat berada di atas objek penyebab anomali magnetik, sehingga posisi atau keberadaan dari benda magnetik dapat diketahui dan memudahkan dalam proses interpretasi. Proses reduksi ke kutub ini menggunakan *software MagPick*.

3.4.2.6 Pemodelan Geologi

Pemodelan geologi pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *forward modeling* (pemodelan ke depan). *Forward modeling* merupakan suatu proses pemodelan dimana pembuatan model dilakukan melalui pendekatan intuisi geologi yang didasarkan pada nilai medan magnet hasil pengamatan, nilai medan magnet teori (IGRF), dan nilai medan magnet harian. Dari tiga komponen tersebut akan didapatkan hasil berupa model bawah permukaan yang kemudian dapat dilakukan interpretasi (analisa), dimana hasil dari respon model tersebut harus memiliki kesesuaian dengan data pengamatan yang ada di lapangan, sehingga nantinya dapat di anggap mewakili kondisi bawah permukaan (Nabighian *et al.*, 2005).

Metode *forward modeling* (pemodelan ke depan) pada data magnetik dapat dilakukan dalam bentuk 2 Dimensi (2D) dan 3 Dimensi (3D), hal ini dengan memanfaatkan metode Talwani. *Forward modeling* dapat dilakukan menggunakan *software Oasis Montaj* dengan menggunakan informasi parameter IGRF, Inklinalasi, Deklinasi, dan Informasi geologi daerah penelitian (Nabighian

et al., 2005). Pemodelan dengan *forward modeling* ini dilakukan melalui proses coba-coba (*trial and error*) sehingga nantinya diperoleh kecocokan antara profil model dengan profil data lapangan.

Pemodelan geologi dilakukan dengan cara membuat analisa pada penampang anomali lokal. Penarikan garis penampang dilakukan dengan cara memperhatikan bentuk dari kontur dan pola anomalnya. Bentuk yang diperhatikan pada pemodelan ini yaitu tinggi rendahnya anomali magnetik dan kerapatan kontur. Dengan demikian pola dari struktur bawah permukaan di daerah penelitian dapat diperkirakan.

Dalam penentuan garis penampang harus tegak lurus dengan garis kontur agar pola struktur geologinya dapat diperkirakan dengan baik. Penampang yang telah di tarik akan melalui proses *digitaze* dan *slice* dengan menggunakan *software Surfer 13*. Hasil dari proses ini yaitu berupa data nilai anomali lokal dan jarak lintasan pada penampang yang telah dibuat. Kemudian data ini digunakan sebagai inputan pada *software Oasis Montaj* yang akan menghasilkan penampang melintang anomali. Setelah model anomali terbentuk, proses selanjutnya ialah dengan memasukkan nilai kontras suseptabilitas batuan dan ketebalan lapisan batuan tertentu sebagaimana yang terlihat pada peta geologi.

3.4.3 Interpretasi Data

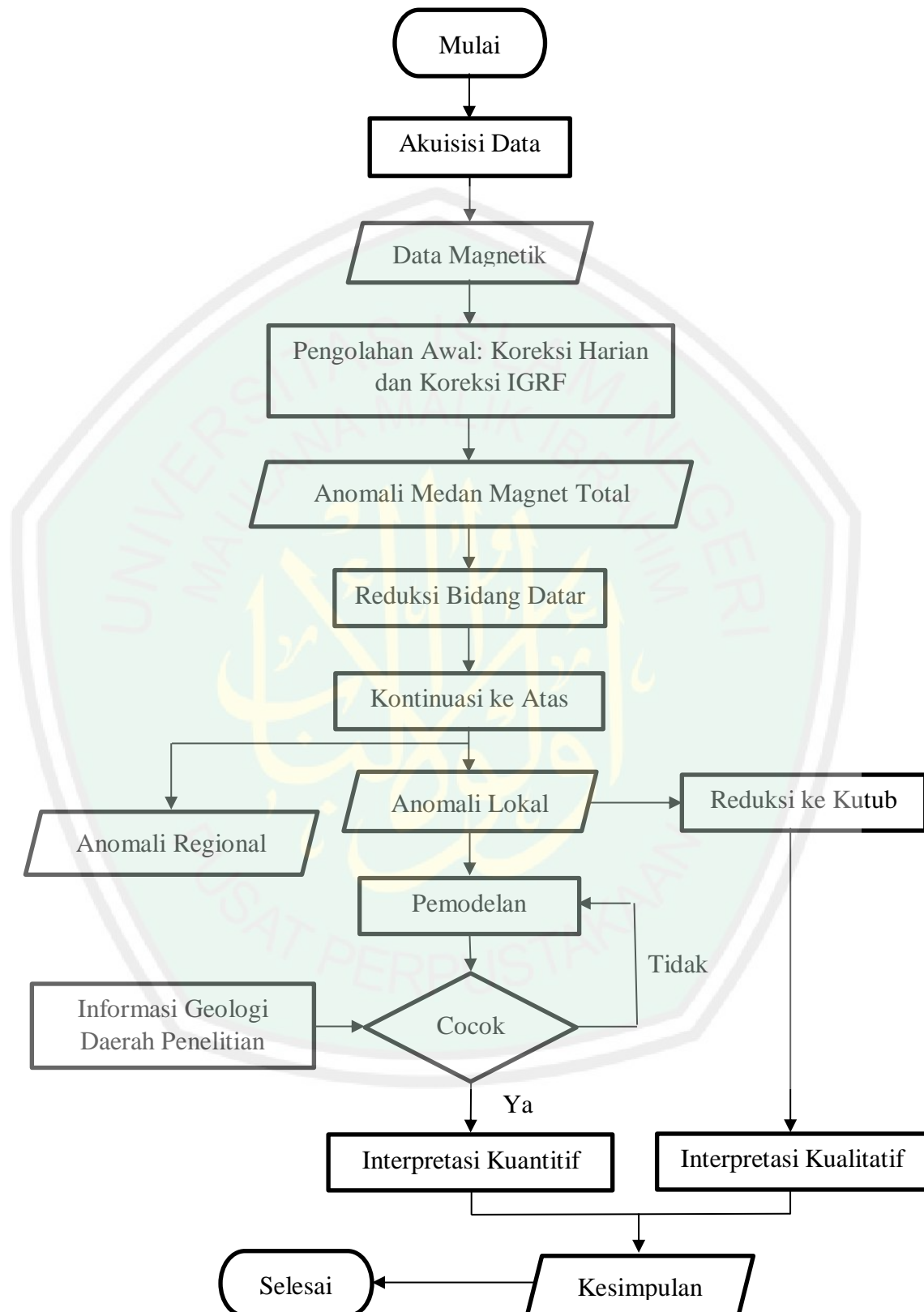
Interpretasi data dilakukan dengan dua cara yaitu interpretasi kualitatif dan kuantitatif. Interpretasi kualitatif akan menafsirkan analisa pada peta kontur anomali lokal. Sedangkan interpretasi kuantitatif dilakukan dengan bantuan *software Oasis Montaj* untuk memodelkan kondisi di bawah permukaan dan

dengan informasi dari peta geologi untuk mengetahui nilai kontras suseptibilitas batuan (k) dan ketebalan lapisan (h).

Tujuan dari interpretasi kualitatif ialah untuk memperkirakan ada tidaknya suatu sumber yang menyebabkan terjadinya anomali, dan untuk melokalisir daerah yang memiliki gejala anomali. Sedangkan interpretasi kuantitatif bertujuan untuk mengetahui bentuk dan kedalaman sumber penyebab terjadinya anomali dengan membuat permodelan matematis dari struktur geologi daerah penelitian. Proses interpretasi kuantitatif dilakukan dengan menggunakan *software Oasis Montaj*.



3.5 Diagram Alir



Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode magnetik merupakan salah satu metode eksplorasi geofisika pasif yang digunakan untuk mengukur nilai intensitas medan magnet pada suatu titik pengukuran yang disebabkan oleh distribusi batuan atau benda termagnetisasi di bawah permukaan. Metode magnetik sangat cocok digunakan untuk mengetahui struktur geologi dan kedalaman atau keberadaan dari batuan atau benda yang bersifat magnetik di bawah permukaan. Terdapat tiga tahapan dalam eksplorasi menggunakan metode magnetik, meliputi akuisisi data (pengambilan data), pengolahan data (*processing* data), dan interpretasi data hasil pengolahan data.

4.1 Akuisisi Data

Penelitian ini tentang Identifikasi sebaran lapisan pasir vulkanik menggunakan metode magnetik. Alat yang digunakan adalah *Proton Processing Magnetometer* (PPM), dimana akuisisi data (pengambilan data) yang dilakukan pada setiap titik ukur diulang sebanyak 5 kali, dari data yang didapatkan kemudian dipilih nilai yang sering muncul atau data dipilih berdasarkan nilai rata-rata dari nilai data untuk mengurangi tingkat kesalahan (*error*) pada saat pengambilan data. Data yang diperoleh dari proses akuisisi data (pengambilan data) berupa data nilai Intensitas medan magnet total (nT) sebanyak 207 titik dengan jarak 40 meter dan luasan area sekitar 440m x 800m, dan didapatkan pula data koordinat lintang-bujur dan ketinggian (elevasi) serta data waktu pengukuran.

4.2 Pengolahan Data

Data pengukuran yang didapatkan dilapangan merupakan data intensitas medan magnet total, yang mana masih gabungan dari tiga komponen yaitu medan magnet utama yang bersumber dari dalam bumi (inti bumi), medan magnet luar yang berasal dari luar bumi berupa radiasi sinar matahari, dan anomali medan magnet total yang berasal dari batuan atau benda magnetik yang terdapat di bawah permukaan bumi. Dari data tersebut selanjutnya dilakukan pengolahan data dengan melakukan beberapa koreksi, yaitu koreksi harian (*diurnal correction*) dan koreksi IGRF (*IGRF correction*) untuk mendapatkan nilai anomali medan magnet total di area penelitian. Selain itu juga dilakukan beberapa transformasi pada data anomali medan magnet total, yang meliputi transformasi reduksi bidang datar, transformasi kontinuasi ke atas (*upward continuation*), dan transformasi reduksi ke kutub (*reduction to pole*).

Proses pengolahan data (*processing data*) di mulai dengan merubah atau mengkonversi data koordinat yang didapatkan pada saat akuisisi data dilapangan yang masih dalam bentuk Geografis (dd°, mm', ss'') menjadi bentuk *Decimal Degree* (d, dd) dengan bantuan *software Microsoft Exel*, kemudian dari bentuk *Decimal Degree* dikonversi ke bentuk *Universal Transfer Mercator* (UTM) dengan menggunakan bantuan *software Surfer 13*. Tujuannya adalah untuk mempermudah dalam pembacaan pada *software Surfer 13* dan untuk pengolahan data selanjutnya.

Proses pengolahan selanjutnya adalah membuat peta kontur dengan menggunakan bantuan *software Surfer 13* yang terdiri dari peta kontur anomali magnetik total dan peta kontur topografi, peta kontur anomali magnetik total yang

telah di reduksi bidang datar, peta kontur anomali regional dan peta kontur anomali lokal hasil kontinuasi ke atas, serta peta kontur anomali lokal setelah di reduksi ke kutub, dengan tujuan agar memudahkan dalam proses interpretasi data secara kualitatif. Dalam membuat peta kontur, format inputan yang dimasukkan sebagai parameter meliputi koordinat lintang (LS) pada kolom (X), dan koordinat bujur (BT) pada kolom (Y), serta nilai pengukuran berupa data ketinggian (elevasi) dan data anomali medan magnetik (ΔH) pada kolom (Z).

4.2.1 Anomali Medan Magnet

Anomali medan magnet adalah nilai dari medan magnet pada suatu titik pengukuran yang dihasilkan oleh batuan atau benda bersifat magnetik yang terdapat dibawah permukaan bumi sebagai target dari pengukuran. Untuk mendapatkan nilai anomali medan magnetik total, harus dilakukan koreksi-koreksi pada data intensitas medan magnet total yang diperoleh dari pengukuran dilapangan. Karena masih terpengaruh oleh medan magnet utama bumi (efek internal) dan medan magnet luar bumi (efek eksternal).

Koreksi yang pertama adalah koreksi harian (*diurnal correction*) yang merupakan penyimpanan nilai medan magnetik bumi yang disebabkan oleh adanya perbedaan waktu pengukuran dan adanya efek radiasi sinar matahari yang di terima oleh bumi selama satu hari. Caranya dengan mengurangi nilai intensitas medan magnet pada titik pengukuran dengan nilai intensitas medan magnet yang terinterpolasi linier terhadap waktu pada *base station*. Sehingga akan diperoleh nilai medan magnet yang hanya berasal dari dalam bumi.

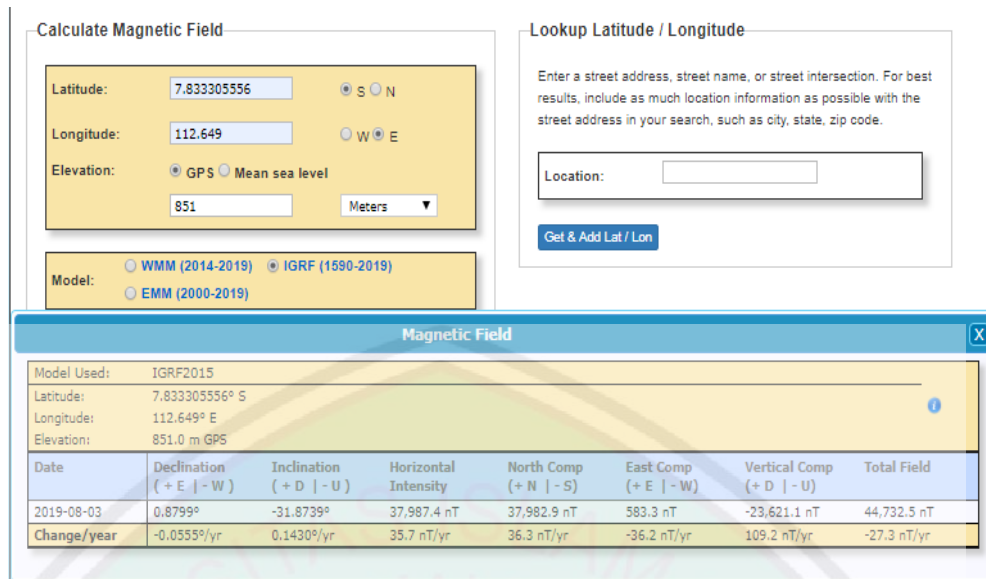
Koreksi yang kedua adalah koreksi IGRF (*IGRF correction*) yang didasarkan pada nilai IGRF pada setiap daerah yang memiliki nilai yang berbeda-

beda. Nilai IGRF adalah nilai medan magnet utama bumi yang ikut terukur saat melakukan pengukuran menggunakan metode magnetik. Koreksi ini berfungsi untuk menghilangkan efek nilai medan magnet utama yang bersumber dari dalam bumi, sehingga didapatkan nilai anomali medan magnet total yang bersumber dari batuan atau benda magnetik yang terdapat dibawah permukaan bumi yang menjadi target dari pengukuran menggunakan metode magnetik.

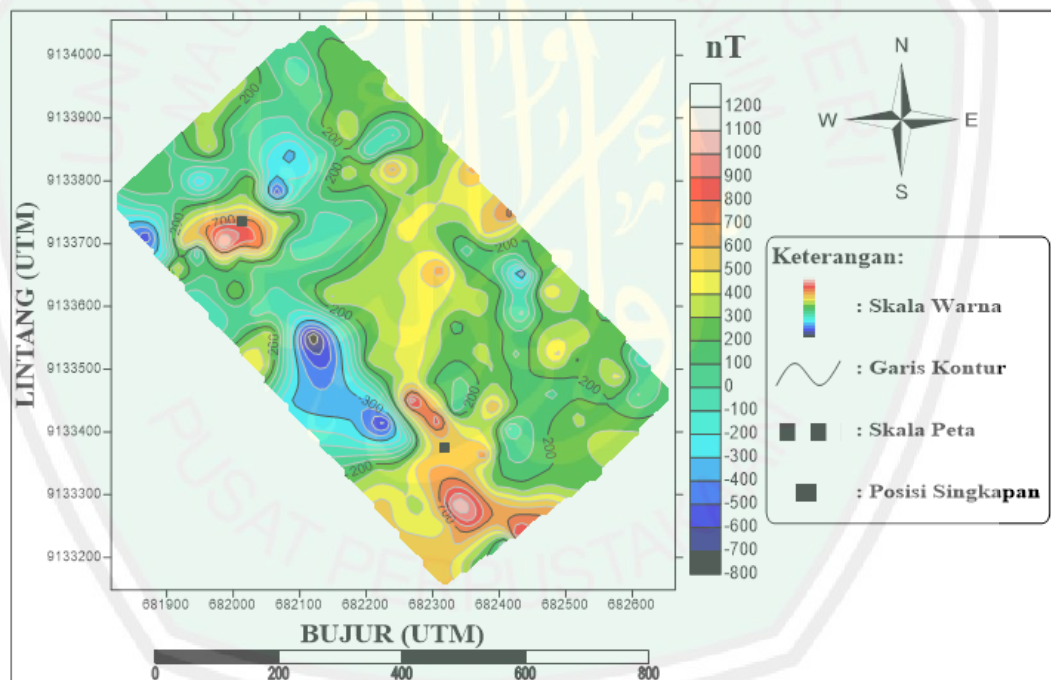
Nilai IGRF diperbarui selama lima tahun sekali, dimana dapat diperoleh dengan cara online melalui website <http://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/#igrfwmm>, maka akan muncul tampilan kalkulator IGRF seperti pada gambar 4.1 berikut :

Gambar 4.1 Kalkulator IGRF
(<http://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/#igrfwmm>)

Nilai IGRF yang diperoleh pada penelitian ini adalah 44732,5 nT, yang didapatkan dengan memasukkan koordinat geografis 7°49'59,90" LS dan 112°38'56,40" BT, nilai ketinggian (elevasi) 851 mdpl, dan waktu penelitian yang meliputi tanggal-bulan-tahun penelitian yang sedang dilakukan. Tampilan nilai IGRF dapat dilihat pada gambar 4.2 seperti berikut :



Gambar 4.2 Tampilan Nilai IGRF
(<http://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/#igrfwmm>)

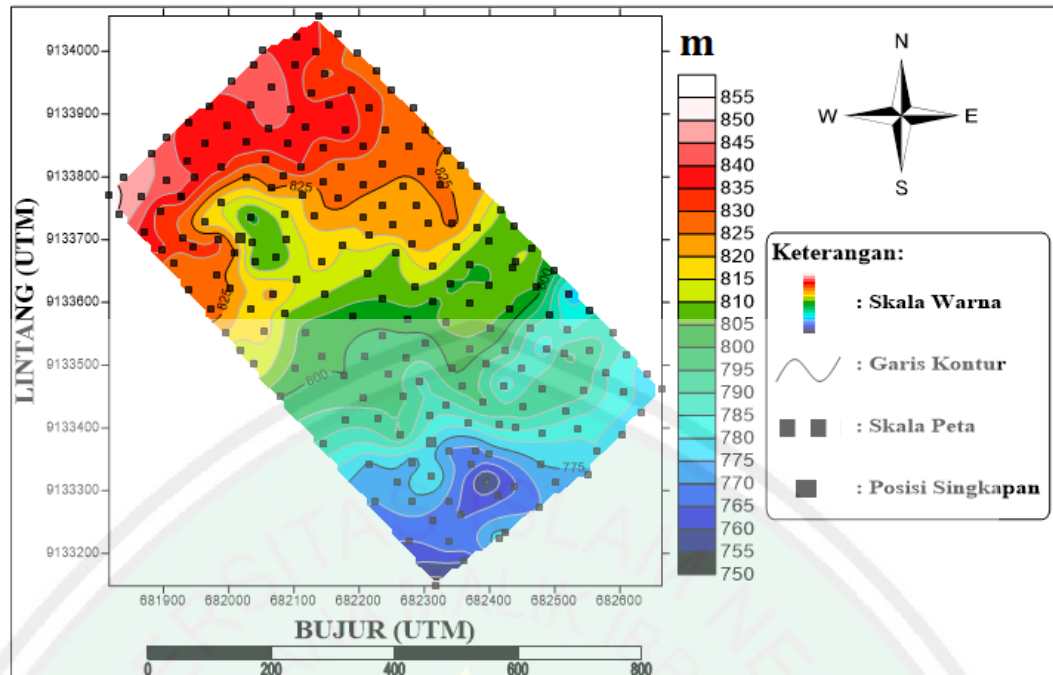


Gambar 4.3 Kontur Anomali Medan Magnet Total

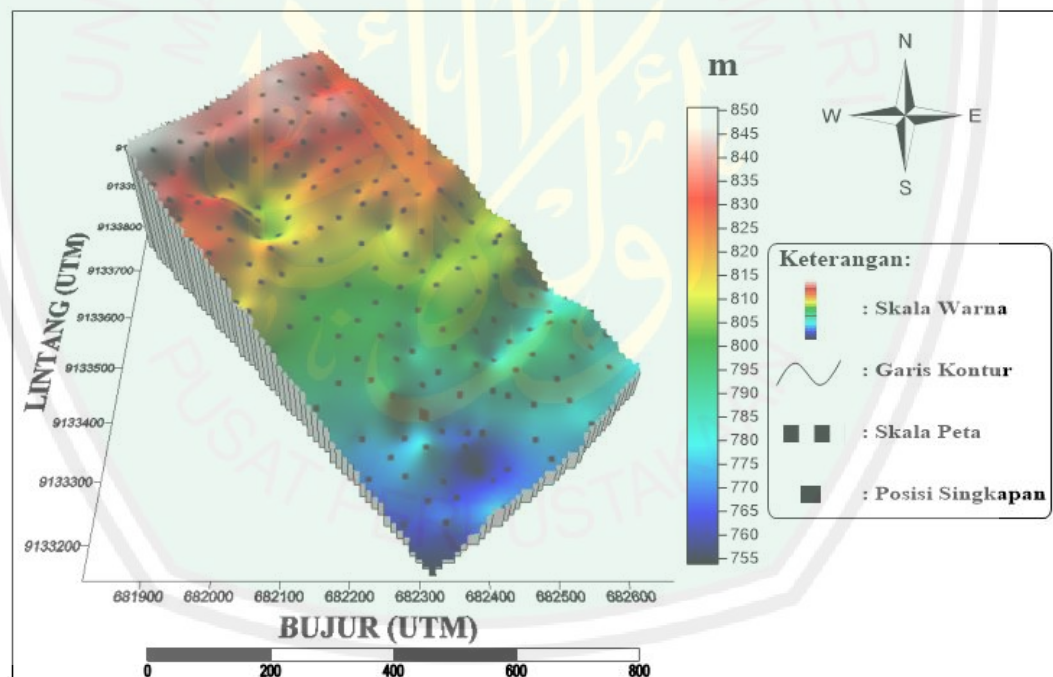
Gambar 4.3 merupakan kontur anomali medan magnet total hasil koreksi harian dan koreksi IGRF. Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui nilai anomali medan magnet total pada daerah penelitian, yaitu berkisar dari -800 nT sampai dengan 1200 nT. Untuk anomali rendah ditunjukkan oleh warna hitam sampai

warna hijau dengan nilai anomali antara -800 nT sampai 300 nT, untuk anomali sedang ditunjukkan oleh warna kuning sampai warna jingga dengan nilai anomali antara 400 nT sampai 600 nT, dan untuk anomali tinggi ditunjukkan oleh warna merah sampai warna putih dengan nilai anomali antara 700 nT sampai dengan 1200 nT.

Nilai anomali medan magnet total tersebut bersumber dari batuan atau benda magnetik yang terdapat di bawah permukaan pada daerah penelitian, yang berada di Dusun Putungwulung, Desa Toyomarto, Kecamatan Singosari, Kabupaten Malang. Dimana daerah tersebut terletak di bawah lereng kaki Gunung Arjuno-Welirang atau berada pada daerah dataran tinggi, dengan ketinggian (elevasi) berkisar antara 750 mdpl sampai dengan 855 mdpl. Elevasi adalah posisi ketinggian suatu objek dari suatu titik tertentu, yang biasanya dapat dinyatakan sebagai ketinggian yang di ukur dalam satuan meter dari permukaan laut (mdpl). Sehingga dengan adanya data nilai ketinggian (elevasi) yang telah didapatkan saat pengukuran dilapangan, dapat dibuat peta kontur topografi yang dapat menggambarkan permukaan topografi di daerah penelitian yang mewakili sebuah lereng, bukit, dan lembah, atau bentuk lainnya. Peta kontur topografi beserta persebaran titik ukur di area penelitian dapat dilihat pada gambar 4.4 :



Gambar 4.4 Kontur Topografi beserta Persebaran Titik Pengukuran



Gambar 4.5 Kontur Topografi 3D beserta Persebaran Titik Pengukuran

4.3 Interpretasi Kualitatif

Secara umum, interpretasi dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu interpretasi kualitatif dan interpretasi kuantitatif. Interpretasi kualitatif merupakan

suatu proses interpretasi yang didasarkan pada analisa terhadap penampang atau pola kontur anomali medan magnet total yang muncul akibat adanya *body* berupa benda atau batuan yang menjadi target dari penelitian. Interpretasi kualitatif dilakukan pada peta kontur nilai anomali medan magnet total yang telah dilakukan proses transformasi reduksi bidang datar, kontinuasi ke atas, dan reduksi ke kutub.

4.3.1 Reduksi Bidang Datar

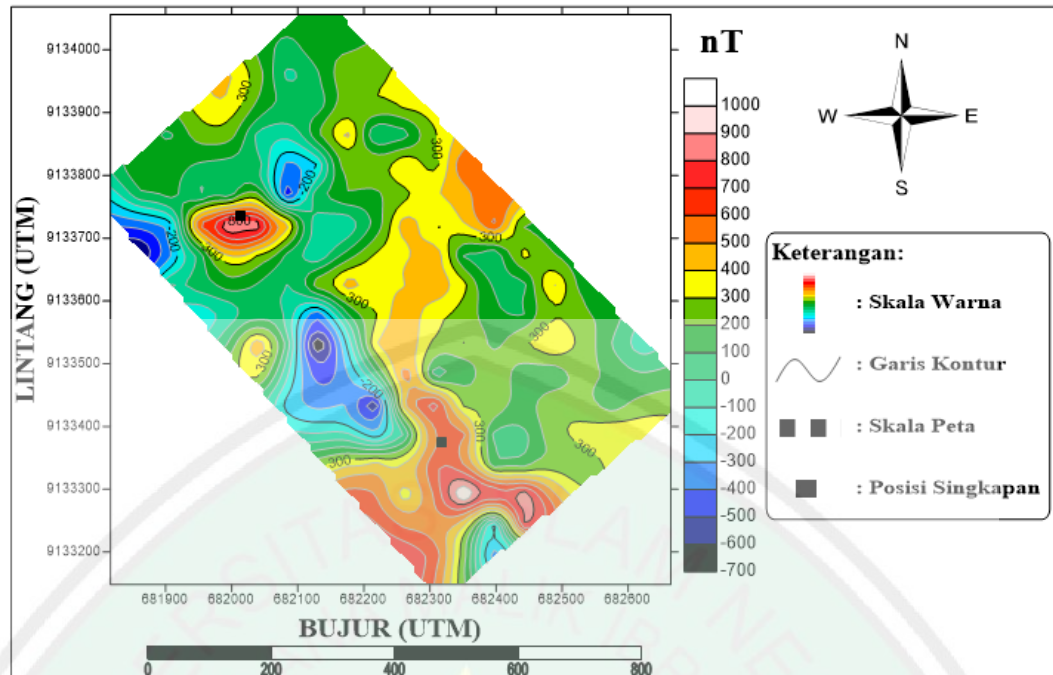
Reduksi bidang datar dalam proses pengolahan data pada survei magnetik dapat dilakukan maupun diabaikan. Hal tersebut didasarkan pada beberapa alasan yang melatar belakangnya, dimana proses reduksi bidang datar dapat dilakukan apabila data anomali medan magnet total dari pengukuran dilapangan berada pada ketinggian topografi yang tidak rata atau ketinggian yang ekstrim, sehingga terjadi undulasi data akibat adanya distorsi data pada nilai anomali medan magnet total (Blakely, 1995 : dalam Hadisurya, 2014). Sedangkan, proses reduksi bidang datar dapat diabaikan apabila data anomali medan magnet total dari pengukuran dilapangan berada pada ketinggian topografi yang hampir sama atau ketinggian yang rata, sehingga pengaruh nilai ketinggian pada nilai anomali medan magnet total hanya sebesar 0,0003 – 0,003 nT dan terabaikan karena pengaruh *noise* dari benda atau batuan yang berada didekat permukaan topografi (Burger, 1992).

Pada penelitian ini, data anomali medan magnet total yang diperoleh dan telah dilakukan koreksi harian dan koreksi IGRF masih terpengaruh oleh efek variasi ketinggian yang ekstrim, sehingga menyebabkan terjadinya undulasi data akibat adanya distorsi data pada nilai anomali medan magnet total. Hal ini dikarenakan nilai anomali medan magnet total masih terdistribusi pada permukaan topografi yang tidak rata, sehingga untuk mentransformasikan data anomali

medan magnet total ke suatu bidang permukaan dengan ketinggian yang sama, maka perlu dilakukan sebuah proyeksi atau reduksi ke bidang datar pada ketinggian rata-rata topografi.

Proses transformasi reduksi bidang datar ini dilakukan dengan tujuan untuk mereduksi efek distorsi data akibat variasi ketinggian pada data nilai anomali medan magnet total, dengan cara seolah-olah membawa data ke suatu bidang permukaan dengan ketinggian yang sama (bidang datar), melalui pendekatan metode deret Taylor (*Taylor Series Approximation*) dengan bantuan *software Matlab*. Fungsi reduksi bidang datar juga digunakan sebagai penguat dan mempermudah dalam proses pengolahan serta interpretasi data magnetik.

Dari proses ini didapatkan hasil anomali medan magnet total yang telah di reduksi ke bidang datar dengan model kontur yang lebih halus (*smooth*), yang kemudian akan dikonturkan menggunakan *software Surfer 13*. Hasil kontur anomali medan magnet total setelah di reduksi bidang datar dapat di lihat pada gambar 4.6 :



Gambar 4.6 Kontur Anomali Medan Magnet Total setelah di Reduksi Bidang Datar pada Ketinggian 850 meter

Proses reduksi bidang datar dilakukan pada ketinggian rata-rata pada topografi 855 meter. Besar nilai anomali medan magnet total setelah di reduksi ke bidang datar berkisar dari -700 nT sampai dengan 1000 nT, hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4.6. Berdasarkan hasil tersebut dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu anomali rendah, anomali sedang, dan anomali tinggi. Untuk nilai anomali rendah ditunjukkan oleh warna hitam sampai warna hijau dengan nilai anomali yang berkisar dari -700 nT sampai 200 nT, untuk anomali sedang ditunjukkan oleh warna kuning sampai warna jingga dengan nilai anomali antara 300 nT sampai 500 nT, dan untuk anomali tinggi ditunjukkan oleh warna merah sampai warna putih dengan nilai anomali antara 600 nT sampai dengan 1000 nT.

Berdasarkan data nilai anomali medan magnet total hasil reduksi bidang datar sudah dapat merepresentasikan distribusi dari nilai susceptibilitas batuan yang terdapat di bawah permukaan. Namun, data ini masih gabungan dari nilai anomali

regional dengan nilai anomali lokal, sehingga perlu dilakukan proses pemisahan anomali, yaitu antara anomali lokal dengan regional. Hal ini dikarenakan dalam proses interpretasi dan pemodelan yang diperlukan adalah nilai anomali lokal.

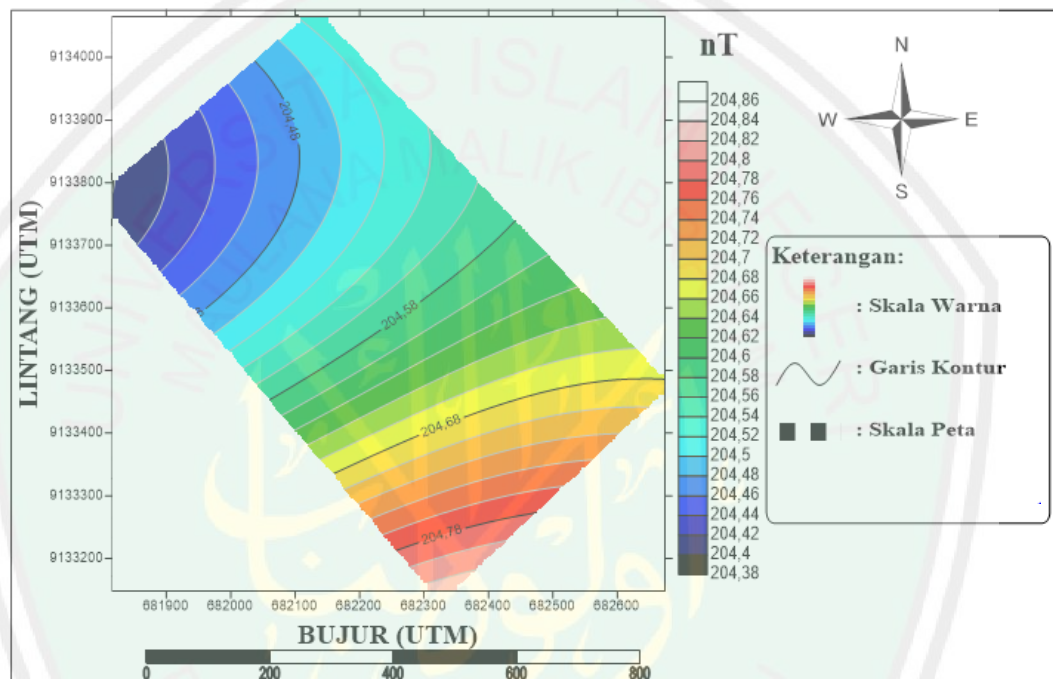
4.3.2 Kontinuasi Ke Atas

Kontinuasi ke atas (*Upward Continuation*) merupakan sebuah proses untuk merubah data yang di ukur pada suatu level permukaan menjadi data yang seolah-olah terukur pada level permukaan yang lebih tinggi. Proses kontinuasi ke atas ini digunakan sebagai filter untuk mereduksi gangguan atau bising (*noise*) di bawah permukaan, yang disebabkan oleh benda-benda yang terdapat di dekat permukaan topografi. Disamping itu, proses ini juga dapat mengurangi efek dari sumber anomali dangkal (efek residual), dan lebih memunculkan efek dari anomali yang dalam (efek regional), sehingga didapatkan hasil berupa nilai anomali regional yang lebih representatif. Kemudaian dari nilai anomali regional yang lebih representatif ini, akan menghasilkan nilai anomali lokal (residual) yang lebih jelas, sehingga dapat memudahkan dalam proses interpretasi.

Proses kontinuasi ke atas ini dilakukan dengan cara seolah-olah menghitung data pada suatu ketinggian tertentu, dengan menggunakan bantuan *software Magpick*. Dalam melakukan proses kontinuasi (pengangkatan) penentuan nilai ketinggian dapat disesuaikan tergantung efek yang ingin ditampilkan atau dihilangkan, sehingga tidak boleh terlalu tinggi, karena hal ini dapat mereduksi anomali medan magnet lokal yang bersumber dari batuan atau benda magnetik dan struktur geologi yang menjadi target dari pengukuran ini.

Pada proses kontinuasi ke atas juga merupakan suatu tahapan untuk pemisahan anomali, antara anomali regional dan anomali lokal. Sehingga

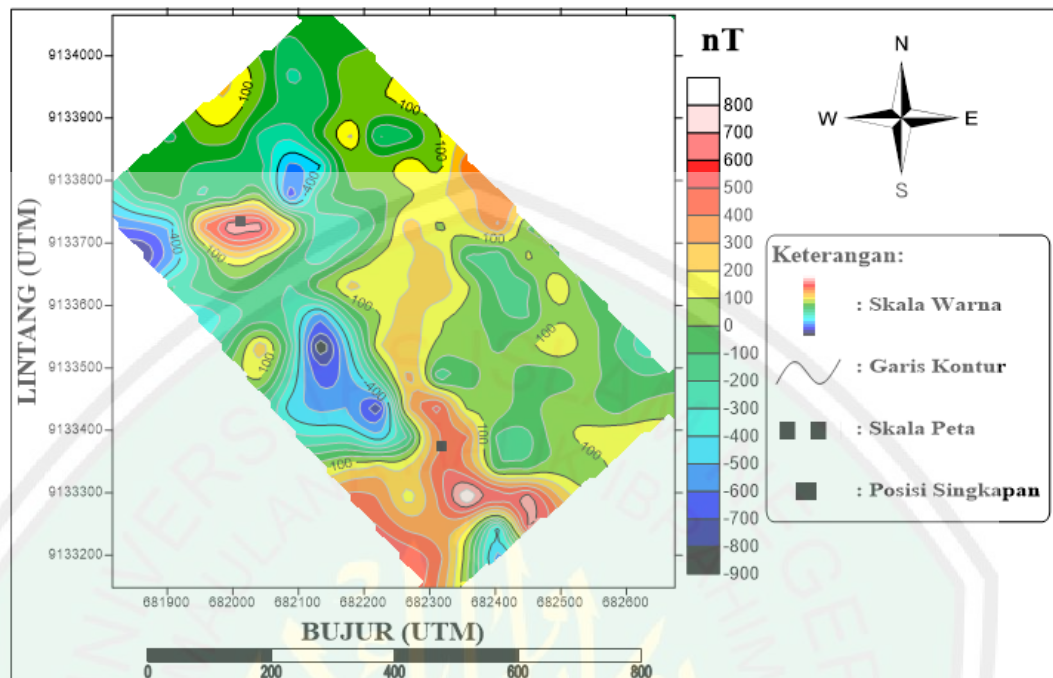
memudahkan dalam proses interpretasi dan dalam proses pemodelan, yang didasarkan pada nilai anomali lokal. Dalam penelitian ini, proses kontinuitas ke atas dilakukan dengan pengangkatan 1900 meter pada data anomali medan magnet total yang telah di reduksi bidang datar untuk mendapatkan nilai anomali regional. Kontur anomali regional hasil kontinuitas ke atas dapat dilihat pada gambar 4.7 :



Gambar 4.7 Kontur Anomali Regional hasil Kontinuitas Ke Atas pada Ketinggian 1900 meter

Berdasarkan gambar 4.7 dapat diketahui besar nilai anomali regional berkisar dari 204,38 nT sampai dengan 204,86 nT. Hal ini menunjukkan besar nilai anomali regional yang relatif stabil dan menandakan sudah tidak ada pengaruh dari nilai anomali medan magnetik lokal pada pengangkatan 1900 meter. Untuk memperoleh nilai anomali lokal, dapat dilakukan dengan cara mencari selisih antara anomali medan magnet total hasil reduksi bidang datar dikurangi

dengan nilai anomali regional yang telah diperoleh melalui proses kontinuasi ke atas. Hasil kontur anomali lokal dapat dilihat pada gambar 4.8 :



Gambar 4.8 Kontur Anomali Lokal hasil Kontinuasi Ke Atas pada Ketinggian 1900 meter

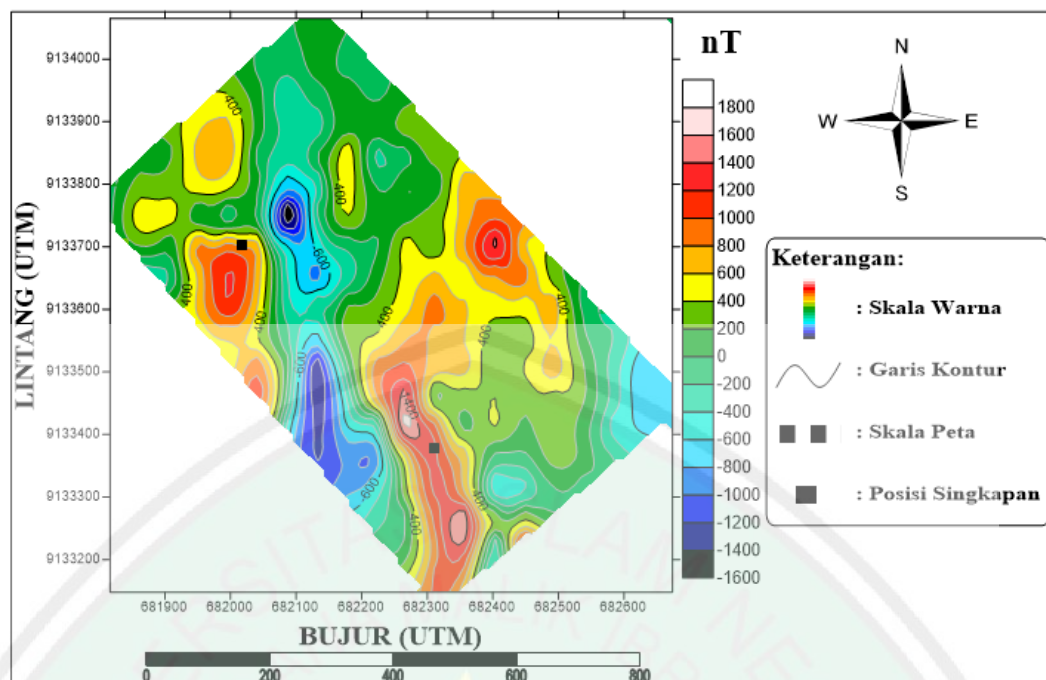
Berdasarkan gambar 4.8 dapat diketahui besar nilai anomali lokal berkisar dari -900 nT sampai dengan 800 nT. Secara kualitatif pola kontur anomali lokal di area penelitian terbagi menjadi tiga yaitu anomali rendah, anomali sedang dan anomali tinggi. Untuk pola anomali rendah ditunjukkan oleh warna hitam sampai warna hijau dengan nilai anomali -900 nT sampai 0 nT, untuk pola anomali sedang ditunjukkan oleh warna kuning sampai warna jingga dengan nilai anomali antara 100 nT sampai 300 nT, dan untuk pola anomali tinggi ditunjukkan oleh warna merah sampai warna putih dengan nilai anomali antara 400 nT sampai dengan 800 nT. Dari pola anomali medan magnet lokal tersebut dapat diketahui bahwa, batuan atau litologi yang terdapat pada daerah penelitian memiliki ketidakseragaman (sangat bervariasi). Hal tersebut didasarkan pada tinggi atau rendahnya

nilai anomali, yang dapat dipengaruhi oleh jenis batuan, posisi atau kedalaman batuan, dan volume batuan.

4.3.3 Reduksi Ke Kutub

Reduksi ke kutub (*Reduction to Pole*) merupakan sebuah proses transformasi untuk merubah nilai anomali yang dalam bentuk *dipole* (bermuatan positif dan negatif) menjadi seolah-olah *monopole* (bermuatan positif). Proses transformasi reduksi ke kutub ini dilakukan dengan cara merubah arah medan magnet di tempat pengukuran menjadi medan magnet di kutub utara magnet, dimana sudut deklinasi yang bernilai $0,8799^\circ$ dirubah menjadi 0° dan sudut inklinasi yang bernilai $-31,8739^\circ$ dirubah menjadi 90° , sehingga seolah-olah pengukuran dilakukan di kutub utara magnet.

Tujuan dilakukannya reduksi ke kutub ini adalah untuk memposisikan nilai anomali medan magnet, tepat berada di atas objek (batuan atau benda magnetik) penyebab anomali magnetik sebagai target dari penelitian ini, sehingga memudahkan dalam proses interpretasinya. Proses ini dilakukan menggunakan bantuan *software Magpick*. Kontur anomali lokal setelah di reduksi ke kutub dapat dilihat pada gambar 4.9 :



Gambar 4.9 Kontur Anomali Lokal hasil Reduksi Ke Kutub

Berdasarkan gambar 4.9 dapat diketahui perbedaan nilai anomali yang sangat signifikan jika dibandingkan dengan nilai anomali magnetik lokal sebelum di reduksi ke kutub, dimana setelah dilakukan reduksi ke kutub nilai kemagnetannya menjadi lebih tinggi. Hal ini dikarenakan setelah dilakukan reduksi ke kutub pada anomali lokal nilai medan magnetnya mengalami penguatan, yang ditunjukkan oleh adanya pola klosur anomali tinggi dan anomali rendah yang bernilai dari -1600 nT sampai dengan 1800 nT, sehingga dapat diasumsikan bahwa batuan penyebab anomali berada dibawah pola klosur tersebut. Untuk klosur anomali tinggi, secara masif mengarah dari utara menuju ke selatan dan terbagi menjadi 2 wilayah yaitu di sekitar singkapan 1 yang terletak pada sebelah barat dan di sekitar singkapan 2 yang terletak pada sebelah timur pada peta kontur, yang di duga hal tersebut akibat adanya dominasi pasir vulkanik (berupa material piroklastik) dan batuan beku yang memiliki nilai suseptibilitas atau nilai kemagnetan yang lebih tinggi dibandingkan batuan disekitarnya.

Adapun hal tersebut juga didasarkan pada informasi keberadaan singkapan pasir vulkanik dan informasi geologi lembar Malang, dimana pada lokasi penelitian berada di formasi satuan batuan Gunungapi Arjuno-Welirang (*Qvaw*) yang tersusun atas batuan gunungapi, breksi gunungapi, lava, aglomerat, tuf, breksi tufan, butiran pasir vulkanik (piroklastik), batuan andesit, batuan andesit-basaltik, dan batuan basalt. Formasi ini berumur Plistosen Akhir dengan ketebalan kurang lebih puluhan meter hingga ratusan meter.

Secara kualitatif, dapat diinterpretasikan pasir vulkanik yang menjadi target dari penelitian ini berada pada pola klosur anomali tinggi yang ditunjukkan pada peta kontur anomali lokal setelah di reduksi ke kutub (pada gambar 4.9). Pola anomali tersebut diperkirakan sebagai pola yang terbentuk akibat keberadaan pasir vulkanik di bawah permukaan yang memiliki nilai suseptibilitas yang lebih tinggi dari pada batuan yang terdapat disekitarnya.

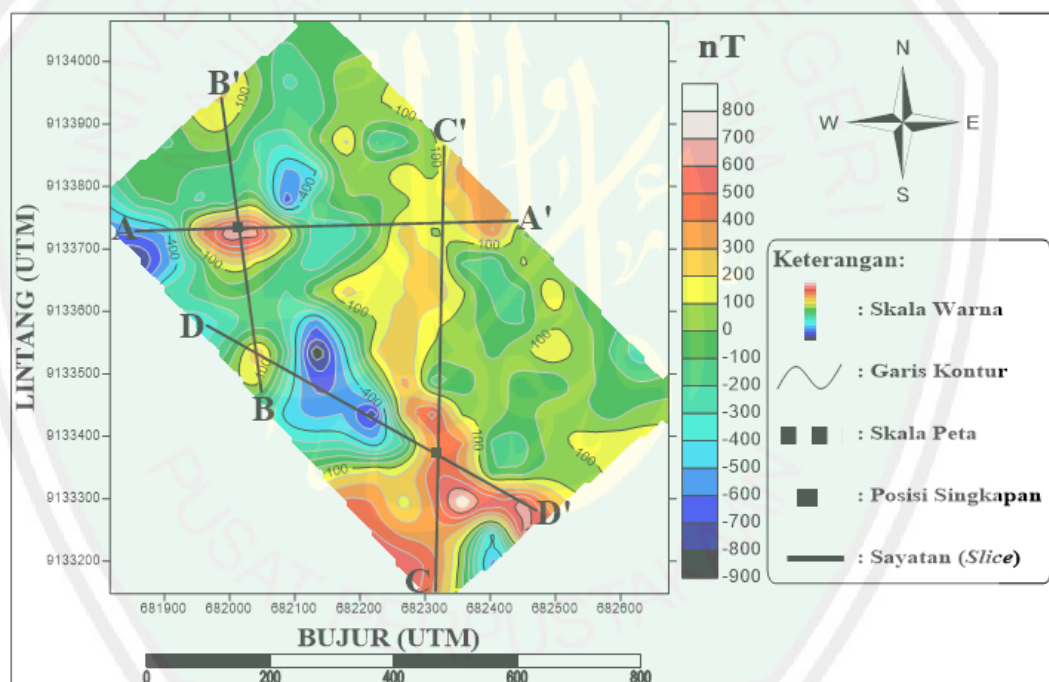
4.4 Interpretasi Kuantitatif

Interpretasi kuantitatif merupakan suatu proses interpretasi yang didasarkan pada penafsiran kualitatif dengan menganalisa penampang anomali lokal sepanjang profil sayatan (*slice*), yang bertujuan untuk mengetahui model bawah permukaan yang menunjukkan posisi atau kedalaman target (objek yang diteliti) dan struktur geologi bawah permukaan hasil pengukuran.

Target dari penelitian ini adalah mineral pasir vulkanik yang terendapkan di sekitar lokasi penelitian. Dimana berdasarkan informasi geologi lembar Malang, pasir vulkanik di lokasi penelitian merupakan formasi satuan batuan Gunungapi Arjuno-Welirang (*Qvaw*). Dari informasi tersebut, dapat diketahui bahwa batuan penyusun formasi ini merupakan batuan vulkanik hasil aktivitas Gunungapi

Arjuno-Welirang, yang meliputi batuan gunungapi, breksi gunungapi, lava, aglomerat, tuf, breksi tuf, butiran pasir vulkanik (piroklastik), batuan andesit, batuan andesit-basaltik, batuan basalt, dan lahar. Sehingga dimungkinkan tidak terdapat perbedaan nilai suseptibilitas yang signifikan dari formasi batuannya.

Untuk memperjelas formasi batuan yang terdapat di bawah permukaan pada sekitar daerah penelitian, maka di buat empat sayatan anomali. Dimana profil sayatan tersebut memotong anomali magnetik dengan klosur positif dan klosur negatif pada penampang anomali lokal. Profil sayatan tersebut yaitu sayatan A-A', B-B', C-C' dan D-D' yang dapat dilihat pada gambar 4.10 :



Gambar 4.10 Sayatan A-A', B-B', C-C' dan D-D' pada Kontur Anomali Lokal

Data hasil sayatan tersebut kemudian digunakan sebagai inputan ketika melakukan pemodelan, yang berupa data topografi dan nilai anomalnya. Pemodelan dilakukan menggunakan *software Oasis Montaj*, dimana prinsip kerja dari proses pemodelannya menggunakan konsep *Forward Modeling* dengan

menyamakan bentuk dari anomali pengamatan (*Observed*) berupa garis putus-putus pada penampang sayatan anomali lokal dengan anomali perhitungan (*Calculated*) berupa garis tegas pada penampang anomali model. Secara tidak langsung proses penyamaan tersebut menghasilkan gambaran model dari struktur geologi bawah permukaan dan keberadaan dari benda atau batuan penyebab anomali. Proses penyamaan tersebut menggunakan metode *trial and error* sehingga dalam pengerjaannya diperlukan ketelitian dan diliterasi sampai didapatkan hasil *error* terkecil, karena semakin kecil *error* perhitungan terhadap *error* referensi akan menunjukkan kevalidan data pada pemodelan yang dilakukan. Dalam proses pembuatan model ini, juga memasukkan nilai IGRF (44732,5 nT), nilai Inklinasi ($-31,8739^\circ$), dan nilai Deklinasi ($0,8799^\circ$) daerah penelitian yang diperoleh melalui Kalkulator IGRF sebagai parameternya.

Pada *software Oasis Montaj* tampilan lapisan di bawah permukaan dapat ditampilkan dalam satuan meter atau kilometer. Dimana kedalaman atau *depth* (h) selalu bernilai positif, karena posisinya di bawah garis permukaan laut (*sea levels*). Dan ketinggian atau *elevasi* (z) selalu bernilai negatif, karena posisinya berada di atas garis permukaan laut (*sea levels*).

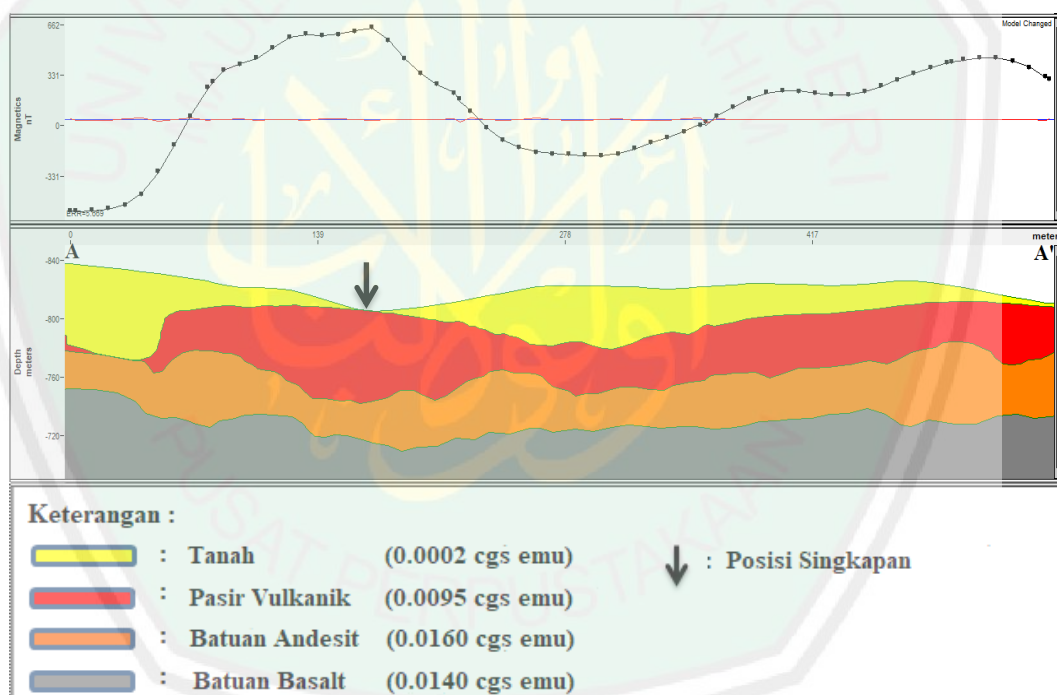
Dalam interpretasi kuantitatif ini masih terdapat kekurangan dan ambiguitas karena bisa didapatkan beragam model yang berbeda. Untuk menghindari hal tersebut, maka diperlukan data pendukung berupa informasi geologi daerah penelitian, data singkapan dari objek, nilai suseptibilitas batuan dan data pendukung lainnya.

Pada penelitian ini kedalaman maksimum yang digunakan untuk seluruh model bawah permukaan dari sayatan adalah 150 meter. Penentuan kedalaman

maksimum model ini dilakukan dengan berdasarkan pada informasi geologi setempat dan data singkapan dari objek, sehingga diketahui kedalaman model geologi dari batuan atau benda yang menjadi target dari penelitian.

4.4.1 Interpretasi Kuantitatif Penampang Sayatan A-A'

Penampang anomali pada sayatan A-A' (gambar 4.10) memotong pola klosur negatif yang terletak di sebelah barat menuju ke pola klosur positif yang terletak di sebelah timur dengan melewati pola klosur positif dibagian tengah yang merupakan singkapan 1, dengan panjang lintasan 555 meter. Dimana model 2D (2 Dimensi) pada sayatan A-A' diperoleh seperti gambar 4.11 :



Gambar 4.11 Model 2D Bawah Permukaan pada Sayatan A-A'

Berdasarkan gambar 4.11 tersebut, dapat dilihat bahwa model bawah permukaan pada penampang sayatan A-A' terdiri dari 4 jenis *body* atau lapisan dengan nilai *error* 5,679. Pada *body* atau lapisan yang pertama (warna kuning) memiliki nilai suseptibilitas 0.0002 cgs emu pada kedalaman $\pm 0 - 55$ meter dan

ketebalan lapisan yang bervariasi dengan ketebalan maksimal ± 55 meter. Diinterpretasikan sebagai lapisan sedimen tanah hasil rombakan alam. Pada *body* atau lapisan yang kedua (warna merah) memiliki nilai suseptibilitas 0.0095 cgs emu pada kedalaman $\pm 35 - 95$ meter dan ketebalan lapisan yang bervariasi dengan ketebalan maksimal ± 60 meter. Diinterpretasikan sebagai pasir vulkanik yang berkomponen batuan pasir, pasir tufa dan mineral pasir besi yang berasosiasi dengan breksi vulkanik. Pada *body* atau lapisan yang ketiga (warna jingga) memiliki nilai suseptibilitas 0.0160 cgs emu pada kedalaman $\pm 55 - 130$ meter dan ketebalan lapisan yang bervariasi dengan ketebalan maksimal ± 75 meter. Diinterpretasikan sebagai batuan andesit yang berkomponen breksi andesit, feldspar, piroksen, porfiri, silika, dan kuarsa serta mineral halus lainnya. Pada *body* atau lapisan yang keempat (warna abu-abu) memiliki nilai suseptibilitas 0.0140 cgs emu pada kedalaman $\pm 90 - 150$ meter dan ketebalan lapisan ± 60 meter. Diinterpretasikan sebagai batuan basalt yang berkomponen dari lava yang bersifat basa dan telah mengalami pendinginan, sehingga menjadi batuan beku basalt.

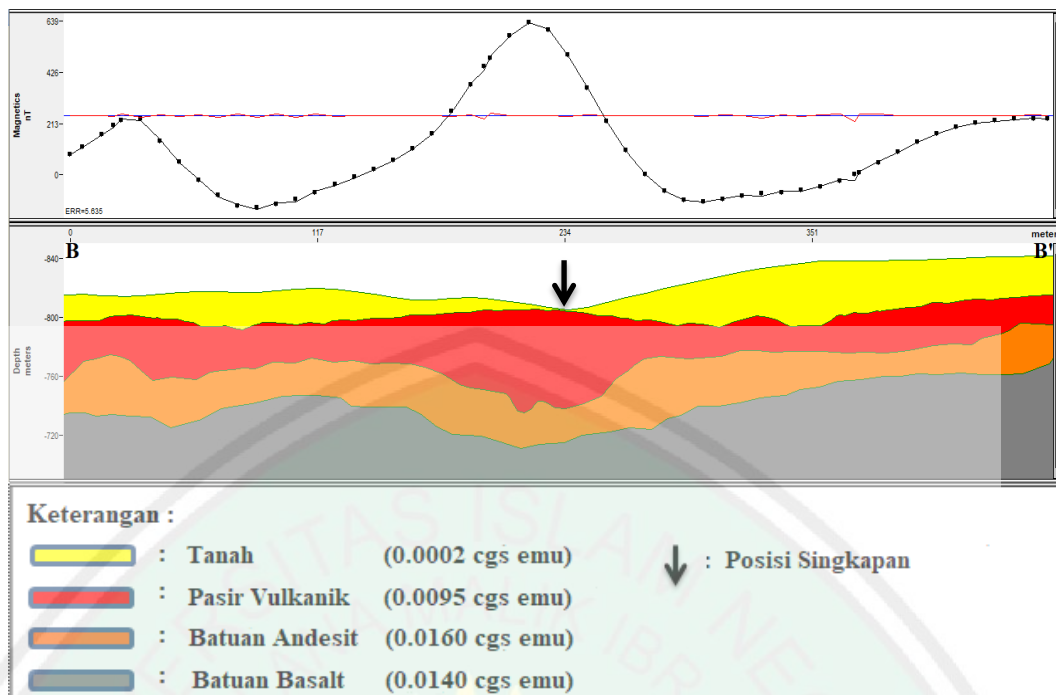
Pada model 2D (2 Dimensi) sayatan A-A' terdapat ketidakselarasan (*unconformity*) antar lapisan, yang di duga akibat adanya erosi karena aliran air yang menyebabkan terkikisnya sebagian material penyusun lapisan yang terdapat pada lapisan kedua, sehingga di duga material penyusun lapisan pertama yang merupakan sedimen muda mengisi kebawah menindih pada lapisan ketiga secara langsung. Ketidakselarasan (*unconformity*) tersebut secara jelas dapat dilihat pada gambar 4.11 yang berada di bagian sebelah kiri pada gambar model.

Hal tersebut dikatakan tidak selaras (*unconformity*) karena terdapat hubungan yang tidak normal antara lapisan batuan satu dengan batuan yang lainnya (dibawahnya). Idealnya, perlapisan batuan terbentuk secara terus-menerus, dimana lapisan yang lebih tua akan berada di bawah dan lapisan yang lebih muda akan berada di atas. Namun pada umumnya, terjadi fenomena-fenomena alam yang seringkali tidak beraturan, sehingga menyebabkan terjadinya ketidakselarasan (*unconformity*) antar lapisan. Fenomena tersebut dapat berupa erosi dan deformasi.

Pada dasarnya proses erosi dapat terjadi karena disebabkan oleh aliran air yang sangat kuat, sehingga terjadi peristiwa pengelupasan atau pengikisan, sedimentasi dan transportasi pada batuan sedimen, batuan metamorf, batuan beku, dan material lainnya yang mengakibatkan terjadinya perubahan secara bentuk dan keberadaan dari kondisi semula ke kondisi terkini. Selain itu, proses erosi juga dapat disebabkan oleh hembusan angin maupun es (glester).

4.4.2 Interpretasi Kuantitatif Penampang Sayatan B-B'

Penampang anomali pada sayatan B-B' (gambar 4.10) memotong pola klosur positif yang terletak di setiap ujung yang berarah dari selatan menuju ke utara dengan melewati pola klosur positif dibagian tengah yang merupakan singkapan 1, dengan panjang lintasan 465 meter. Dimana model 2D (2 Dimensi) pada sayatan B-B' diperoleh seperti gambar 4.12 :



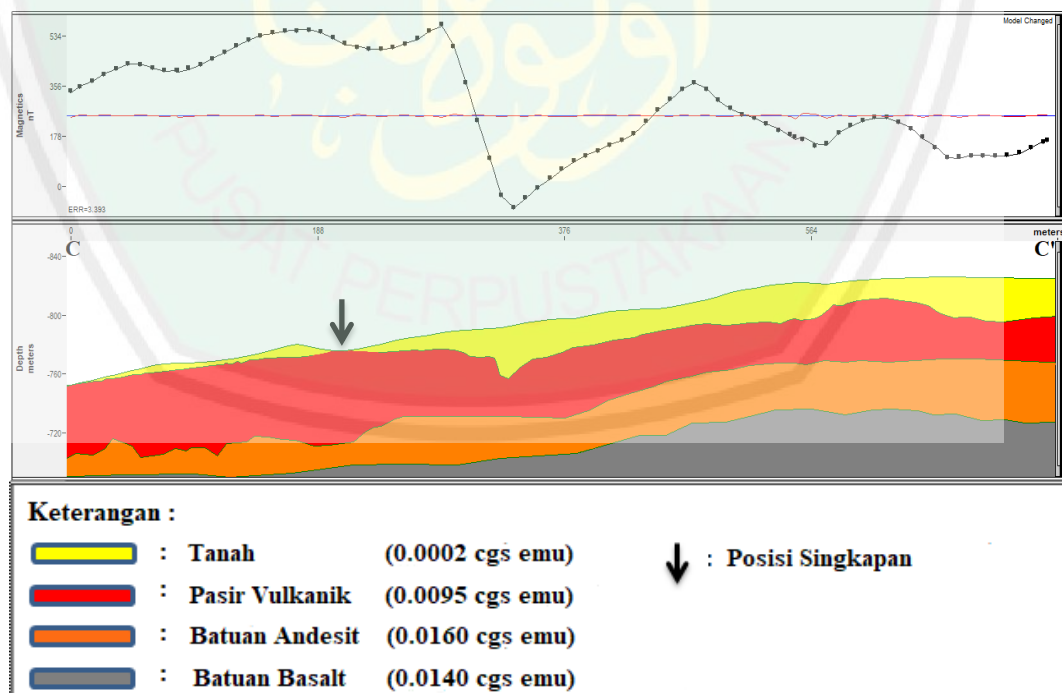
Gambar 4.12 Model 2D Bawah Permukaan pada Sayatan B-B'

Berdasarkan gambar 4.12 tersebut, dapat dilihat bahwa model bawah permukaan pada penampang sayatan B-B' terdiri dari 4 jenis *body* atau lapisan dengan nilai *error* 5,635. Pada *body* atau lapisan yang pertama (warna kuning) memiliki nilai suseptibilitas 0.0002 cgs emu pada kedalaman $\pm 0 - 45$ meter dan ketebalan lapisan yang bervariasi dengan ketebalan maksimal ± 45 meter. Diinterpretasikan sebagai lapisan sedimen tanah hasil rombakan alam. Pada *body* atau lapisan yang kedua (warna merah) memiliki nilai suseptibilitas 0.0095 cgs emu pada kedalaman $\pm 35 - 95$ meter dan ketebalan lapisan yang bervariasi dengan ketebalan maksimal ± 60 meter. Diinterpretasikan sebagai pasir vulkanik yang berkomponen batuan pasir, pasir tufa dan mineral pasir besi yang berasosiasi dengan breksi vulkanik. Pada *body* atau lapisan yang ketiga (warna jingga) memiliki nilai suseptibilitas 0.0160 cgs emu pada kedalaman $\pm 50 - 120$ meter dan ketebalan lapisan yang bervariasi dengan ketebalan maksimal ± 70 meter.

Diinterpretasikan sebagai batuan andesit yang berkomponen breksi andesit, feldspar, piroksen, porfiri, silika, dan kuarsa serta mineral halus lainnya. Pada *body* atau lapisan yang keempat (warna abu-abu) memiliki nilai suseptibilitas 0.0140 cgs emu pada kedalaman $\pm 70 - 150$ meter dan ketebalan lapisan ± 80 meter. Diinterpretasikan sebagai batuan basalt yang berkomponen dari lava yang bersifat basa dan telah mengalami pendinginan, sehingga menjadi batuan beku basalt.

4.4.3 Interpretasi Kuantitatif Penampang Sayatan C-C'

Penampang anomali pada sayatan C-C' (gambar 4.10) memotong pola klosur positif yang berarah dari selatan menuju ke utara dan memotong klosur negatif dibagian tengah dengan melewati singkapan 2, dengan panjang lintasan 750 meter. Dimana model 2D (2 Dimensi) pada sayatan C-C' diperoleh seperti gambar 4.13 :



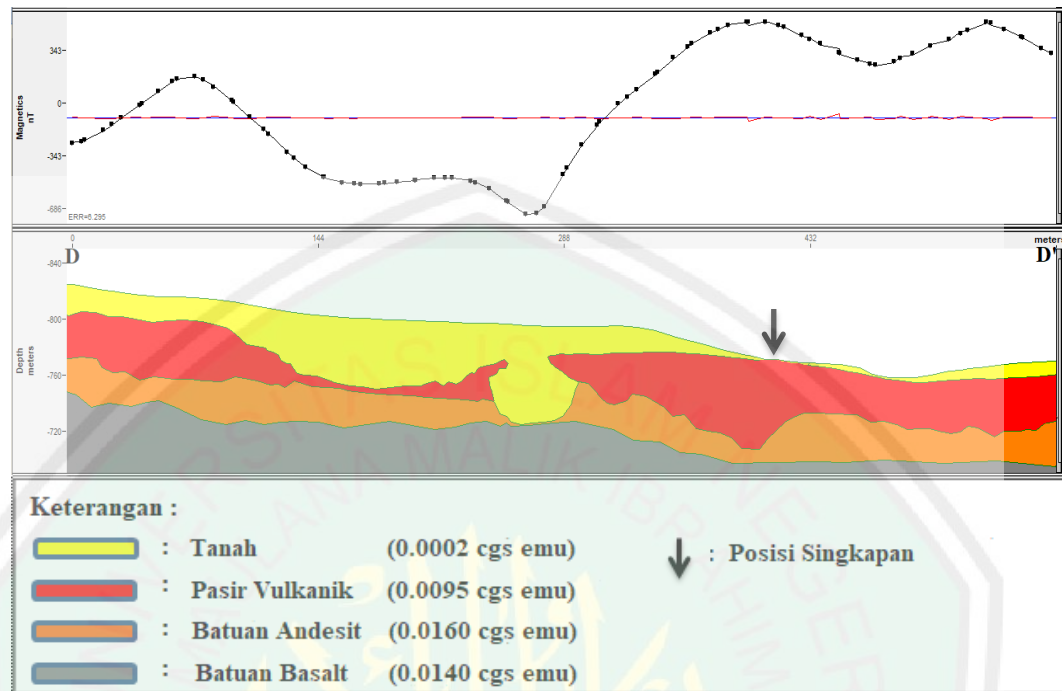
Gambar 4.13 Model 2D Bawah Permukaan pada Sayatan C-C'

Berdasarkan gambar 4.13 tersebut, dapat dilihat bahwa model bawah permukaan pada penampang sayatan C-C' terdiri dari 4 jenis *body* atau lapisan dengan nilai *error* 3,393. Pada *body* atau lapisan yang pertama (warna kuning) memiliki nilai suseptibilitas 0.0002 cgs emu pada kedalaman $\pm 0 - 65$ meter dan ketebalan lapisan yang bervariasi dengan ketebalan maksimal ± 65 meter. Diinterpretasikan sebagai lapisan sedimen tanah hasil rombakan alam. Pada *body* atau lapisan yang kedua (warna merah) memiliki nilai suseptibilitas 0.0095 cgs emu pada kedalaman $\pm 20 - 115$ meter dan ketebalan lapisan yang bervariasi dengan ketebalan maksimal ± 95 meter. Diinterpretasikan sebagai pasir vulkanik yang berkomponen batuan pasir, pasir tufa dan mineral pasir besi yang berasosiasi dengan breksi vulkanik. Pada *body* atau lapisan yang ketiga (warna jingga) memiliki nilai suseptibilitas 0.0160 cgs emu pada kedalaman $\pm 70 - 130$ meter dan ketebalan lapisan yang bervariasi dengan ketebalan maksimal ± 60 meter. Diinterpretasikan sebagai batuan andesit yang berkomponen breksi andesit, feldspar, piroksen, porfiri, silika, dan kuarsa serta mineral halus lainnya. Pada *body* atau lapisan yang keempat (warna abu-abu) memiliki nilai suseptibilitas 0.0140 cgs emu pada kedalaman $\pm 80 - 130$ meter dan ketebalan lapisan ± 50 meter. Diinterpretasikan sebagai batuan basalt yang berkomponen dari lava yang bersifat basa dan telah mengalami pendinginan, sehingga menjadi batuan beku basalt.

4.4.4 Interpretasi Kuantitatif Penampang Sayatan D-D'

Penampang anomali pada sayatan D-D' (gambar 4.10) memotong pola klosur negatif yang terletak di sebelah barat daya menuju ke klosur positif yang terletak di sebelah timur laut dengan melewati singkapan 2, dengan panjang

lintasan 575 meter. Dimana model 2D (2 Dimensi) pada sayatan D-D' diperoleh seperti gambar 4.14 :



Gambar 4.14 Model 2D Bawah Permukaan pada Sayatan D-D'

Berdasarkan gambar 4.14 tersebut, dapat dilihat bahwa model bawah permukaan pada penampang sayatan D-D' terdiri dari 4 jenis *body* atau lapisan dengan nilai *error* 6,295. Pada *body* atau lapisan yang pertama (warna kuning) memiliki nilai suseptibilitas 0.0002 cgs emu pada kedalaman $\pm 0 - 80$ meter dan ketebalan lapisan yang bervariasi dengan ketebalan maksimal ± 80 meter. Diinterpretasikan sebagai lapisan sedimen tanah hasil rombakan alam. Pada *body* atau lapisan yang kedua (warna merah) memiliki nilai suseptibilitas 0.0095 cgs emu pada kedalaman $\pm 25 - 100$ meter dan ketebalan lapisan yang bervariasi dengan ketebalan maksimal ± 75 meter. Diinterpretasikan sebagai pasir vulkanik yang berkomponen batuan pasir, pasir tufa dan mineral pasir besi yang berasosiasi dengan breksi vulkanik. Pada *body* atau lapisan yang ketiga (warna jingga)

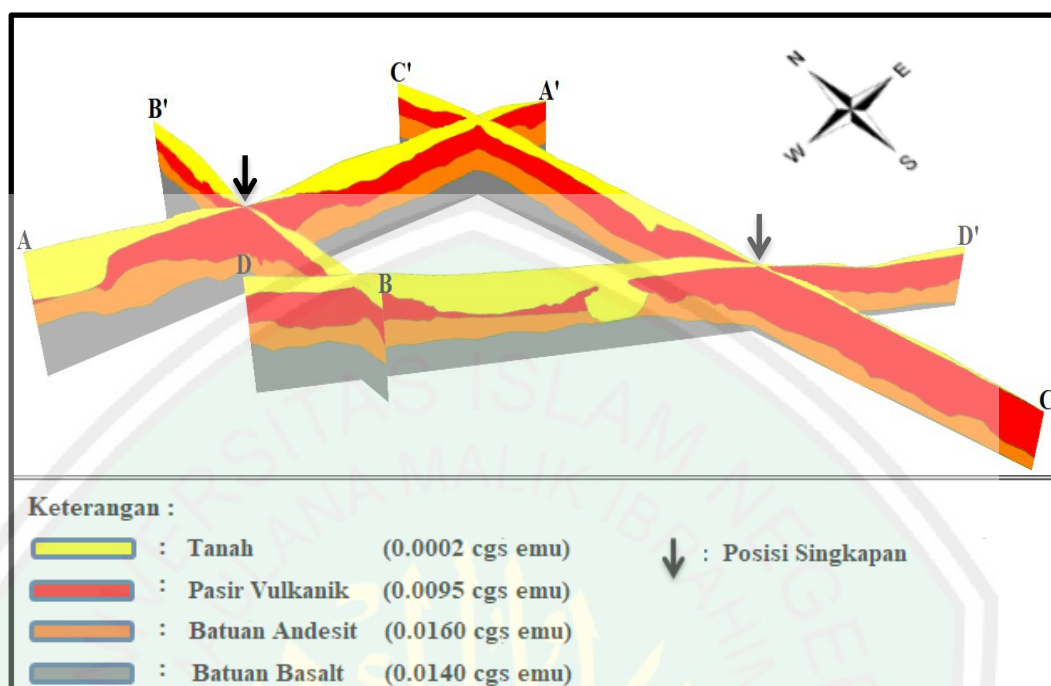
memiliki nilai suseptibilitas 0.0160 cgs emu pada kedalaman $\pm 50 - 120$ meter dan ketebalan lapisan yang bervariasi dengan ketebalan maksimal ± 70 meter. Diinterpretasikan sebagai batuan andesit yang berkomponen breksi andesit, feldspar, piroksen, porfiri, silika, dan kuarsa serta mineral halus lainnya. Pada *body* atau lapisan yang keempat (warna abu-abu) memiliki nilai suseptibilitas 0.0140 cgs emu pada kedalaman $\pm 60 - 135$ meter dan ketebalan lapisan ± 75 meter. Diinterpretasikan sebagai batuan basalt yang berkomponen dari lava yang bersifat basa dan telah mengalami pendinginan, sehingga menjadi batuan beku basalt.

Pada model 2D (2 Dimensi) sayatan D-D' juga terdapat ketidakselarasan (*unconformity*) antar lapisan, yang di duga akibat adanya erosi karena aliran air yang menyebabkan terkikisnya sebagian material penyusun lapisan yang terdapat pada lapisan kedua dan lapisan ketiga, sehingga material penyusun lapisan pertama yang merupakan sedimen muda mengisi kebawah menindih pada lapisan keempat secara langsung. Ketidakselarasan (*unconformity*) tersebut secara jelas dapat dilihat pada gambar 4.14 yang berada di bagian tengah pada gambar model.

4.4.5 Model Penampang 3 Dimensi (3D)

Model penampang 3D (3 Dimensi) merupakan hasil gabungan dari beberapa model 2D (2 Dimensi), yaitu sayatan A-A', B-B', C-C' dan D-D' yang saling berpotongan satu sama lain dan kemudian direkonstruksi menjadi bentuk 3D (3 Dimensi) dengan menggunakan *software Sketchup*. Tujuan dilakukan Pemodelan secara 3D (3 Dimensi) ini adalah untuk melihat kesinambungan dari model 2D (2 Dimensi) dari setiap sayatan, yang mana menggambarkan struktur batuan penyusun geologi bawah permukaan yang terdapat pada daerah penelitian,

sehingga dapat memudahkan dalam proses interpretasi secara vertikal untuk mengetahui keberadaan dari target (objek) dan struktur geologinya.



Gambar 4.15 Model 3D Bawah Permukaan pada Penampang Sayatan A-A', B-B', C-C' dan D-D'

Pemodelan 3D (3 Dimensi) dapat memberikan gambaran secara nyata tentang struktur geologi bawah permukaan. Dimana dapat dilihat pada gambar 4.15 terdapat kesinambungan lapisan antara *body* antara masing-masing penampang model struktur bawah permukaan, yang merupakan gabungan dari model 2D (2 Dimensi) yang telah direkonstruksi ke bentuk 3D (3 Dimensi).

Berdasarkan gambar 4.15 diatas, dapat diketahui bahwa pada masing-masing penampang model terdapat empat jenis *body* atau lapisan. Adapun jenis *body* atau lapisan yang pertama (warna kuning) memiliki nilai suseptibilitas 0.0002 cgs emu dengan ketebalan lapisan $\pm 45 - 80$ meter. Diinterpretasikan sebagai lapisan sedimen tanah hasil rombakan alam. Jenis *body* atau lapisan yang kedua (warna merah) memiliki nilai suseptibilitas 0.0095 cgs emu dengan

ketebalan lapisan $\pm 60 - 95$ meter. Diinterpretasikan sebagai pasir vulkanik yang berkomponen batuan pasir, pasir tufa dan mineral pasir besi yang berasosiasi dengan breksi vulkanik. Jenis *body* atau lapisan yang ketiga (warna jingga) memiliki nilai suseptibilitas 0.0160 cgs emu dengan ketebalan lapisan $\pm 60 - 75$ meter. Diinterpretasikan sebagai batuan andesit yang berkomponen breksi andesit, feldspar, piroksen, porfiri, silika, dan kuarsa serta mineral halus lainnya. Dan jenis *body* atau lapisan yang keempat (warna abu-abu) memiliki nilai suseptibilitas 0.0140 cgs emu dengan ketebalan lapisan $\pm 50 - 80$ meter. Diinterpretasikan sebagai batuan basalt yang terbentuk dari magma atau aliran lava (*lava flow*) yang keluar saat terjadinya aktivitas vulkanik gunungapi dan telah mengalami pendinginan, sehingga menjadi batuan beku. Batuan-batuan tersebut terdapat pada formasi batuan Gunungapi Arjuno-Welirang (*Qvaw*) yang memiliki ketebalan kurang lebih puluhan meter hingga ratusan meter. Dimana hal ini, didasarkan pada informasi geologi lembar Malang.

Berdasarkan hasil Interpretasi kualitatif dan kuantitatif, potensi pasir vulkanik di bawah permukaan diperkirakan tersebar secara merata pada area penelitian dan secara masif tersebar di sebelah barat dan timur, yang terletak di sekitar singkapan 1 dan singkapan 2 di lokasi penelitian. Hal ini juga terkonfirmasi oleh model 2D (2 Dimensi) pada masing-masing penampang sayatan dan didukung dengan adanya bukti lapangan berupa singkapan pasir serta informasi geologi setempat.

Pasir vulkanik di lokasi penelitian merupakan mineral piroklastik hasil aktivitas vulkanik dari Gunungapi Arjuno-Welirang, dimana pasir vulkanik tersebut mengandung mineral besi (*Fe*) dan Magnesium (*Mg*) yang mengalami

proses remineralisasi dan tercampur dengan mineral-mineral vulkanik lainnya selama kurun waktu geologi. Dari proses remineralisasi tersebut, menyebabkan mineral besi (unsur besi) yang terkandung dalam pasir vulkanik terkumpul secara alami berdasarkan densitas dan sifat magnetik yang terkandung didalamnya, sehingga menjadi mineral pasir besi atau bijih besi. Hal ini diperkuat oleh Kementrian ESDM (2014), dimana pada pasir vulkanik memiliki kandungan sifat magnetik (*Mg*) dan kandung besi (*Fe*), sehingga memiliki nilai kemagnetan dan densitas.

Menurut sejarahnya, aktivitas vulkanik letusan Gunungapi Arjuno-Welirang pertama kali terjadi sekitar 5 juta tahun yang lalu. Gunungapi Arjuno-Welirang merupakan jenis gunungapi *Stratovolcano* (gunungapi tipe A) yang disebut sebagai gunungapi kuartar muda dengan ketinggian ± 3339 mdpl yang masih aktif hingga sekarang, dimana letusan terakhir terjadi pada tahun 1952 (Kementrian ESDM, 2011). Material vulkanik yang dikeluarkan berupa pasir vulkanik, yang merupakan material padat berukuran halus hingga batuan besar yang terlontarkan pada jarak puluhan kilometer hingga ribuan kilometer dari pusat kawah. Pasir vulkanik tersebut kemudian tertransportasi oleh aliran air dan hembusan angin, sehingga tersebar keberbagai penjuru arah dan terendapkan pada suatu wilayah tertentu, sehingga membentuk suatu lapisan berupa lapisan sedimen pasir. Berdasarkan geologi setempat, di bawah lapisan sedimen pasir vulkanik terdapat batuan beku hasil aliran lava (*lava flow*) yang telah mengalami proses pembekuan secara alami dan mengendap menjadi suatu lapisan batuan beku berupa batuan andesit dan batuan basalt. Kedua lapisan ini menempati formasi Batuan Gunungapi Arjuno-Welirang (*Q_{vaw}*), dimana pada formasi ini tersusun

atas batuan gunungapi berupa breksi gunungapi, lava, breksi tufan, tuf, aglomerat dan lahar. Formasi ini memiliki ketebalan lapisan kurang lebih puluhan meter hingga ratusan meter yang diperkirakan berumur Plistosen Akhir.

4.5 Kajian Al-Qur'an

Semua benda yang terdapat di alam ini bertasbih kepada Allah SWT, termasuk bumi dan gunung-gunung yang ada didalamnya. Hal ini dimaknai sebagai kepatuhan kepada hukum-hukum Allah yang diciptakan (sunnatullah) atau dalam ilmu sains disebut sebagai hukum alam. Bentuk kepatuhan bumi dan gunung-gunung adalah dengan melakukan pergerakan secara dinamis sesuai dengan hukum Allah yang telah digariskan atau hukum alam. Menurut Jazmi dkk (2013), gunung-gunung dan lapisan-lapisan batuan berada pada sebuah lempeng benua maupun lempeng samudra yang bergerak seperti awan. Sebagaimana yang dijelaskan Allah SWT dalam Al-Qur'an surat An-Naml ayat 88 :

وَتَرَى الْجِبَالَ تَحْسَبُهَا جَامِدَةً وَهِيَ تَمُرُّ مَرَّ السَّحَابِ صَنَّعَ اللَّهُ الَّذِي أَنْتَقْنَ كُلَّ شَيْءٍ إِنَّهُ خَبِيرٌ بِمَا تَفْعَلُونَ.

“Dan kamu lihat gunung-gunung itu, kamu sangka Dia tetap ditempatnya, padahal Ia berjalan sebagai jalannya awan. (Begitulah) perbuatan Allah yang membuat dengan kokoh tiap-tiap sesuatu; Sesungguhnya Allah Maha mengetahui apa yang kamu kerjakan”.

Para ahli geologi menyimpulkan bahwa, pergerakan dari lempeng bumi menimbulkan suatu perubahan yang terjadi pada posisi benda-benda diatasnya termasuk gunung-gunung, yang bergerak secara cepat, sedang, maupun lambat dan tidak disadari oleh manusia. Dari pergerakan tersebut dapat memicu terjadinya aktivitas tektonik dan aktivitas vulkanik.

Selama aktivitas tektonik akan menyebabkan perubahan pada kerak bumi, sehingga terbentuk struktur lipatan, patahan dan retakan yang dapat menjebak endapan-endapan berupa mineral, air tanah, energi fosil dan lainnya yang dapat dimanfaatkan oleh manusia sebagai sumber daya alam. Selama aktivitas vulkanik menyebabkan material-material yang terkandung di dalam bumi termuntahkan melalui letusan gunungapi. Material-material tersebut dapat berupa gas, cair, dan padat beserta mineral-mineral lainnya yang dapat dimanfaatkan oleh manusia dan makhluk hidup lainnya seperti hewan dan tumbuhan. Aktivitas vulkanik sendiri telah dijelaskan Allah SWT dalam Al-Qur'an surat Al-Waqiah ayat 5 – 6 :

وَبُسَّتِ الْجِبَالُ بَسًّا. فَكَانَتْ هَبَاءً مُنْبَثًّا.

“Dan gunung-gunung dihancurkan luluhkan seluruh-luluhnya. Maka jadilah ia debu yang beterbangan”.

Menurut Purwanto (2015), kata “*Bassaa*” bias berarti taftit yaitu penghancuran. Dimana dalam Bahasa sains dijelaskan sebagai aktivitas vulkanik dari gunungapi yang menyebabkan keluarnya lava, debu, pasir, gas, dan batuan panas dari perut bumi, baik secara letusan (eksplosif) maupun efusif (ekstrusi). Material-material tersebut disebarkan dan berhamburan dalam keadaan membara maupun dingin karena telah mengalami pendinginan akibat terbawa oleh aliran air dan hembusan angin, yang kemudian terendapkan pada wilayah tertentu.

Pasir dan batuan gunungapi merupakan material padat atau padatan hasil erupsi atau letusan gunungapi (aktivitas vulkanik). Material vulkanik ini tersebar secara luas di seluruh permukaan bumi ($\pm 80\%$), yang dapat dimanfaatkan dalam bidang pembangunan. Selain itu, di dalam pasir vulkanik dan batuan vulkanik

mengandung beberapa mineral seperti silika (*Si*), aluminium (*Al*), besi (*Fe*), dan magnesium (*Mg*), dimana mineral-mineral ini dapat diolah dan dimanfaatkan oleh manusia dalam industri pembuatan logam, besi dan baja.

Besi dapat digunakan dalam berbagai hal, seperti dalam pembuatan kendaraan transportasi, bangunan, alat pertanian, mesin dan persenjataan pada bidang pertahanan yang bermanfaat bagi kehidupan manusia. Asal usul logam besi dan manfaatnya telah dijelaskan Allah SWT dalam Al-Qur'an surat Al-Hadid ayat 25 :

لَقَدْ أَرْسَلْنَا رُسُلَنَا بِالْبَيِّنَاتِ وَأَنْزَلْنَا مَعَهُمُ الْكِتَابَ وَالْمِيزَانَ لِيَقُومَ النَّاسُ بِالْقِسْطِ وَأَنْزَلْنَا الْحَدِيدَ فِيهِ بَأْسٌ شَدِيدٌ وَمَنْفَعٌ لِلنَّاسِ وَلِيَعْلَمَ اللَّهُ مَنْ يَنْصُرُهُ وَرُسُلَهُ بِالْغَيْبِ إِنَّ اللَّهَ قَوِيٌّ عَزِيزٌ.

“Sesungguhnya kami telah mengutus rasul-rasul kami dengan membawa bukti-bukti yang nyata dan telah kami turunkan bersama mereka Al-Kitab dan neraca (keadilan) supaya manusia dapat melaksanakan keadilan. Dan kami ciptakan besi yang padanya terdapat kekuatan yang hebat dan berbagai manfaat bagi manusia, supaya mereka mempergunakan besi itu dan supaya Allah mengetahui siapa yang menolong (agama)-Nya dan rasul-rasul-Nya padahal Allah tidak dilihatnya. Sesungguhnya Allah Maha Kuat lagi Maha Perkasa.”

Berdasarkan ayat diatas menerangkan bahwa Allah SWT menciptakan besi dengan berbagai manfaat didalamnya. Menurut Yusuf (2011), kata “menurunkan” dapat diartikan sebagai penciptaan dan pengadaan unsur besi, yang pada dasarnya besi yang dihasilkan oleh bumi berasal dari benda langit (meteor) yang jatuh ke bumi dan berasal dari fluida magnetik yang dihasilkan oleh letusan gunungapi (berupa mineral piroklastik). Besi yang terdapat di bumi memiliki nilai medan magnet, gaya gravitasi, dan sifat mekanika.

Dari penjelasan tersebut dapat diketahui bahwa, besi dihasilkan dari material-material vulkanik yang mengalami remineralisasi menjadi unsur besi atau bijih besi, dimana hal tersebut juga dipengaruhi oleh wilayah pengendapan dan pembentukannya. Eksplorasi pasir vulkanik perlu dilakukan, agar dapat memudahkan dalam proses eksploitasi dan pengolahannya serta dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan manusia sebagai sumber daya alam dan mineral, yang dapat digunakan dalam bidang pembangunan maupun dalam bidang industri.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil interpretasi pengolahan data dan pembahasan, dapat diambil kesimpulan sebagaimana berikut :

1. Berdasarkan interpretasi kualitatif pada peta penampang anomali lokal dan penampang anomali hasil reduksi ke kutub, diketahui potensi sebaran pasir vulkanik mengarah dari utara menuju ke selatan yang terbagi menjadi 2 wilayah yaitu berada di sekitar singkapan 1 di sebelah barat dan di sekitar singkapan 2 di sebelah timur pada peta anomali, yang ditunjukkan dengan adanya nilai anomali tinggi. Hal ini di dukung dengan interpretasi kuantitatif pada penampang model 2 dimensi yang menunjukkan saling berkesinambungan antar lapisan batuan pada penampang sayatan, dimana potensi sebaran lapisan vulkanik secara masif terdapat pada lapisan kedua yang terdapat pada kedalaman $\pm 20 - 115$ meter dan ketebalan $\pm 60 - 95$ meter, dengan nilai suseptibilitas 0.0095 cgs emu.
2. Berdasarkan hasil sayatan model 2 dimensi, informasi singkapan dan informasi geologi, secara umum terdapat empat lapisan. Dimana pada lapisan pertama tersusun atas sedimen tanah hasil rombakan alam. Pada lapisan kedua tersusun atas pasir vulkanik. Pada lapisan ketiga tersusun atas batuan andesit. Dan pada lapisan keempat tersusun atas batuan basalt.

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan metode geofisika yang lain dengan luasan yang lebih luas dan masif, guna mendukung hasil dari penelitian ini. Agar potensi sebaran pasir vulkanik yang terdapat di bawah permukaan pada sekitar area penelitian dapat terpetakan secara detail dan akurat, sehingga mineral pasir vulkanik dapat di olah dan dimanfaatkan secara maksimal menjadi sumber daya alam, dengan mempertimbangkan peta geologi daerah penelitan (lembar geologi malang).



DAFTAR PUSTAKA

- Al-Qur'an. 2009. *Al-Qur'an dan Terjemahnya*. Jakarta : Departemen Agama Republik Indonesia.
- Agustine, E., dan Shilton. 2015. Kajian Suseptibilitas Magnetik dan Konduktivitas Listrik pada Tanah Vulkanik yang Terpapar Pestisida Organochlorin. *Jurnal Disertasi Doktor*. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- Ariani, N.D., T.F. Niyartama and N.B. Wibowo. 2013. Mapping Of Distribution Of Temple Gate Composing Stone In Losari Temple, Salam Village, Salam Subdistrict, Magelang Regency Based On Magnetic Method. *Journal Physics*. Vol. 33 (01). Yogyakarta : Physics Study Program, Science and Technology Faculty, UIN Sunan Kalijaga and BMKG Yogyakarta.
- Badan Penelitian Perkembangan Pertanian. 2014. Hasil Kajian dan Identifikasi Dampak Erupsi Gunung Sinabung pada Sektor Pertanian. *Jurnal Lingkungan dan Pertanian*. Litbang.Deptan.
- Blakely, Richard J. 1995. *Potential Theory in Gravity and Magnetic Application*. New York : Cambridge University Press.
- Burger, Henry Robert. 1992. *Exploration Geophysic of the Shallow Subsurface*. New Jersey : Prentice Hall.
- Burger, H.R., A.F. Sheehan, & C.H. Jones. 1992. *Introduction To Applied Geophysics Exploring The Shallow Subsurface*. New York : W.W. Norton & Company.
- Campbell, W.H. 2003. *Introduction To Geomagnetic Fields. Second Edition*. New York : Cambridge., Cambridge University Press.
- Darmawan, Sigit. Hernowo Danusaputro dan Tony Yulianto. 2012, Interpretasi Data Anomali Medan Magnetik Total Untuk Pemodelan Struktur Bawah Permukaan Daerah Manifestasi Mud Vulcano (Studi Kasus Bledug Kuwu Grobogan). *Jurnal Geofisika*. Vol. 13 (01). Semarang : Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Diponegoro.
- Deniyanto. 2010. Pemodelan ke Depan (Forward Modelling) 2 Dimensi Data Magnetik Untuk Identifikasi Bijih Besi di Lokasi X Propinsi Sumatera Barat. *Jurnal Aplikasi Fisika*. Vol. 06 (02). Kendari : Universitas Haluoleo.
- Dinas Komunikasi dan Informatika Kabupaten Malang. 2017. *Statistik Pembangunan Daerah Kabupaten Malang Edisi 2017*. Malang.

- Hadisurya, Dito., Bagus S. M., dan Rustadi. 2014. Identifikasi Magma Chamber Berdasarkan Analisa Data Magnetik Total Di Gunung Ili Lewotolo Kabupaten Lembata, Nusa Tenggara Timur Berdasarkan Data Survei Tahun 2010. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*. Lampung : Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Universitas Lampung.
- Hiskiawan, Puguh. 2016. Pengaruh Pola Kontur Hasil Kontinuasi Atas Pada Data Geomagnetik Interpretasi Reduksi Kutub. *Jurnal Saintifika*. Vol. 18 (01). Jember : Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Jember.
- IAGA WG V-MOD. 2005. *The 10th-Generation International Geomagnetic Reference Field (IGRF)*. Geophysic. J.Int.
- Jazmi, Khoirul Azmi., Hassan dan Nordyana. 2013. *Al-Qur'an Dan Geologi*. Johor Bahru : Universitas Teknologi Malaysia Press. pp1-19.
- Joshua, E.O., G.O. Layade, V.B. Akinboboye and S.A. Adeyemi. 2017. Magnetic Mineral Exploration Using Ground Magnetic Survey Data Of Tajimi Area. Lokoja. *Global Journal Of Pure and Applied Sciences*. Vol. 23. Nigeria : Departement Of Physics, University Of Ibadan & Departement Of Physics, Federal University Of Agriculture, Abeokuta.
- Junaedy, Mohammad., Rustan Efendi dan Sandra. 2016. Gold Mineralized Zone Studies Using Magnetic Methods Has Been Conducted In Poboya Gold Mine Site. *Journal Of Natural Science*. Vol. 05 (02). Palu : Physics Study Program, Physics Departement, Mathematics And Natural Sciences Faculty, Tadulako University.
- Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2011. *Data Dasar Gunungapi Indonesia*. Bandung : Badan Geologi, Pusat Sumber Daya Geologi. ESDM.
- Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2014. *Pasir Besi Di Indonesia. Geologi, Eksplorasi dan Pemanfaatannya*. Bandung : Badan Geologi. Pusat Sumber Daya Geologi. ESDM.
- Koenigswald, G.H.R.van. 1934. *Zur Stratigraphig Des Javanischen Pleistocan. De Ingenieur In Ned. Indie. Sect. IV, De Mijnb. En Geol., De Kijningenieru*.
- Kurniati, Asih., Kharisma, N., dan Aulia. 2008. *Buku Panduan Workshop Geofisika*. Malang : Universitas Brawijaya Malang.
- Mariita, N.O. 2007. The Magnetic Method. *Jurnal Presented at Short Course II On Surface Exploration For Geothermal Resources*. Kenya : Kenya Electricity Generation Company Ltd. Lake Naivasha, United Nations University.

- Milsom, John. 2003. *Field Geophysics Third Edition*. London. John Wiley and Sons, Ltd.
- Muliawan, Arief. 2017. Identifikasi Material Pasir Desa Sembera Marangkayu Menggunakan XRF Dan XRD. *Jurnal Seminar Nasional Dan Workshop Geofisika, FMIPA Universitas Mulawarman*. Samarinda.
- Munadi, Suprajitno. 2001. *Instrumentasi Geofisika*. Depok : Program Studi Geofisika Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Indonesia.
- Nabighian, M.N., V.J.S. Grauch, R.O. Hansen, T.R. LaFehr, Y. Li, J.W. Peirce, J.D Phillips, and M.E. Ruder. 2005. The Historical Development Of The Magnetic Method In Exploration. *Journal Geophysics*. Vol. 70 (06). Colorado : Colorado School of Mines, 1500 Illinois Street, Golden, Colorado. Society of Exploration Geophysicsts.
- Nahrowi, T., Y. Suratman, S. Namida & S. Hidayat. 1978. *Geologi Pegunungan Selatan, Jawa Timur*. Prosiding PIT-IX Ikatan Ahli Geologi Indonesia.
- Nandi. 2006. *Vulkanisme, Gologi Lingkungan*. Bandung : Universitas Pendidikan Indonesia.
- Ogah., Vincent, E., and B.S. Jatau. 2014. Airbone Magnetic Study Of Otukpo Area. *International Research Journal and Application*. Vol. 02 (03). European Centre : Departement Of Geology, Benue State Polytechnic, Ugbokolo & Departement Of Geology And Mining, Nasarawa State University, Keffi.
- Palkrisman dan Arif Budiman. 2014. Pemetaan Persentase Kandungan Dan Nilai Suseptibilitas Mineral Magnetik Pasir Beri Pantai Sunur Kabupaten Padang Pariaman Sumatera Barat. *Jurnal Fisika*. Vol. 03 (04). Padang : Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Andalas.
- Perdana, O. A., Daeng A. S., and Sujito. 2013. Application Geomagnetic Method To Identification Chromit Mineral's In Sukorejo Village, Kalidawir District, Tulungagung Regency. *Journal Physics*. Malang : Physics Departement, State University Of Malang.
- Purwanto, Agus. 2015. *Ayat-ayat Semesta: Sisi Al-Qur'an yang Terlupakan*. Bandung : PT Mizan Pustaka.
- Rahmawiana, Ardi Maulana., Suharno dan Rustadi. 2013. Pemodelan 3D Magnetik Menggunakan Mag3D Untuk Identifikasi Sebaran Bijih Besi Di Daerah "RAM-Unila". *Jurnal Geofisika*. Vol. 01 (01). Lampung : Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Universitas Lampung.
- Reynolds, J.M. 1997. *An Introduction To Applied and Environmental Geophysics*. New York : John Wiley and Sons.

- Rivas, Jose. 2009. Gravity and Magnetic Methods. *Jurnal Presented at "Short Course On Surface Exploration For Geothermal Resources"*. La Libertad : LaGeo S.A. de C.V. Santa Tecla, El Salvador. United Nations University.
- Rosid, Syamsu. 2008. *Geomagnetic Method Lecture Note*. Depok : Physics Departement, FMIPA Universitas Indonesia.
- Rusita, S., Simon S. S., Ibrahim S. 2016. Identifikasi Sebaran Bijih Besi Dengan Metode Geomagnet Di Daerah Pematang Bujur Tanah Laut. *Jurnal Fisika*. Vol. 13 (01). Kalimantan : Program Studi Fisika, FMIPA Universitas Lambung Mangkurat.
- Santoso, S., dan T. Suwarti. 1992. *Geologi Lembar Malang, Jawa*. Indonesia : Pusat Penelitian Dan Pengembangan Geologi.
- Santoso, Djoko. 2002. *Diktat Kuliah TG-424 Eksplorasi Energi Panas Bumi*. Jurusan Teknik Geologi. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- Sarkowi, Muhammad. 2010. *Buku Ajar Pengantar Teknik Geofisika*. Lampung : Universitas Lampung.
- Sehah and Sukmaji A.R. 2017. Application Of Magnetic Survey To Explore The Iron Ore Deposits In The Nusawungu Coastal Regency Of Cilacap Central Java. *Journal Of Physics Research Application*. Vol. 07 (02). Purwokerto : Physics Departement, Mathematic and Natural Sciences Faculty, Jendral Soedirman University.
- Sharma, P. 1997. *Enviromental and Engineering Geophysics*. Cambridge : Cambridge University Press.
- Sudaryo dan Sucipto. 2009. Identifikasi Dan Penentuan Logam Pada Tanah Vulkanik Di Daerah Cangkringan, Kabupaten Sleman Dengan Metode Analisis Aktivasi Neutron Cepat. *Jurnal Seminar Nasional V SDM Teknologi*. Yogyakarta.
- Suherman., Dono Guntoro dan Dudi Nasrudin Usman. 2003. Penelitian Potensi Sumberdaya Bahan Galian Pasir Di Gunung Celak Desa Celak Kecamatan Gunung Halu Kabupaten Bandung. *Jurnal Penelitian Sumber Daya Alam*. Vol. 01 (02). Bandung : Fakultas Teknik Unisba.
- Suntoko, Hadi., M. Nurdin., Yarianto SBS., dan Imam Hamzah. 2012. Pendeteksian Keberadaan Struktur Sesar Pada Batuan Vulkanik Dengan Metode Magnetik. *Jurnal Ekplorium*. Vol. 33 (02). Jakarta : Pusat Pengembangan Energi Nuklir dan Pusat Pengembangan Geologi Nuklir.
- Suryani, Anih Sri. 2014. Dampak Negatif Abu Vulkanik Terhadap Lingkungan Dan Kesehatan. *Jurnal Kesejahteraan Sosial*. Vol. 6 (04) : II. Jakarta.

- Telford, W.N., Geldard, L.P., and Sheriff, R.E. 1990. *Applied Geophysics Second Edition*. New York : Cambridge University Press.
- Tjasyono, Bayong. 2006. *Ilmu Kebumihan dan Antariksa*. Bandung : Remaja Rosdakarya.
- Untung, Mohammad. 2001. *Buku Geofisika. Dasar-dasar Magnet dan Gaya Berat serta Beberapa Penerapannya*. Bandung : Himpunan Ahli Geofisika Indonesia (HAGI).
- Wahyudi. 2001. *Panduan Workshop Eksplorasi Geofisika (Teori dan Aplikasi Metode Magnetik)*. Yogyakarta : Laboratorium Geofisika, FMIPA Universitas Gadjah Mada.
- Wibowo, Sapto Hadi. 2017. *Modul Pengoperasian Magnetometer (GEM-19T)*. Lampung : Program Studi Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Universitas Lampung.
- Yusuf, al-Hajj. A. 2011. *Sains Modern Menurut Perspektif Al-Qur'an & As-Sunnah*. Malaysia : Perniagaan Jahabersa.
- Zubaidah, Teti. 2010. Spatio-temporal Characteristics Of The Geomagnetic Field Over The Lombok Island, The Lesser Sunda Islands Region : New Geological, Tectonic, and Seismo-Electromagnetic Insights Along The Sunda-Banda Arcs Transition. *Jurnal Geophysic GeoForschungsZentrum Potsdam*. Mataram : Mataram University, Nusa Tenggara Barat.

LAMPIRAN



LAMPIRAN 1

Data Hasil Penelitian Magnetik

a. Hari Pertama (Sabtu, 03 Agustus 2019)

No.	Nama Titik	Posisi (UTM)		Z	Waktu		Medan Magnet Total (nT)
		Lintang	Bujur		Jam	Menit	
Base Awal 1		9133770,815	681816,4978	851	7	8	44619,33
1.	M001	9133770,815	681816,4978	851	7	8	44619,33
2.	M002	9133740,034	681831,6951	850	7	13	44515,87
3.	M003	9133767,550	681865,5027	847	7	17	44784,80
4.	M004	9133795,043	681905,4376	843	7	19	44856,73
5.	M005	9133825,643	681936,1938	838	7	22	44770,60
6.	M006	9133853,184	681963,8745	835	7	24	45154,53
7.	M007	9133880,701	681997,6823	836	7	26	44800,93
8.	M008	9133914,349	682034,5778	840	7	28	44770,07
9.	M009	9133941,878	682065,3222	844	7	29	44876,73
10.	M010	9133978,599	682102,2299	837	7	31	44619,47
11.	M011	9133999,983	682132,9502	836	7	32	44973,07
12.	M012	9134027,499	682166,7582	832	7	35	44909,27
13.	M013	9133996,658	682197,2733	828	7	39	44966,20
14.	M014	9133963,058	682148,1232	829	7	45	44987,67
15.	M015	9133932,421	682126,5575	833	7	49	44769,60
16.	M016	9133907,964	682095,8252	840	7	53	44743,33
17.	M017	9133877,376	682062,0052	840	7	54	44655,87
18.	M018	9133856,003	682028,2214	839	7	57	44710,53
19.	M019	9133816,223	681988,2382	837	8	0	44684,93
20.	M020	9133797,946	681948,3395	840	8	4	44408,40
21.	M021	9133767,310	681926,7740	839	8	7	44864,53
22.	M022	9133745,925	681896,0539	832	8	9	44670,00
23.	M023	9133712,228	681871,4128	837	8	12	44137,73
24.	M024	9133684,471	681898,8763	836	8	15	44540,07
25.	M025	9133702,784	681929,5842	830	8	17	45408,80

26.	M026	9133727,228	681963,3799	817	8	22	45440,00
27.	M027	9133757,853	681988,0090	816	8	27	45083,27
28.	M028	9133736,168	682033,8779	802	8	31	45415,73
29.	M029	9133696,218	682036,7846	810	8	37	45519,13
30.	M030	9133699,086	682088,8772	811	8	44	44650,33
31.	M031	9133665,485	682039,7275	805	8	48	44792,47
32.	M032	9133671,497	682073,4507	805	8	50	44777,13
33.	M033	9133739,035	682085,9705	813	8	57	45091,67
34.	M034	9133622,620	682002,7958	825	9	4	45034,13
35.	M035	9133588,948	681972,0276	829	9	5	44622,80
36.	M036	9133619,801	681938,4492	826	9	12	44656,13
37.	M037	9133661,439	681915,3293	825	9	15	45160,00
38.	M038	9133644,209	681981,4354	826	9	17	44822,07
39.	M039	9133677,894	682009,1402	826	9	20	44904,53
40.	M040	9133687,363	681944,8417	832	9	24	44544,07
41.	M041	9133551,986	681996,3912	820	9	30	44750,00
42.	M042	9133588,707	682033,2986	816	9	35	44652,73
43.	M043	9133613,151	682067,0942	823	9	36	44658,93
44.	M044	9133637,584	682103,9535	815	9	40	44844,47
45.	M045	9133665,076	682143,8884	817	9	43	44766,47
46.	M046	9133689,532	682174,6206	815	9	50	44799,73
47.	M047	9133707,808	682214,5194	821	9	52	44915,60
48.	M048	9133735,493	682205,4374	820	9	54	44704,33
49.	M049	9133766,359	682168,7954	828	9	56	44787,87
50.	M050	9133738,854	682131,9240	824	9	58	44624,60
51.	M051	9133769,648	682113,6633	820	10	2	44775,73
52.	M052	9133782,129	682064,6946	826	10	7	44053,87
53.	M053	9133800,489	682083,1484	828	10	9	44518,53
54.	M054	9133828,246	682055,6849	831	10	13	44435,87
55.	M055	9133852,691	682089,4808	839	10	39	44377,07
56.	M056	9133880,231	682117,1615	837	10	40	44840,00
57.	M057	9133913,880	682154,0572	837	10	45	44976,07

58.	M058	9133938,324	682187,8531	835	10	46	44913,73
59.	M059	9133968,889	682227,8004	826	10	51	44977,87
60.	M060	9133938,083	682249,1247	829	10	54	45045,67
61.	M061	9133910,567	682215,3166	832	10	59	44950,27
62.	M062	9133873,846	682178,4088	839	11	4	45092,33
63.	M063	9133846,330	682144,6009	832	11	10	44696,93
64.	M064	9133815,741	682110,7809	835	11	12	44428,53
65.	M065	9133791,032	682144,3835	826	11	20	44918,07
66.	M066	9133815,500	682172,0522	828	11	22	45062,67
67.	M067	9133849,161	682205,8843	831	11	25	44521,00
68.	M068	9133873,605	682239,6803	829	11	28	44564,13
69.	M069	9133910,302	682282,7153	826	11	30	44953,73
70.	M070	9133873,364	682300,9517	825	11	46	44932,67
71.	M071	9133848,884	682276,3465	826	11	49	44906,93
72.	M072	9133821,392	682236,4113	829	11	51	45370,40
73.	M073	9133787,719	682205,6428	827	11	54	44837,47
74.	M074	9133784,406	682266,9020	823	12	3	44942,33
75.	M075	9133808,874	682294,5708	826	12	6	44895,20
76.	M076	9133842,511	682334,5302	825	12	9	44998,80
77.	M077	9133753,805	682236,1455	822	12	13	44899,20
78.	M078	9133323,410	682311,0421	782	14	30	45332,27
79.	M079	9133418,657	682308,3534	786	14	35	45551,07
80.	M080	9133436,993	682332,9343	788	14	38	44632,13
81.	M081	9133474,015	682293,2533	788	14	40	44869,13
82.	M082	9133535,421	682302,6857	797	14	42	44988,93
83.	M083	9133569,094	682333,4542	807	14	44	44787,20
84.	M084	9133599,670	682370,3378	808	14	48	45007,93
85.	M085	9133627,210	682398,0187	805	14	51	44910,80
86.	M086	9133663,907	682441,0537	811	15	32	44752,00
87.	M087	9133685,315	682465,6468	810	15	36	44906,27
88.	M088	9133654,715	682434,8902	806	15	38	44133,47
89.	M089	9133623,849	682471,5320	805	15	41	45136,00

90.	M090	9133590,212	682431,5727	805	15	46	44478,53
91.	M091	9133559,612	682400,8161	805	15	51	44859,67
92.	M092	9133525,939	682370,0476	803	15	56	44980,47
93.	M093	9133495,327	682342,3547	801	16	0	44740,73
94.	M094	9133467,618	682357,5636	798	16	5	44727,67
95.	M095	9133439,836	682391,1537	797	16	8	45284,53
96.	M096	9133467,364	682421,8981	781	16	26	44783,27
97.	M097	9133494,905	682449,5789	787	16	29	44831,13
98.	M098	9133525,481	682486,4625	781	16	32	45179,60
99.	M099	9133556,069	682520,2827	784	16	35	44978,40
100.	M100	9133586,658	682554,1028	784	16	38	44792,33
101.	M101	9133767,310	681926,7740	789	16	42	44798,33
102.	M102	9133580,755	682492,8075	790	16	44	44891,53
103.	M103	9133559,371	682462,0872	790	16	47	44902,27
104.	M104	9133522,650	682425,1794	796	16	50	44684,87
105.	M105	9133501,266	682394,4592	795	16	52	44932,00
106.	M106	9133415,898	682228,6892	793	17	0	43954,57
107.	M107	9133446,704	682207,3652	797	17	13	44269,67
108.	M108	9133483,689	682176,8748	800	17	15	44388,67
109.	M109	9133514,543	682143,2966	801	17	18	44071,97
110.	M110	9133551,505	682118,9331	802	17	22	43791,00
111.	M111	9133582,358	682085,3548	810	17	25	44487,40
Base Akhir 1		9133770,815	681816,4978	851	17	38	44496,80

No.	Nama Titik	ΔH Diurnal	IGRF	Anomali Magnetik (nT)
Base Awal 1		0	44732,5	-113,16
1.	M001	0	44732,5	-113,166667
2.	M002	-0,972484131	44732,5	-215,660849
3.	M003	-1,750471432	44732,5	54,050471
4.	M004	-2,139465083	44732,5	126,372798

5.	M005	-2,722955559	44732,5	40,822956
6.	M006	-3,111949210	44732,5	425,145283
7.	M007	-3,500942861	44732,5	71,934276
8.	M008	-3,889936512	44732,5	41,456603
9.	M009	-4,084433337	44732,5	148,317767
10.	M010	-4,473426988	44732,5	-108,559906
11.	M011	-4,667923813	44732,5	245,234590
12.	M012	-5,251414290	44732,5	182,018081
13.	M013	-6,029401591	44732,5	239,729402
14.	M014	-7,196382544	44732,5	262,363049
15.	M015	-7,974369845	44732,5	45,074370
16.	M016	-8,752357147	44732,5	19,585690
17.	M017	-8,946853972	44732,5	-67,686479
18.	M018	-9,530344448	44732,5	-12,436322
19.	M019	-10,113834925	44732,5	-37,452832
20.	M020	-10,891822226	44732,5	-313,208178
21.	M021	-11,475312702	44732,5	143,508646
22.	M022	-11,864306353	44732,5	-50,635694
23.	M023	-12,447796829	44732,5	-582,318870
24.	M024	-13,031287305	44732,5	-179,402046
25.	M025	-13,420280956	44732,5	689,720281
26.	M026	-14,392765083	44732,5	721,892765
27.	M027	-15,365249210	44732,5	366,131916
28.	M028	-16,143236512	44732,5	699,376570
29.	M029	-17,310217464	44732,5	803,943551
30.	M030	-18,671695242	44732,5	-63,494971
31.	M031	-19,449682544	44732,5	79,416349
32.	M032	-19,838676194	44732,5	64,472010
33.	M033	-21,200153972	44732,5	380,366821
34.	M034	-22,561631750	44732,5	324,194965
35.	M035	-22,756128575	44732,5	-86,943871
36.	M036	-24,117606353	44732,5	-52,249060

37.	M037	-24,701096829	44732,5	452,201097
38.	M038	-25,090090480	44732,5	114,656757
39.	M039	-25,673580956	44732,5	197,706914
40.	M040	-26,451568258	44732,5	-161,981765
41.	M041	-27,618549210	44732,5	45,118549
42.	M042	-28,591033337	44732,5	-51,175633
43.	M043	-28,785530163	44732,5	-44,781137
44.	M044	-29,563517464	44732,5	141,530184
45.	M045	-30,147007940	44732,5	64,113675
46.	M046	-31,508485718	44732,5	98,741819
47.	M047	-31,897479369	44732,5	214,997479
48.	M048	-32,286473020	44732,5	4,119806
49.	M049	-32,675466671	44732,5	88,042133
50.	M050	-33,064460321	44732,5	-74,835540
51.	M051	-33,842447623	44732,5	77,075781
52.	M052	-34,814931750	44732,5	-643,818402
53.	M053	-35,203925401	44732,5	-178,762741
54.	M054	-35,981912702	44732,5	-260,651421
55.	M055	-41,038830163	44732,5	-314,394503
56.	M056	-41,233326988	44732,5	148,733327
57.	M057	-42,205811115	44732,5	285,772478
58.	M058	-42,400307940	44732,5	223,633641
59.	M059	-43,372792067	44732,5	288,739459
60.	M060	-43,956282544	44732,5	357,122949
61.	M061	-44,928766671	44732,5	262,695433
62.	M062	-45,901250798	44732,5	405,734584
63.	M063	-47,068231750	44732,5	11,501565
64.	M064	-47,457225401	44732,5	-256,509441
65.	M065	-49,013200004	44732,5	234,579867
66.	M066	-49,402193655	44732,5	379,568860
67.	M067	-49,985684131	44732,5	-161,514316
68.	M068	-50,569174607	44732,5	-117,797492

69.	M069	-50,958168258	44732,5	272,191502
70.	M070	-54,070117464	44732,5	254,236784
71.	M071	-54,653607940	44732,5	229,086941
72.	M072	-55,042601591	44732,5	692,942602
73.	M073	-55,626092067	44732,5	160,592759
74.	M074	-57,376563496	44732,5	267,209897
75.	M075	-57,960053972	44732,5	220,660054
76.	M076	-58,543544448	44732,5	324,843544
77.	M077	-59,321531750	44732,5	226,021532
78.	M078	-85,967596829	44732,5	685,734263
79.	M079	-86,940080956	44732,5	905,506748
80.	M080	-87,523571432	44732,5	-12,843095
81.	M081	-87,912565083	44732,5	224,545898
82.	M082	-88,301558734	44732,5	344,734892
83.	M083	-88,690552385	44732,5	143,390552
84.	M084	-89,468539686	44732,5	364,901873
85.	M085	-90,052030163	44732,5	268,352030
86.	M086	-98,026400004	44732,5	117,526400
87.	M087	-98,804387305	44732,5	272,571054
88.	M088	-99,193380956	44732,5	-499,839952
89.	M089	-99,776871432	44732,5	503,276871
90.	M090	-100,749355559	44732,5	-153,217311
91.	M091	-101,721839686	44732,5	228,888506
92.	M092	-102,694323813	44732,5	350,660990
93.	M093	-103,472311115	44732,5	111,705644
94.	M094	-104,444795242	44732,5	99,611462
95.	M095	-105,028285718	44732,5	657,061619
96.	M096	-108,529228575	44732,5	159,295895
97.	M097	-109,112719052	44732,5	207,746052
98.	M098	-109,696209528	44732,5	556,796210
99.	M099	-110,279700004	44732,5	356,179700
100.	M100	-110,863190480	44732,5	170,696524

101.	M101	-111,641177782	44732,5	177,474511
102.	M102	-112,030171432	44732,5	271,063505
103.	M103	-112,613661909	44732,5	282,380329
104.	M104	-113,197152385	44732,5	65,563819
105.	M105	-113,586146036	44732,5	313,086146
106.	M106	-115,142120639	44732,5	-662,791213
107.	M107	-117,670579369	44732,5	-345,162754
108.	M108	-118,059573020	44732,5	-225,773760
109.	M109	-118,643063496	44732,5	-541,890270
110.	M110	-119,421050798	44732,5	-822,078949
111.	M111	-120,004541274	44732,5	-125,095459
Base Akhir 1		-122,533000004	44732,5	-113,16

b. Hari Kedua (Minggu, 04 Agustus 2019)

No.	Nama Titik	Posisi (UTM)		Z	Waktu		Medan Magnet
		Lintang	Bujur		Jam	Menit	Total (nT)
Base Awal 2		9133770,815	681816,4978	851	10	6	44622,63
112.	M112	9133862,324	681905,0889	841	10	8	44795,33
113.	M113	9133837,748	681882,9345	845	10	9	44878,57
114.	M114	9133799,323	681838,6677	849	10	11	44928,13
115.	M115	9133886,857	681938,2723	839	10	13	45010,93
116.	M116	9133912,938	681971,4618	839	10	15	45096,60
117.	M117	9133952,954	682004,7060	841	10	17	45108,80
118.	M118	9133977,487	682037,8894	842	10	19	44934,27
119.	M119	9134002,426	682052,3252	840	10	21	44784,77
120.	M120	9134023,567	682104,2448	838	10	23	44837,80
121.	M121	9134056,394	682137,4609	835	10	25	44920,07
122.	M122	9133552,720	682590,7323	789	10	28	44957,47
123.	M123	9133650,957	682499,8239	797	10	30	45035,90
124.	M124	9133613,820	682521,7356	776	10	32	45005,87
125.	M125	9133484,928	682642,5463	777	10	35	44828,13

126.	M126	9133515,782	682608,9684	783	10	37	44643,13
127.	M127	9133488,254	682578,2239	785	10	40	45190,53
128.	M128	9133522,143	682553,8486	794	10	44	45015,73
129.	M129	9133519,228	682514,0103	796	10	47	44900,87
130.	M130	9133460,737	682544,4158	792	10	50	44863,67
131.	M131	9133457,424	682605,6747	782	10	55	44686,20
132.	M132	9133461,849	682664,5133	780	10	58	44866,33
133.	M133	9133389,850	682602,3447	777	11	4	45056,53
134.	M134	9133423,522	682633,1134	778	11	7	44933,33
135.	M135	9133362,346	682565,4732	780	11	12	45106,27
136.	M136	9133399,332	682534,9831	781	11	18	44997,40
137.	M137	9133427,053	682516,7107	788	11	21	45031,80
138.	M138	9133460,991	682480,0813	794	11	27	44769,73
139.	M139	9133433,451	682452,4005	794	11	31	44860,07
140.	M140	9133405,946	682415,5290	788	11	41	44576,93
141.	M141	9133399,706	682440,0132	786	11	45	44747,07
142.	M142	9133406,951	682366,5155	782	11	53	45093,37
143.	M143	9133390,333	682479,8029	782	12	16	44923,00
144.	M144	9133341,179	682479,6093	775	12	21	44890,53
145.	M145	9133325,541	682550,0102	773	12	24	44892,20
146.	M146	9133313,445	682500,9451	773	12	28	44953,27
147.	M147	9133358,932	682399,4132	771	12	35	44844,40
148.	M148	9133307,555	682436,5866	764	12	47	44934,47
149.	M149	9133292,291	682412,0178	763	12	49	45198,80
150.	M150	9133316,940	682393,7334	753	12	53	44929,93
151.	M151	9133363,082	682378,5971	767	13	0	45355,67
152.	M152	9133363,239	682338,7711	769	13	2	45155,33
153.	M153	9133341,601	682372,3854	768	13	5	45077,07
154.	M154	9133273,912	682476,2807	770	13	15	45343,53
155.	M155	9133233,872	682424,0420	775	13	28	45576,80
156.	M156	9133224,692	682414,8151	779	13	32	44601,80
157.	M157	9133345,035	682280,4913	772	13	40	45220,90

158.	M158	9133314,398	682258,9257	774	13	44	45033,40
159.	M159	9133283,593	682280,2495	774	13	47	44994,13
160.	M160	9133252,739	682313,8274	768	13	50	45093,73
161.	M161	9133218,850	682338,2026	770	13	51	45256,40
162.	M162	9133188,044	682359,5264	760	13	57	44909,80
163.	M163	9133148,276	682316,4797	752	14	9	45260,87
164.	M164	9133283,364	682338,4567	768	14	22	45781,93
165.	M165	9133261,787	682356,7532	764	14	24	45590,33
166.	M166	9133342,216	682216,1449	774	14	31	44937,53
167.	M167	9133283,810	682225,1059	770	14	33	45186,47
168.	M168	9133219,949	682277,5481	765	14	38	45193,53
169.	M169	9133374,419	682145,8092	789	14	45	44552,30
170.	M170	9133449,110	682079,9293	800	14	48	44347,30
171.	M171	9133495,252	682102,1686	803	14	53	44285,13
172.	M172	9133412,776	682179,0467	792	14	58	44349,70
173.	M173	9133388,117	682262,2793	796	15	11	44487,60
174.	M174	9133449,535	682268,6482	796	15	15	45656,27
175.	M175	9133486,496	682244,2849	799	15	20	44924,87
176.	M176	9133510,965	682271,9535	797	15	22	45090,27
177.	M177	9133514,290	682207,6311	799	15	24	44990,00
178.	M178	9133547,975	682235,3359	799	15	26	44949,20
179.	M179	9133572,395	682275,2588	803	15	28	45116,07
180.	M180	9133599,899	682312,1302	804	15	30	45017,27
181.	M181	9133630,512	682339,8232	804	15	32	44925,70
182.	M182	9133661,112	682370,5797	805	15	35	44795,27
183.	M183	9133697,869	682398,2968	806	15	37	44878,60
184.	M184	9133722,289	682438,2199	806	15	40	44808,40
185.	M185	9133746,950	682416,8717	810	15	45	45363,00
186.	M186	9133719,446	682380,0001	815	15	47	45156,53
187.	M187	9133688,845	682349,2436	815	15	49	44623,53
188.	M188	9133658,269	682312,3599	817	15	51	45288,33
189.	M189	9133624,584	682284,6549	810	15	55	45051,20

190.	M190	9133679,991	682257,3005	808	15	58	44961,80
191.	M191	9133692,183	682281,8573	823	16	42	44968,40
192.	M192	9133725,879	682306,4987	821	16	44	44873,27
193.	M193	9133725,735	682343,2615	827	16	45	44838,20
194.	M194	9133783,960	682380,2540	823	16	47	44991,47
195.	M195	9133817,850	682355,8784	819	16	49	45237,27
196.	M196	9133787,249	682325,1219	826	16	52	45035,60
197.	M197	9133753,601	682288,2261	823	16	54	45040,27
198.	M198	9133723,024	682251,3425	825	16	55	45050,00
199.	M199	9133646,113	682213,0513	810	16	56	44971,43
200.	M200	9133604,995	682234,9475	805	16	58	44896,27
201.	M201	9133577,852	682190,7249	802	17	0	44806,83
202.	M202	9133612,199	682146,7441	810	17	1	45006,23
203.	M203	9133554,829	682054,6107	818	17	2	44967,00
204.	M204	9133524,253	682017,7274	811	17	4	45017,67
205.	M205	9133502,664	682039,0877	816	17	6	45070,60
206.	M206	9133699,495	681984,7162	831	17	23	45760,80
207.	M207	9133798,255	682026,1564	824	17	27	44906,23
Base Akhir 2		9133770,815	681816,4978	851	17	38	44460,87

No.	Nama Titik	ΔH Diurnal	IGRF	Anomali Magnetik (nT)
Base Awal 2		0	44732,5	-109,86
112.	M112	-0,725426334	44732,5	63,558760
113.	M113	-1,088139501	44732,5	147,154806
114.	M114	-1,813565836	44732,5	197,446899
115.	M115	-2,538992170	44732,5	280,972326
116.	M116	-3,264418504	44732,5	367,364419
117.	M117	-3,989844838	44732,5	380,289845
118.	M118	-4,715271173	44732,5	206,481938
119.	M119	-5,440697507	44732,5	57,707364

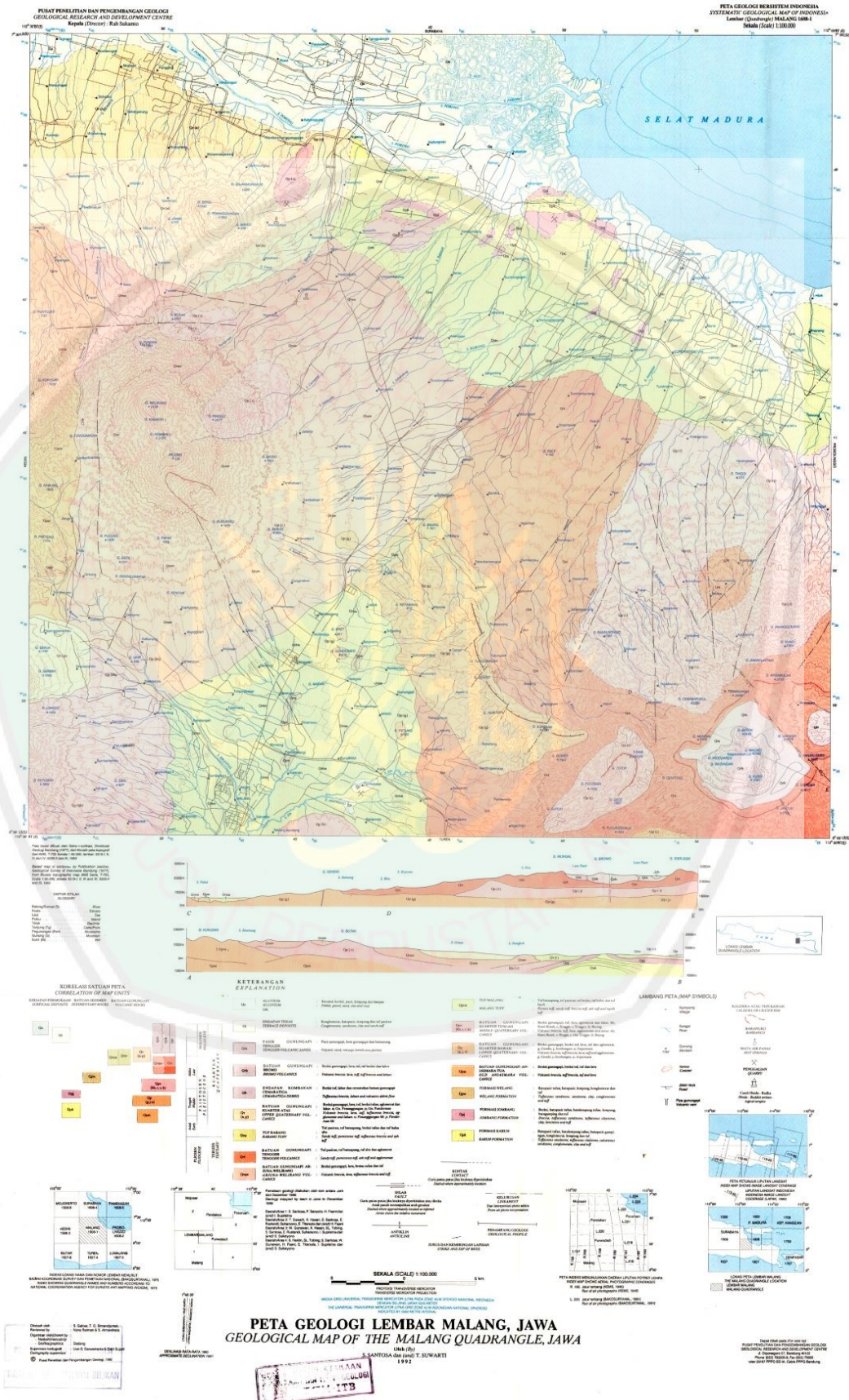
120.	M120	-6,166123841	44732,5	111,466124
121.	M121	-6,891550176	44732,5	194,458217
122.	M122	-7,979689677	44732,5	232,946356
123.	M123	-8,705116011	44732,5	312,105116
124.	M124	-9,430542346	44732,5	282,797209
125.	M125	-10,518681847	44732,5	106,152015
126.	M126	-11,244108181	44732,5	-78,122558
127.	M127	-12,332247683	44732,5	470,365581
128.	M128	-13,783100351	44732,5	297,016434
129.	M129	-14,871239853	44732,5	183,237907
130.	M130	-15,959379354	44732,5	147,126046
131.	M131	-17,772945190	44732,5	-28,527055
132.	M132	-18,861084691	44732,5	152,694418
133.	M133	-21,037363694	44732,5	345,070697
134.	M134	-22,125503195	44732,5	222,958837
135.	M135	-23,939069031	44732,5	397,705736
136.	M136	-26,115348034	44732,5	291,015348
137.	M137	-27,203487535	44732,5	326,503488
138.	M138	-29,379766538	44732,5	66,613100
139.	M139	-30,830619207	44732,5	158,397286
140.	M140	-34,457750878	44732,5	-121,108916
141.	M141	-35,908603546	44732,5	50,475270
142.	M142	-38,810308884	44732,5	399,676976
143.	M143	-47,152711728	44732,5	237,652712
144.	M144	-48,966277563	44732,5	206,999611
145.	M145	-50,054417065	44732,5	209,754417
146.	M146	-51,505269733	44732,5	272,271936
147.	M147	-54,044261903	44732,5	165,944262
148.	M148	-58,396819909	44732,5	260,363487
149.	M149	-59,122246243	44732,5	525,422246
150.	M150	-60,573098912	44732,5	258,006432
151.	M151	-63,112091082	44732,5	686,278758

152.	M152	-63,837517416	44732,5	486,670851
153.	M153	-64,925656917	44732,5	409,492324
154.	M154	-68,552788589	44732,5	679,586122
155.	M155	-73,268059761	44732,5	917,568060
156.	M156	-74,718912430	44732,5	-55,981088
157.	M157	-77,620617767	44732,5	566,020618
158.	M158	-79,071470436	44732,5	379,971470
159.	M159	-80,159609937	44732,5	341,792943
160.	M160	-81,247749438	44732,5	442,481083
161.	M161	-81,610462606	44732,5	605,510463
162.	M162	-83,786741608	44732,5	261,086742
163.	M163	-88,139299614	44732,5	616,505966
164.	M164	-92,854570787	44732,5	1142,287904
165.	M165	-93,579997121	44732,5	951,413330
166.	M166	-96,118989291	44732,5	301,152323
167.	M167	-96,844415625	44732,5	550,811082
168.	M168	-98,657981461	44732,5	559,691315
169.	M169	-101,196973631	44732,5	-79,003026
170.	M170	-102,285113132	44732,5	-282,914887
171.	M171	-104,098678968	44732,5	-343,267988
172.	M172	-105,912244804	44732,5	-276,887755
173.	M173	-110,627515976	44732,5	-134,272484
174.	M174	-112,078368645	44732,5	1035,845035
175.	M175	-113,891934481	44732,5	306,258601
176.	M176	-114,617360815	44732,5	472,384027
177.	M177	-115,342787149	44732,5	372,842787
178.	M178	-116,068213484	44732,5	332,768213
179.	M179	-116,793639818	44732,5	500,360306
180.	M180	-117,519066152	44732,5	402,285733
181.	M181	-118,244492486	44732,5	311,444492
182.	M182	-119,332631988	44732,5	182,099299
183.	M183	-120,058058322	44732,5	266,158058

184.	M184	-121,146197823	44732,5	197,046198
185.	M185	-122,959763659	44732,5	753,459764
186.	M186	-123,685189993	44732,5	547,718523
187.	M187	-124,410616328	44732,5	15,443950
188.	M188	-125,136042662	44732,5	680,969376
189.	M189	-126,586895330	44732,5	445,286895
190.	M190	-127,675034832	44732,5	356,975035
191.	M191	-143,634414186	44732,5	379,534414
192.	M192	-144,359840520	44732,5	285,126507
193.	M193	-144,722553687	44732,5	250,422554
194.	M194	-145,447980022	44732,5	404,414647
195.	M195	-146,173406356	44732,5	650,940073
196.	M196	-147,261545857	44732,5	450,361546
197.	M197	-147,986972191	44732,5	455,753639
198.	M198	-148,349685359	44732,5	465,849685
199.	M199	-148,712398526	44732,5	387,645732
200.	M200	-149,437824860	44732,5	313,204492
201.	M201	-150,163251194	44732,5	224,496585
202.	M202	-150,525964361	44732,5	424,259298
203.	M203	-150,888677529	44732,5	385,388678
204.	M204	-151,614103863	44732,5	436,780771
205.	M205	-152,339530197	44732,5	490,439530
206.	M206	-158,505654038	44732,5	1186,805654
207.	M207	-159,956506707	44732,5	333,689840
Base Akhir 2		-161,770072543	44732,5	-109,86

LAMPIRAN 2

Gambar Peta Geologi Lembar Malang



LAMPIRAN 3

Gambar Pengambilan Data Magnetik



Lokasi Singkapan Pasir Vulkanik



Lokasi Tambang Pasir Vulkanik



Kegiatan Pengukuran Magnetik Pada Titik Ukur



**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 : M. Riyan Prasetiawan
NIM : 15640079
Fakultas/ Jurusan : Sains dan Teknologi/ Fisika
Judul Skripsi : Identifikasi Sebaran Lapisan Pasir Vulkanik Menggunakan Metode Magnetik (Studi Kasus: Dusun Putungwulung, Desa Toyomarto, Kecamatan Singosari, Kabupaten Malang)
Pembimbing I : Irjan, M.Si
Pembimbing II : Ahmad Abtokhi, M.Pd

No	Tanggal	HAL	Tanda Tangan
1	05 April 2019	Konsultasi Bab I	
2	24 Mei 2019	Konsultasi Bab II, dan III	
3	14 Juni 2019	Konsultasi Bab I, II, dan III	
4	15 Juli 2019	Konsultasi Bab I, II, III, dan ACC	
5	23 Agustus 2019	Konsultasi Data Hasil Bab IV	
6	06 September 2019	Konsultasi Bab IV	
7	20 September 2019	Konsultasi Bab IV	
8	07 Oktober 2019	Konsultasi Bab IV	
9	28 Oktober 2019	Konsultasi Kajian Agama	
10	25 November 2019	Konsultasi Kajian Agama dan ACC	
11	28 November 2019	Konsultasi Semua Bab, Abstrak dan ACC	

Malang, 10 Desember 2019
Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika

Drs. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003