

**PEMETAAN STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN SITUS ARKEOLOGI  
PETIRTAAN NGAWONGGO KECAMATAN TAJINAN  
KABUPATEN MALANG MENGGUNAKAN METODE MAGNETIK**

**SKRIPSI**

Oleh:  
**MOH. ADITIA GUNTARA**  
NIM. 14640016



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2020**

**PEMETAAN STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN SITUS ARKEOLOGI  
PETIRTAAN NGAWONGGO KECAMATAN TAJINAN  
KABUPATEN MALANG MENGGUNAKAN METODE MAGNETIK**

**SKRIPSI**

Diajukan Kepada:

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

Oleh:

**Moh. Aditia Guntara  
NIM 14640016**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2020**

## HALAMAN PERSETUJUAN

PEMETAAN STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN SITUS ARKEOLOGI  
PETIRTAAN NGAWONGGO KECAMATAN TAJINAN  
KABUPATEN MALANG MENGGUNAKAN METODE MAGNETIK

SKRIPSI

Oleh:  
Moh. Aditia Guntara  
NIM. 14640016

Telah diperiksa dan disetujui untuk  
Diseminarkan  
pada tanggal 08 Desember 2020

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II

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

Ahmad Abthokhi, M.Pd  
NIP. 19761003 200312 1 004



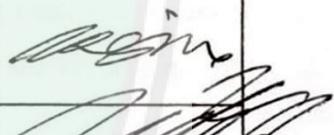
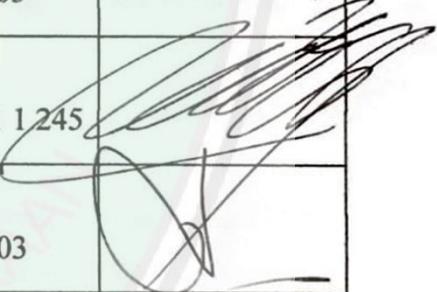
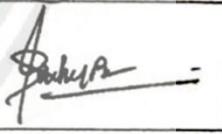
## HALAMAN PENGESAHAN

### PEMETAAN STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN SITUS ARKEOLOGI PETIRTAAN NGAWONGGO KECAMATAN TAJINAN KABUPATEN MALANG MENGGUNAKAN METODE MAGNETIK

#### SKRIPSI

Oleh:  
Moh. Aditia Guntara  
NIM. 14640016

Telah diperiksa dan disahkan  
Pada tanggal 22 Desember 2020

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



## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Moh. Aditia Guntara  
NIM : 14640016  
Jurusian : Fisika  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Judul : Pemetaan Struktur Bawah Permukaan Situs Arkeologi Petirtaan Ngawonggo Kecamatan Tajinan, Kabupaten Malang Menggunakan Metode Magnetik

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian ivustakaiv 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, 02 Desember 2020

Yang membuat pernyataan,



Moh. Aditia Guntara

NIM. 14640016

## MOTTO

*“Waktu bagai pedang, jika engkau tidak memotongnya, maka ia akan  
memotongmu”*

*dan*

*“Sibukkan dirimu dengan kebaikan, jika engkau tak menyibukkan dengan  
kebaikan, maka ia akan menyibukkan mu dengan keburukan”*



## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Skripsi ini saya persembahkan untuk orangtua saya dalam kehidupan ini dan nanti, untuk ibu tercinta dan ayah yang saya hormati:

**SAMSUL HADI**

**IDA SRI WIDARSIH**

Atas dukungan dan kasih yang tiada banding sehingga saya menjadi apa yang saya jalankan dalam hidup ini, dan untuk cinta yang tiada akhir. Tak ada kata dapat terucap kan selain terimakasih untuk segalanya.

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah serta bimbingan-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

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 skripsi ini dengan baik. Skripsi yang telah penulis susun ini berjudul “Pemetaan Struktur Bawah Permukaan Situs Arkeologi Petirtaan Ngawonggo Kecamatan Tajinan, Kabupaten Malang Menggunakan Metode Magnetik”. Sholawat serta salam penulis panjatkan kepada Baginda Rasulullah Muhammad SAW, yang telah menuntun manusia dari zaman jahiliyah menuju zaman yang terang benderang penuh dengan ilmu pengetahuan luar biasa saat ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan 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 penyusunan penulisan skripsi ini. Selanjutnya kami ucapan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. H. 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 sekaligus sebagai Dosen Pembimbing Skripsi.
4. Ahmad Abhtoki, M.Pd., selaku Dosen Pembimbing Integrasi Al-Qur'an.
5. Irjan, M.Si., selaku Dosen Penguji I.
6. Rusli, M.Si., selaku Dosen Penguji II.
7. Fahrurrial Aziz, S.Si selaku teman sekaligus pembimbing di lapangan dengan sabar dan teliti dalam membimbing serta memberi arahan dalam penulisan ini sehingga mampu menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

8. Segenap Dosen, Laboran dan Admin Jurusan Fisika yang senantiasa memberikan pengarahan dan ilmu pengetahuan.
9. Orangtua dan keluarga yang selalu mendukung dan memberikan do'a serta semangat agar penulis senantiasa diberikan kemudahan dalam melaksanakan segala hal.
10. Sahabat-sahabat yang telah membantu dan memberikan semangat dalam proses penulisan skripsi hingga selesai.
11. Serta semua pihak yang telah membantu secara langsung maupun secara tidak langsung demi kesuksesan dalam menyelesaikan skripsi ini.

Semoga amal baik mereka diterima sebagai suatu amal kebaikan dalam keridhoan-Nya. Penulis juga mohon maaf apabila dalam penyusunan skripsi ini ada beberapa kekurangan dan kesalahan.

Malang, 5 Februari 2020

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	5
1.3 Tujuan Penelitian .....	5
1.4 Manfaat Penelitian .....	5
1.5 Batasan Masalah .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Kondisi Geologi Kabupaten Malang .....	7
2.2 Petirtaan Ngawonggo .....	10
2.2.1 Lokasi .....	12
2.2.2 Tinjauan Geologi Petirtaan Ngawonggo .....	13
2.2.3 Riwayat Penelitian Ngawonggo .....	13
2.2.4 Deskripsi Bangunan Petirtaan Ngawonggo .....	13
2.3 Teori Magnet .....	15
2.3.1 Kuat Medan Magnet .....	16
2.3.2 Momen Magnetik .....	16
2.3.3 Intensitas Medan Magnet .....	17
2.3.4 Induksi Magnetik .....	17
2.3.5 Suseptibilitas Kemagnetan .....	18
2.3.6 Teori Medan Magnet Bumi .....	24
2.3.7 Kutub Geomagnet .....	27
2.3.8 Medan Magnet Utama .....	27
2.3.9 Medan Magnet Luar .....	29
2.3.10 Anomali Medan Magnet .....	29
2.4 Metode Geomagnet .....	32
2.5 Koreksi-koreksi Data Magnetik .....	33
2.5.1 Koreksi Harian ( <i>Diurnal Correction</i> ) .....	33
2.5.2 Koreksi IGRF .....	34
2.6 Transformasi Medan .....	35
2.6.1 Reduksi Bidang Datar .....	35
2.6.2 Kontinuasi Ke Atas ( <i>upward continuation</i> ) .....	36
2.6.3 Reduksi Ke Kutub ( <i>Reduction to Pole</i> ) .....	38

2.7 Magnetometer .....	39
2.8 Integrasi Al-Qur'an .....	42
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	44
3.2 Peralatan Penelitian .....	44
3.3 Data Penelitian .....	45
3.4 Prosedur Pelaksanaan Penelitian.....	45
3.4.1 Pengambilan Data ( <i>Acquisition Data</i> ) .....	45
3.4.2 Pengolahan Data ( <i>Processing Data</i> ) .....	47
3.4.3 Interpretasi Data.....	54
3.5 Diagram Alir .....	55
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Akuisisi Data.....	56
4.2 Pengolahan Data .....	57
4.2.1 Anomali Medan Magnet Total .....	59
4.2.2 Topografi.....	59
4.3 Interpretasi Kualitatif .....	60
4.3.1 Reduksi Bidang Datar .....	60
4.3.2 Kontinuasi ke Atas ( <i>upward continuation</i> ).....	62
4.3.3 Reduksi ke Kutub ( <i>Reduction to Pole</i> ) .....	66
4.4 Interpretasi Kuantitatif .....	68
4.4.1 Penampang <i>Slice A-A'</i> .....	70
4.4.2 Penampang <i>Slice B-B'</i> .....	71
4.4.3 Penampang <i>Slice C-C'</i> .....	73
4.5 Pembahasan.....	75
4.6 Integrasi Al-Qur'an dan Sains .....	77
<b>BAB V PENUTUP</b>	
5.1 Kesimpuan .....	80
5.2 Saran.....	81
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Peta Geologi Kabupaten Malang.....	9
Gambar 2.2	Singkapan Situs Petirtaan Ngawonggo .....	10
Gambar 2.3	Peta Lokasi Situs Ngawonggo .....	12
Gambar 2.4	Arah Polarisasi Ferromagnetik.....	22
Gambar 2.5	Arah Polarisasi Antiferromagnetik.....	22
Gambar 2.6	Arah polarisasi Ferrimagnet .....	22
Gambar 2.7	Arah Polarisasi Paramagnetik .....	23
Gambar 2.8	Arah Polarisasi Diamagnetik.....	23
Gambar 2.9	Arah Medan Magnet Bumi.....	25
Gambar 2.10	Deklinasi.....	25
Gambar 2.11	Inklinasi.....	26
Gambar 2.12	Elemen Medan Magnet Bumi .....	26
Gambar 2.13	Bagian dalam Bumi .....	28
Gambar 2.14	Anomali Magnetik pada Batuan.....	32
Gambar 2.15	Pengangkatan ke Atas dari Permukaan Horizontal .....	37
Gambar 2.16	Anomali Magnetik dan Anomali Hasil Reduksi ke Kutub .....	38
Gambar 2.17	Alat <i>Proton Precission Magnetometer</i> .....	41
Gambar 3.1	Desain Akuisisi Data.....	44
Gambar 3.2	Kolom Input pada Kalkulator IGRF.....	51
Gambar 4.1	Kalkulator IGRF .....	58
Gambar 4.2	Nilai IGRF.....	58
Gambar 4.3	Kontur Anomali Medan Magnet Total.....	59
Gambar 4.4	Kontur Topografi .....	60
Gambar 4.5	Kontur Anomali Medan Magnet Total Setelah Reduksi ke Bidang Datar pada Ketinggian 500 meter .....	61
Gambar 4.6	Proses Kontinuasi ke Atas (a) Anomali Medan Magnet Lokal dan (b) Anomali Medan Magnet Regional dengan Ketinggian 40 m, 80 m, 120 m, 160 m, dan 200 m.....	63
Gambar 4.7	Kontur Anomali Medan Magnet Regional.....	64
Gambar 4.8	Kontur Anomali Medan Magnet Lokal.....	65
Gambar 4.9	Kontur Anomali Lokal Hasil Reduksi ke Kutub .....	67
Gambar 4.10	Kontur <i>Slice A-A'</i> , <i>B-B'</i> , dan <i>C-C</i> Pada Anomali Lokal.....	69
Gambar 4.11	Hasil Pemodelan 2D Bawah Permukaan <i>Slice A-A'</i> .....	70
Gambar 4.12	Hasil Pemodelan 2D Bawah Permukaan <i>Slice B-B'</i> .....	72
Gambar 4.13	Hasil Pemodelan 2D Bawah Permukaan <i>Slice C-C'</i> .....	73

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1 Sifat Magnetik dari Beberapa Batuan ..... 19



## **DAFTAR LAMPIRAN**

- Lampiran 1: Data Hasil Penelitian Geomagnetik
- Lampiran 2: Peta Geologi Lembar Malang
- Lampiran 3: Dokumentasi Pengambilan Data Geomagnetik
- Lampiran 4: Bukti Konsul



## ABSTRAK

Guntara, Moh. Aditia. 2020. Pemetaan Struktur Bawah Permukaan Situs Arkeologi Petirtaan Ngawonggo Kecamatan Tajinan, Kabupaten Malang Menggunakan Metode Magnetik. Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: Drs. Abdul Basid, M.Si. (2) Ahmad Abtokhi, M.Pd.

---

**Kata Kunci:** Metode Magnetik, Situs Arkeologi, Anomali Medan Magnet, Suseptibilitas batuan.

Situs Arkeologi berupa kolam petirtaan pada zaman kerajaan abad 10 Masehi ditemukan di Dusun Nanasan Desa Ngawonggo Kec. Tajinan Kab. Malang. Situs tersebut belum diekskavasi secara menyeluruh oleh Badan Pelestarian Cagar Budaya (BPCB) Jawa Timur. Oleh karena itu, dilakukan survei penelitian geomagnetik menggunakan alat *Proton Precission Magnetometer* (PPM). Penelitian ini bertujuan untuk menduga sebaran dan posisi batuan andesit petirtaan Situs Arkeologi Ngawonggo berdasarkan metode magnetik. Akuisisi data dilakukan pada tanggal 04-05 Maret 2020 dengan panjang lintasan 187x80 m, jarak spasi 2 m, dan diperoleh 610 titik data pengukuran. Hasil interpretasi kualitatif menggunakan *Surfer 13* pada data intensitas medan magnet total yang telah dilakukan beberapa koreksi (koreksi variasi harian, koreksi IGRF, reduksi bidang datar, kontinuasi ke atas dengan ketinggian 200 m, dan reduksi ke kutub) didapatkan hasil anomali magnetik lokal dari -180 nT sampai 360 nT. Hasil interpretasi kuantitatif dengan dukungan data kualitatif model 2D bawah permukaan menggunakan *Oasis Montaj* diperoleh 2 formasi lapisan dan batuan andesit petirtaan yang berada diantara 2 lapisan. Lapisan pertama dengan nilai suseptibilitas 0.00001 cgs emu diinterpretasikan sebagai tanah penutup (*soil*), lapisan kedua dengan nilai suseptibilitas 0.0064 cgs emu diinterpretasikan sebagai formasi batuan andesit Gunung Api Buring dan Tengger, dan batuan andesit petirtaan yang berada diantara kedua lapisan dengan nilai suseptibilitas 0.000498 cgs emu. Batuan andesit petirtaan pada kolam 1 terpendam  $\pm 2$  m, dengan ketinggian 498 m, tebal  $\pm 2$  m, dan panjang 7.14 m, kolam 2 batuan andesit petirtaan tersingkap utuh namun tererosi berada pada ketinggian 498 m, tebal  $\pm 2$  m, dan panjang  $\pm 10.43$  m, kolam 3 batuan andesit petirtaan terpendam  $\pm 1$  m, dengan ketinggian 502 m, tebal  $\pm 2$  m, dan panjang  $\pm 12.31$  m, kolam 4 batuan andesit petirtaan tersingkap utuh berada pada ketinggian 502 m, ketebalan  $\pm 2$  m, dan panjang  $\pm 5.6$  m, kolam 5 batuan andesit petirtaan tersingkap utuh berada pada ketinggian 501 m, ketebalan  $\pm 1.5$  m, dan panjang  $\pm 5.9$  m, kolam 6 batuan andesit petirtaan tersingkap utuh berada pada ketinggian 500 m, ketebalan  $\pm 1.5$  m, dan panjang  $\pm 8.14$  m, kolam 7 batuan andesit petirtaan tersingkap utuh namun tererosi berada pada ketinggian 500 m, ketebalan  $\pm 2$  m, dan panjang  $\pm 9.2$  m.

## ABSTRACT

Guntara, Moh. Aditia. 2020. Mapping of Subsurface Structuce Ngawonggo Archaeological Site in Tajinan, Malang Using Magnetic Method. Thesis. Departement of Physics, Sciences and Technology Faculty, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang.  
Supervisors: Drs. Abdul Basid, M.Si. (2) Ahmad Abtokhi, M.Pd.

---

**Keywords:** Magnetic Method, Archaeological Site, Total Magnetic anomaly, Rock Susceptibility.

Archaeological Site in the form of *Petirtaan* from the kingdom era of 10th century was found in Nanasan, Ngawonggo, Tajinan, Malang. The site hasn't been thoroughly excavated by East Java Cultural Heritage Conservation Agency (CHCA). Therefor, a geomagnetic survey was condicited by using *Proton Precision Magnetometer* (PPM). This research aims to predict the distribution and the location of *Petirtaan* andesite rocks at the Ngawonggo archaeological site based on magnetic method. Data acquisition was done on march 04<sup>rd</sup>-05<sup>th</sup> 2020 with 187x80 m length of tracks, 2 m spacing, and 610 data points were obtained. Qualitative interpretation using *Surfer 13* on the total magnetic field intensity data which have been corrected by several corrections (diurnal correction, IGRF correction, flat field correction, upward continuation with 200 m high, and reduction to pole) obtained total local magnetic anomaly are ranged from -180 nT to 360 nT. The results of quantitative interpretation with the support of quantitative data from 2D model subsurface using *Oasis Montaj* obtained two layers of formation and the *Petirtaan* andesite rock are located between them. The first layer with a susceptibility value of 0.00001 cgs emu is interpreted as soil. The second layer with a susceptibility value of 0.0064 cgs emu is interpreted as the andesite rocks formation of Buring and Tengger volcano, and *Petirtaan* andesite rocks that located between the two layers with susceptibilty value of 0.000498 cgs emu. The *Petirtaan* Andesite rocks of 1 form burried  $\pm 2$  m deep, with 498 m high,  $\pm 2$  m thick, and 7.14 m length, *Petirtaan* andesite rocks in 2 form exposed intact but erode at 498 m high,  $\pm 2$  m thick, and  $\pm 10.43$  m length, *Petirtaan* Andesite rocks of 3 form buried  $\pm 1$  m deep, with 502 m high,  $\pm 2$  m thick, and  $\pm 12.31$  m length, *Petirtaan* Andesite rocks of 4 form fully exposed at 502 m high,  $\pm 2$  m thick, and  $\pm 5.6$  m length, *Petirtaan* Andesite rocks of 5 form fully exposed at 501 m high,  $\pm 1.5$  m thick, and  $\pm 5.9$  m length, *Petirtaan* Andesite rocks of 6 form fully exposed at 5 m high,  $\pm 1.5$  m thick, and  $\pm 8.14$  m length, *Petirtaan* andesite rocks in 7 form exposed intact but erode at 500 m high,  $\pm 2$  m thick, and  $\pm 9.2$  m length.

## مستخلص البحث

غونتار، محمد أديبيا. 2020. رسم خرائط الميكل تحت سطح الأرض لموقع الأثري بيتران نغاونغ في منطقة تاجينان، مالانج ريجنسي باستخدام الطريقة المغناطيسية. رسالة الليسانس. قسم الفيزياء كلية العلوم والتكنولوجيا جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف: (1) عبد البسيط، الماجستير (2) أحمد أبوظبخي، الماجستير.

**الكلمات الرئيسية:** الأساليب المغناطيسية، والموقع الأثري، ومقارنات المجال المغناطيسي، وحساسية الصخور.

تم العثور على موقع أثري في شكل برك بيتران في عصر المملكة في القرن العاشر الميلادي في قرية ناناسان نغاونغ منطقة تاجينان، مالانج ريجنسي. ولم يتم التقييم عن الموقع بدقة من قبل وكالة الحفاظ على التراث الثقافي (BPCB) في جاوا الشرقية. ولذلك، أجريت دراسات استقصائية مغناطيسية باستخدام أدوات قياس المغناطيسية المسقعة من البروتونات *Proton Precision Magnetometer (PPM)*. تهدف هذه الدراسة إلى الاشتباه في توزيع وموقع الصخور الواديسية بيتران الموقع الأثري نغاونغ على أساس الطرق المغناطيسية. تم الحصول على البيانات في 04-03 مارس 2020 بطول مسار 187 x 80 متراً، مسافة فضائية قدرها متران، وحصلت على 610 نقاط بيانات قياس. نتائج التفسير النوعي باستخدام سيرفر 13 على مجموع البيانات كثافة المجال المغناطيسي التي تم القيام به عدة تصحيحات (تصحيح التباين اليومي، تصحيح IGRF، تحفيض الطائرة المسطحة، حتى الاستمرارية مع ارتفاع 200 متر، والحد إلى القطب) حصلت على الشذوذ المغناطيسي المحلي من -180 nT إلى 360 nT. نتائج التفسير الكمي لنماذج تحت سطح الأرض D2 باستخدام مونتاج واحدة حصلت على تشکیلات طبقية 2 والصخور بيتران وواقع تقع بين 2 طبقات. يتم تفسير الطبقة الأولى مع قيمة القابلية للتمدد emu cgs 0.00001 على أنها التربة، يتم تفسير الطبقة الثانية مع قيمة القابلية للتمدد emu cgs 0.0064 على أنها تشکیل الصخور أندیسیتی من برکانی بورینغ وتبنجر، والصخور بيتران وواقع التي هي بين طبقتين مع قيمة القابلية للتمدد من emu cgs 0.000498. صخور أندیسایت بيتران في برکة 1 مدفونة ± 2 متر، بارتفاع 498 متراً، وسمك ± 2 متر وطول 7.14 متراً، تعرض برکتان من صخور أندیسایت بيتران سلیمه ولكنها تأكلت على ارتفاع 498 متراً، وسمكها ± 2 متراً، وطولها ± 10.43 متر، تجمع من 3 صخور أندیسایت بيتران مدفونة ± 1 متر ، بارتفاع 502 متر ، وسمك ± 2 متر وطول ± 12.31 متراً ، وهي عبارة عن تجمع مكون من 4 صخور أندیسایت بيتران مکشوفة بالکامل على ارتفاع 502 متراً ، وسمكها ± 2 متراً ، وطولها ± 5.6 متراً ، تجمع 5 صخور أندیسایت بيتران مکشوفة على ارتفاع 501 متراً ، وسمكها ± 1.5 متراً ، وطولها ± 5.9 متراً ، وبرکة مكونة من 6 صخور أندیسایت بيتران مکشوفة تماماً على ارتفاع 500 متراً ، وسمكها ± 1.5 متراً ، وطولها ± 8.14 متراً ، مجموعة من 7 صخور أندیسایت بيتران مکشوفة سلیمه ولكنها تأكلت على ارتفاع 500 متراً ، وسمك ± 2 متراً ، وطول ± 9.2 متراً.

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara dengan sejarah peradaban kerajaan yang tersebar luas. Kepulauan Nusantara yang dilalui oleh garis khatulistiwa merupakan kawasan tropis yang mempunyai banyak peninggalan dari masa silam. Sehingga Indonesia ialah negara kaya akan warisan budaya yang bernilai dan bersejarah.

Penemuan berupa benda-benda situs peninggalan sejarah yang tersebar luas di berbagai daerah Indonesia memiliki corak yang berbagai macam. Penemuan tersebut antara lain bercorak Hindu-Budha yang tersebar pada pulau Jawa, Sumatera, dan Bali berupa fosil, arca, candi, punden-punden berundak dsb. Peninggalan benda bersejarah pada umumnya ditemukan tanpa disengaja oleh warga yang sedang menggali tanah untuk kepentingan tertentu, yang selanjutnya akan ditindak lanjuti oleh Balai Pelestarian Cagar Budaya (BPCB) sebagai upaya pelestarian budaya. Usaha untuk menemukan situs purbakala seperti fosil, arca, candi, punden-punden berundak terus dilakukan sebagai upaya pelestarian kebudayaan zaman kuno berupa aset kekayaan bangsa akan benda-benda bersejarah.

Pada tahun 2017 ditemukan situs di Dusun Nanasan, Desa Ngawonggo, Kecamatan Tajinan, Kabupaten Malang yang ternyata adalah situs penting yang memiliki nilai istimewa. Situs tersebut diyakini sebagai kolam pemandian pada zaman kerajaan lampau, ditemukan dalam kondisi tertutup oleh rimbunan rumput dan tanah penutup diantara sungai dan saluran irigasi. Area yang ditemukan sebagai bentuk ekskavasi awal yang berupa petirtaan yang telah ditemukan dan juga

singkapan, dimana situs petirtaan ini dibatasi dengan batuan cadas yang lebih keras dari batuan cadas lainnya serta terdapat ukiran relief. Batuan dasar ini tidak dapat dipindahkan dan membentuk sebuah kolam dengan ukuran 5x6 meter dan 4x5 meter (BPCB, 2017).

Undang-undang No 11 Tahun 2010 tentang Cagar Budaya mendefinisikan cagar budaya sebagai warisan budaya bersifat kebendaan berupa Benda Cagar Budaya, Bangunan Cagar Budaya, Struktur Cagar Budaya, Situs Cagar Budaya, dan Kawasan Cagar Budaya di darat dan/atau di air yang perlu dilestarikan keberadaannya karena memiliki nilai penting bagi sejarah, ilmu pengetahuan, pendidikan, agama, dan/atau kebudayaan melalui proses penetapan (Pasal 1). Istilah warisan budaya (*cultural heritage*) yang disebabkan dalam definisi di atas mengacu pada sumber daya budaya yang dianggap sangat penting dan perlu dilestarikan untuk generasi mendatang. Menurut Howard (2002) segala sesuatu yang orang harapkan dapat dilestarikan atau dikoleksi untuk kemudian diberikan kepada generasi yang akan datang adalah warisan (*heritage*).

Menurut BP3 Trowulan perlu dilakukan ekskavasi lebih lanjut dikarenakan sebelah barat masih terdapat petirtaan dengan air yang masih mengalir dan diduga berfungsi sebagai saluran irigasi. Sebelah selatan yang merupakan dataran lebih tinggi dari situs Ngawonggo ini merupakan sumber air dan mengalirkan sumber air ke situs petirtaan dengan model berundak di sepanjang tebing sungai manten. Diperkirakan luasan situs petirtaan ini lebih dari 70x250 meter memanjang sepanjang tebing. Hal ini diperkuat dengan ditemukannya perkakas kuno seperti tembikar, dimana sungai erat kaitannya dengan pola kehidupan masyarakat zaman dahulu.

Pada dasarnya sumber daya budaya selalu menempati ruang tertentu, sehingga mau tak mau akan bersinggungan dengan berbagai aktivitas atau kebutuhan ruang lain yang ada di sekitarnya. Telah lama disadari bahwa ketersediaan ruang itu terbatas, sedangkan kebutuhan akan ruang terus saja meningkat. Oleh karena itu ruang harus dikelola supaya dapat dimanfaatkan secara optimal. Tujuannya adalah agar pemanfaatan ruang menjadi efisien, menghindari terjadinya penurunan kualitas ruang, serta untuk menjaga keseimbangan ruang. Untuk mencapai tujuan pengeloaan ruang itu, maka perlu dilakukan suatu penataan ruang dalam hal ini adalah pemetaan situs dengan metode geofisika.

Bumi dan isinya merupakan sebuah ciptaan Allah SWT untuk dikelola manusia dalam mengembang dan realisasi misi kekhilafahan di muka bumi. Tanpa pemahaman yang memadai, manusia akan mudah terperosok dalam tindakan yang merusak keseimbangan bumi dan alam secara keseluruhan. Hal ini tertuang dalam Al-Qur'an surat Ar-Rahman [55] ayat 33 sebagaimana berikut:

يَعْشَرَ الْجِنِّينَ إِنِّي أُسْتَطَعُمُ أَنْ تَنْفُذُوا مِنْ أَقْطَارِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ فَانْفُذُوا لَا تَنْفُذُونَ  
إِلَّا بِسُلْطَنٍ ﴿٣٣﴾

*“Hai jama'ah jin dan manusia, jika kamu sanggup menembus (melintasi) penjuru langit dan bumi, maka lintasilah, kamu tidak dapat menembusnya kecuali dengan kekuatan”. (QS Al-Rahman [55]: 33)*

Dari ayat di atas, kita dapat memahami bahwa kekuatan yang dimaksud adalah ilmu pengetahuan. Pada masa saat ini telah ditemukan berbagai pengetahuan untuk mengetahui isi dalam bumi maupun kajian ilmu luar angkasa. Salah satu ilmu tersebut bisa kita dapat dalam kajian ilmu geofisika (Purwanto, 2015).

Geofisika merupakan bagian dari ilmu bumi yang mempelajari bumi menggunakan prinsip-prinsip atau kaidah fisika. Geofisika dapat mengetahui

kondisi di bawah permukaan bumi dengan parameter-parameter fisika yang di miliki oleh batuan di dalam bumi. Survei geofisika terbagi menjadi beberapa macam metode seperti metode magnetik, geolistrik, *gravity*, *ground penetrating radar* (GPR), seismik, magnetotellurik, dll. Pada penelitian ini akan memanfaatkan metode magnetik yang dapat memberikan respon batuan target jika terdapat kontras suseptibilitas magnet batuan target yang cukup besar terhadap batuan penimbun.

Metode magnetik merupakan salah satu metode geofisika yang didasarkan pada pengukuran variasi intensitas medan magnet diperlakuan bumi. Metode magnet umumnya digunakan untuk mengetahui sifat magnetik batuan, serta untuk mengetahui struktur geologi bawah permukaan berdasarkan anomali medan magnetik.

Survei metode magnetik untuk pemetaan arkeologi pernah dilakukan oleh Yanis (2015) menunjukkan bahwa Kawasan arkeologi bekas Kesultanan Lamuri Aceh Besar menggunakan metode magnetik dapat dipetakan kembali berdasarkan pola-pola kelurusan kontur anomali medan magnetik pada area penelitian. Hasil penelitian ini menunjukkan sisa-sisa bangunan benteng Kuta Lubok yang telah terkubur di bawah permukaan dengan mengkaji sinyal analitik anomali medan magnetik total sebagai acuan interpretasinya.

Hasibuan, dkk (2017) dalam jurnalnya menunjukkan bahwa penyebaran struktur pelapis Lobu Tua menggunakan metode geomagnet menyebar secara vertikal dan horizontal. Anomali magnetik dengan metode geomagnetik memiliki nilai terendah -122.34 nT dengan nilai tertinggi mencapai -100.34 nT, dan nilai suseptibilitas 0.77; 0.87; 0.91 dimana model anomali permukaan didominasi oleh batuan alluvium sesuai dengan peta geologi.

Berdasarkan latar belakang dan penelitian yang pernah dilakukan diharapkan penelitian dengan judul “Pemetaan Struktur Bawah Permukaan Situs Arkeologi Petirtaan Ngawonggo Kecamatan Tajinan, Kabupaten Malang Menggunakan Metode Magnetik” dapat menduga sebaran dan posisi di bawah permukaan situs arkeologi petirtaan dengan metode magnetik pada area penelitian tersebut.

### **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana struktur di bawah permukaan situs arkeologi petirtaan menggunakan metode magnetik pada area penelitian?
2. Bagaimana pendugaan sebaran dan posisi batuan andesit petirtaan di bawah permukaan situs arkeologi petirtaan menggunakan metode magnetik pada area penelitian?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

1. Untuk mengetahui struktur di bawah permukaan situs arkeologi petirtaan menggunakan metode magnetik pada area penelitian.
2. Untuk mengetahui pendugaan sebaran dan posisi batuan andesit petirtaan di bawah permukaan situs arkeologi petirtaan menggunakan metode magnetik pada area penelitian.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

1. Bagi Penulis
  - a. Meningkatkan pengetahuan tentang penggunaan alat magnetometer.
  - b. Meningkatkan pengetahuan tentang teknik dan aplikasi metode magnetik.
  - c. Meningkatkan pengetahuan tentang struktur bawah permukaan situs arkeologi di lokasi penelitian.

- d. sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya terkait dengan informasi struktur bawah permukaan situs arkeologi di wilayah penelitian.
2. Bagi *Stakeholder*
- a. Hasil penelitian ini dapat memberikan informasi kepada *stakeholder*, mengenai pendugaan struktur bawah permukaan pada lokasi penelitian.
  - b. Menjadi masukan untuk mengoptimalkan proses ekskavasi situs arkeologi sebagai sumber budaya yang dilindungi sesuai dengan Undang-undang Republik Indonesia Nomor 11 Tahun 2010 tentang Cagar Budaya dan Tap MPR Nomor: IV/MPR/1978 tentang Garis Besar Haluan Negara (GBHN), khususnya di bidang kebudayaan.

### 1.5 Batasan Masalah

1. Penelitian ini dilakukan di Dusun Nanasan, Desa Ngawonggo, Kecamatan Tajinan, Kabupaten Malang pada koordinat  $8^{\circ} 4'50.12''$  LS dan  $112^{\circ}42'11.84''$  BT sampai  $8^{\circ} 4'47.06''$  LS dan  $112^{\circ}42'15.98''$  BT dengan luas area pada daerah penelitian yaitu  $\pm 187 \times 80$  meter.
2. Penelitian ini menggunakan metode magnetik dengan alat magnetometer PPM (*Proton Precission Magnetometer*).

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Kondisi Geologi Kabupaten Malang

Kabupaten Malang terletak pada wilayah dataran tinggi, dengan koordinat  $112^{\circ} 17' 10.9''$  -  $112^{\circ} 57' 0.0''$  Bujur Timur dan  $7^{\circ} 44' 55.11''$  -  $8^{\circ} 26' 35.45''$  Lintang Selatan. Luas wilayah Kabupaten Malang adalah 334787 Ha, terdiri dari 33 Kecamatan yang tersebar pada wilayah perkotaan dan pedesaan. Kabupaten Malang terletak antara 0-2000 mdpl. Wilayah datar sebagian besar terletak di Kecamatan Bululawang, Gondanglegi, Tajinan, Turen, Kepanjen, Pagelaran Pakisaji, serta sebagian Kecamatan Singosari, Lawang, Karangploso, Dau, Pakis, Dampit, Sumberpucung, Kromengan, Pagak, Kalipare, Donomulyo, Bantur, Ngajum dan Gedangan. Wilayah bergelombang terletak di wilayah Sumbermanjing Wetan, Wagir dan Wonosari. Daerah yang terjal atau perbukitan sebagian besar terletak di Kecamatan Pujon, Ngantang, Kasembon, Poncokusumo, Jabung, Wajak, Ampelgading, dan Tirtoyudo. Sedangkan secara administrasi batas-batas wilayah Kabupaten Malang adalah sebagai berikut, sebelah utara terdapat Kabupaten Jombang, Mojokerto, dan Pasuruan, sebelah timur terdapat Kabupaten Probolinggo dan Lumajang, sebelah selatan berbatasan dengan Samudra Indonesia, dan sebelah barat berbatasan dengan Kabupaten Blitar dan Kediri.

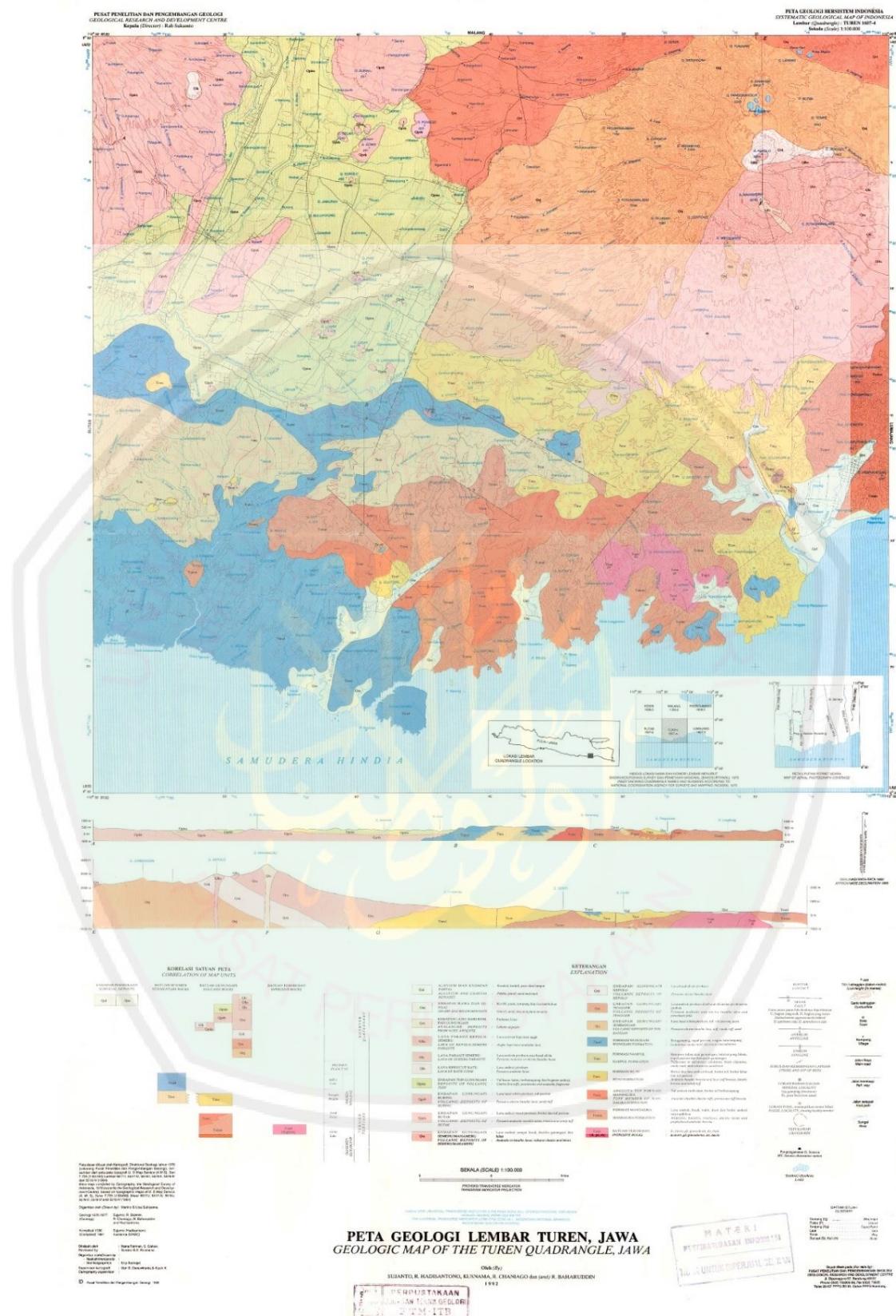
Kabupaten Malang berada di daerah pegunungan dengan kondisi topografi dipengaruhi oleh Pegunungan Tengger yang berada di sebelah timur, Gunung Kawi dan Gunung Kelud berada di sebelah barat serta Gunung Arjuna dan Gunung Welirang sebelah utara. Kabupaten Malang yang wilayahnya terletak di pinggiran topografinya dipengaruhi oleh pegunungan. Sehingga bagian tengah Kabupaten

Malang merupakan cekungan berupa lahan vulkanik. Beberapa wilayah juga merupakan daerah aliran Sungai Brantas yang memiliki bentuk lahan fluvio marin, sedangkan Malang bagian selatan adalah daerah *karst*. Keadaan topografi tersebut dapat digambarkan melalui kelerengan beberapa wilayah, diantaranya adalah:

1. Kecamatan Tajinan, Turen, Bululawang, Gondanglegi, Pakisaji, Kepanjen dan Pagelaran dengan luas 52607.78 Ha (15.71%) dari luas Kabupaten Malang seluruhnya, merupakan wilayah yang memiliki kelerengan 0-2%.
2. Kecamatan Lawang, Singosari, Dau, Karangploso, Pakis, Sumberpucung, Kromengan, Dampit, Pagak, Bantur, Ngajum, Gedangan, Kalipare, dan Donomulyo dengan luas 119030.8 Ha atau 35.56% dari luas Kabupaten Malang seluruhnya, merupakan wilayah dengan kemiringan 2-15%.
3. Kecamatan Wagir, Sumbermanjing Wetan, dan Wonosari dengan luas 73110.72 Ha atau 21.84% dari seluruh luas Kabupaten Malang, memiliki kelerengan antara 15-40%.

Kecamatan-kecamatan pada kelerengan >40% meliputi Kecamatan Pujon, Ngantang, Tirtoyudo, Wajak, Ampelgading, Kasembon, Poncokusumo dan Jabung. Daerah yang memiliki kelerengan ini adalah daerah yang harus di hutankan karena memiliki fungsi sebagai perlindungan terhadap tanah, air dan menjaga ekosistem lingkungan hidup. Daerah dengan kelerengan di atas 40%, wilayah Kabupaten Malang meliputi area seluas 90037.7 Ha atau 26.89% dari seluruh luas Kabupaten Malang.

Berikut adalah peta geologi dari Kabupaten Malang berdasarkan riset pusat penelitian dan pengembangan geologi bagian Turen yang di dalamnya termasuk daerah Pakis.



Gambar 2.1 Peta Geologi Kabupaten Malang (Santoso dan Suwarti, 1992)

## 2.2 Petirtaan Ngawonggo



Gambar 2.2 Singkapan Situs Petirtaan Ngawonggo

Daerah Malang merupakan daerah yang terkenal sebagai daerah dengan banyak peninggalan bersejarah, terbukti dengan adanya peninggalan Kerajaan Singosari yang terletak di Kecamatan Singosari berupa candi, prasasti, dan lain sebagainya. Hampir seluruh wilayah Malang mulai dari Lawang sampai Malang selatan banyak terdapat situs peninggalan bersejarah seperti candi maupun petirtaan. Salah satunya adalah Petirtaan situs Ngawongo yang terletak di Dusun Nanasan, Desa Ngawonggo, Kecamatan Tajinan, Kabupaten Malang. Keberadaan situs Ngawongo pertama kali ditemukan oleh warga desa Nanasan sekitar tahun 2017. Berdasarkan pengamatan sejarawan diperkirakan situs Ngawonggo sudah ada sejak abad 10 masehi diperkuat eksistensinya pada prasasti wurandungan tertulis rabu wage 7 November 944 M pada masa Kerajaan Medang pemerintahan Mpu Sindok. Prasasti tersebut tertulis kata kaswangga sebagai desa yang menjadi sarana

kedewaguruan pada masa itu. Sedangkan pada prasasti selabradja disebutkan terdapat lima kahyangan kedewaguruan yang tersebar (BPCB, 2017).

Situs Ngawonggo dikatakan sebagai situs yang istimewa oleh sejarawan karena posisi situs yang mengikuti bentuk dari tebing Sungai manten. Sungai erat kaitannya dengan pola kehidupan masyarakat pada zaman dahulu, sehingga di daerah sekitar situs banyak ditemukan arca, relief batuan andesit petirtaan, dan perkakas kuno. Letak situs yang dekat dengan Sungai dan didukung adanya temuan pahatan arca dewa Shiwa, Wishnu, Ganesha, dan beberapa simbol suci lainnya. Dapat dikatakan jika petirtaan ini dahulunya adalah petirtaan yang disucikan. Menurut Dwi Cahyono sejarawan UM mengatakan jika berdasarkan letak geografisnya situs Ngawonggo berada di jalur purba yang menghubungkan antara daerah Tumpang dan Turryan (Turen) sehingga daerah sekitar situs yang dulunya bernama Desa Kaswangga dikatakan sebagai desa yang sudah maju pada jamannya.

Situs yang terpendam di wilayah Indonesia memiliki nilai sejarah yang unik dengan berbagai macam kepercayaan dan paling banyak adalah Hindu-Budha. Menurut Tim BPCB Jawa Timur situs Ngawonggo adalah situs peninggalan agama Hindu, dimana Menurut Ardika dkk., (2013) dalam konteks peribadatan agama Hindu, air merupakan faktor yang sangat penting dalam suatu peradaban seperti lahan. Dalam kitab *Manasar Silpasastastra* menjelaskan bahwa letak bangunan kuil harus berdekatan dengan air, karena air memiliki potensi untuk membersihkan, menyucikan, dan menyuburkan. Dalam kitab tersebut juga disebutkan agar menghindari suatu bidang lahan tanpa air sebagai tempat berdirinya kuil karena syarat utama untuk tanda kesucian dan sebagai sarana pemujaan bangunan kuil harus berdekatan dengan sumber air (Soekmono, 1990).

Sedangkan pernyataan yang diungkapkan oleh Munardjito (2002) berdasarkan kitab *Manasara Silpasastra* dan *Silpaparakasa* dapat disimpulkan bahwa pertimbangan letak lahan dan keberadaan air memainkan peranan penting dalam proses penentuan oleh arsitek masa lalu berkenaan dengan pemilihan lokasi yang akan digunakan sebagai tempat berdirinya bangunan yang bersifat keagamaan.

### 2.2.1 Lokasi

Situs petirtaan terletak di Dusun Nanasan, Desa Ngawonggo, Kecamatan Tajinan bagian timur, Kabupaten Malang. Secara geografis Desa Ngawonggo bersebelahan dengan Desa Purwosekar yang berada di sebelah utara, Desa Pandanmulyo di bagian barat laut yang masih bagian dari wilayah Kecamatan Tajinan. Batas timur Desa Ngembal, dan batas selatan Desa Kidangbang yang sudah memasuki wilayah Kecamatan Wajak.



Gambar 2.3 Peta Lokasi Situs Ngawonggo (*Google Maps*, 2020)

### **2.2.2 Tinjauan Geologi Petirtaan Ngawonggo**

Secara umum formasi geologi yang berkembang di wilayah Kecamatan Tajinan berasal dari bahan vulkanik hasil dari aktivitas dari Gunung Api Tengger dan Gunung Api Buring. Terdapat empat formasi geologi di Kecamatan Tajinan, yakni formasi tuf Malang, formasi endapan Gunung Api Buring, formasi batuan Gunung Api Tengger disebalah timur, dan formasi Gunung Api quarter bagian bawah serta Gunung Anjasmoro dan Gunung Butak dibagian barat. (BPCB, 2017).

### **2.2.3 Riwayat Penelitian Ngawonggo**

Kegiatan awal peninjauan ke situs Ngawonggo dilaksanakan pada April 2017, kondisi situs pada saat itu sebagian besar masih tertutup oleh rerumputan, semak belukar, dan tanah penutup. Badan Pelestarian Cagar Budaya (BPCB) Jawa Timur telah melaksanakan ekskavasi awal berupa zonasi situs. Sistem zonasi merupakan salah satu cara untuk mengatur pembagian ruang sesuai dengan peruntukannya. Sistem zonasi cagar budaya pada dasarnya berfungsi sebagai pengendali perlindungan, pengembangan, dan pemanfaatan cagar budaya. Hal utama sebagai tujuan zonasi adalah sebagai pelindung (BPCB, 2017).

### **2.2.4 Deskripsi Bangunan Petirtaan Ngawonggo**

Berdasarkan ekskavasi awal yang telah dilakukan, secara keseluruhan situs yang ditemukan sampai saat ini struktur kolam ada 3 buah dengan ukuran panjang 8.4x2.8x1.6 meter dengan empat dinding timur, barat, utara, dan selatan. Dinding timur terdiri dari dua tingkat tidak simetris mengikuti kontur dinding tanah padas. Sedangkan pada bagian dinding yang bersinggungan dengan dinding selatan

terdapat pahatan pelipit-pelipit dan, dinding sisi utara polos tanpa relief (BPCB, 2017).

Dinding barat terdiri dari lima tingkat tidak simetris mengikuti kontur tanah padas. Bagian sudut dinding yang bersingungan dengan dinding selatan pada bagian atas terdapat ceru jalan air. Dinding selatan terdapat tiga tingkat yang tidak simetris mengikuti kontur dinding tanah padas. Pada bagian dinding terdapat beberapa pahatan relief yang saat ini kondisinya sudah terkikis, hanya tersisa satu relief yang dapat dikenali berupa pahatan manusia dengan posisi kaki terbuka kedua tangan dalam posisi terbuka ke atas, raut wajah sudah tidak terlihat jelas yang diidentifikasi sebagai Ghana. Pada bagian tingkat atas terdapat beberapa jalan air dan juga beberapa lubang yang ukuran dan jaraknya tidak sama. Sedangkan pada kolam utama berukuran  $2.96 \times 0.8 \times 0.4$  meter. Terdapat saluran pembuangan air yang mengarah ke utara yaitu arah sungai (BPCB, 2017).

Berdasarkan hasil analisis bentuk situs yang dilakukan oleh Tim BPCB Jawa Timur, petirtaan situs Ngawonggo merupakan tempat pemujaan umat agama Hindu yang menggunakan air sebagai media utamanya. Temuan petirtaan yang terdapat di tepian sungai di pulau jawa dapat dikategorikan langka dan unik, serta dapat disejajarkan dengan temuan yang terdapat di tepi Sungai Pakerisan di Pulau Bali. Daerah aliran Sungai Pakerisan merupakan suatu kawasan yang membentang dari arah utara ke selatan. Sungai berada pada celah sempit yang diapit oleh tebing-tebing curam dengan kondisi batuan berpasir kasar (padas). Diantara celah sempit sampai Sungai Pakerisan sepanjang kurang lebih 20 km terdapat peninggalan arkeologi berupa bangunan candi, pahatan candi tebing, dan ceruk pertapaan yang dipahatkan pada dinding tebing. Pendirian bangunan

keagamaan disini cenderung lebih memerhatikan konsep tirta. (Ardika dkk., 2013).

Konsep tirta menekan pada pentingnya lokasi suatu bangunan suci berdekatan dengan sumber air. Menurut konsep ini, lokasi yang baik untuk bangunan keagamaan adalah dekat dengan air. Oleh karenanya pendirian bangunan keagamaan yang ditemukan di sepanjang aliran Sungai Pakerisan telah memerhatikan konsep tirta karena air berfungsi untuk menyucikan, membersihkan atau melebur segala kotoran sekaligus lambang kesuburan. Arsitektur pahatan candi daerah aliran Sungai Pakerisan merupakan hal khusus dan istimewa yang menjadi ciri khas yang tidak ditemukan di tempat lain di Indonesia. Ciri khas tersebut seperti pengaruh yang langsung dibawa dari India, karena kuil yang seperti ini ditemukan sepanjang goa Ellora dan Ajanta di India (Kramrisch, 1946).

### 2.3 Teori Magnet

Magnet adalah benda yang dapat menarik benda tertentu misalnya besi atau baja dan memiliki dua bagian yang memiliki daya tarik terbesar pada ujungnya. Sehingga magnet dianggap memiliki dua buah kutub yaitu kutub utara dan kutub selatan. Dasar dari metode magnetik adalah gaya *coloumb* antara dua kutub magnetik  $p_1$  dan  $p_2$  yang terpisah sejauh  $r$ . Sehingga besarnya gaya magnetik dapat dirumuskan:

$$\vec{F} = \left( \frac{p_1 p_2}{\mu r^2} \right) \vec{r} \quad (2.1)$$

Dimana  $\vec{F}$  adalah gaya magnetik (Newton),  $1 \text{ Newton} = 10^{-5} \text{ dyne}$ ,  $p_1$  dan  $p_2$  adalah kuat kutub magnetik ( $\text{A.m}$ ),  $\mu$  adalah permeabilitas magnetik ( $4\pi \times 10^{-7} \text{ W/A.m}$ ),  $r$  adalah jarak kedua kutub, dan  $\vec{r}$  adalah vektor satuan yang berarah dari  $p_1$  ke  $p_2$  (Telford *et al.*, 1990).

### 2.3.1 Kuat Medan Magnet

Kuat medan ( $\vec{H}$ ) adalah besarnya medan magnet pada satu titik dalam ruangan yang timbul akibat adanya kuat kutub magnet yang berada sejauh  $r$  dari titik  $p$ . Kuat medan magnet ( $\vec{H}$ ) didefinisikan sebagai gaya persatuan kuat kutub magnet, dapat dirumuskan:

$$\vec{H} = \frac{\vec{F}}{p_2} = \frac{p_1}{\mu r^2} \vec{r} \quad (2.2)$$

Dimana  $r$  adalah jarak titik pengukuran dari  $p$ . Diasumsikan  $p_2$  jauh lebih besar dari  $p_1$  sehingga  $p_2$  tidak menimbulkan gangguan terhadap medan  $\vec{H}$  pada titik pengukuran. Satuan medan magnet dalam SI adalah Ampere/meter ( $\text{A/m}$ ), sedangkan dalam cgs adalah oersted, dimana  $1 \text{ oersted} = 1 \text{ dyne/unit kutub}$  (Sarkowi, 2010).

### 2.3.2 Momen Magnetik

Momen magnetik didefinisikan sebagai dua buah kutub magnet yang berlawanan arah dan selalu berpasangan atau disebut dipole (kutub positif dan kutub negatif), yang dipisahkan oleh jarak ( $\ell$ ), dapat dirumuskan (Perdana *et al.*, 2013):

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

$\vec{M}$  merupakan sebuah vektor pada arah vektor unit  $\hat{r}$  berarah dari kutub negatif menuju kutub positif. Arah momen magnetik dari atom material non-magnetik adalah tidak beraturan sehingga momen magnetik resultannya menjadi nol. Sebaliknya, di dalam material yang bersifat magnet atom–atom material tersebut teratur sehingga momen magnetik resultannya tidak sama dengan nol. Momen magnetik ( $\vec{M}$ ) memiliki satuan SI ampere.meter<sup>2</sup> (A.m<sup>2</sup>).

### 2.3.3 Intensitas Medan Magnetik

Benda magnet dapat dipandang sebagai sekumpulan dari sejumlah momen-momen magnetik. Bila benda magnetik tersebut diletakkan dalam medan luar, benda tersebut menjadi termagnetisasi karena induksi. Oleh karena itu, intensitas kemagnetan ( $\vec{I}$ ) adalah tingkat kemampuan menyearahnya momen-momen magnetik dalam medan luar, atau didefinisikan sebagai momen magnet persatuan volume.

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

Dimana magnetisasi dalam cgs adalah gauss atau emu.cm<sup>-3</sup> dan dalam SI adalah Am<sup>-1</sup> (Arif dan Lepong, 2016).

### 2.3.4 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):

$$B = \mu_0 (H+I) = \mu_0(1+k) H \quad (2.5)$$

dengan  $B$  adalah induksi magnetik. Satuan induksi magnetik yang digunakan dalam eksplorasi geofisika adalah satuan *gamma* dan dalam satuan SI adalah tesla (T) atau nanotesla (nT), dimana  $1 \text{ gamma} = 1 \text{ nT}$ . Sedangkan dalam satuan cgs adalah Gauss (G), dengan  $I$  adalah intensitas medan magnet ( $\text{Wb}/\text{m}^3$ ),  $H$  adalah medan magnet luar,  $k$  adalah suseptibilitas, dan  $\mu_0 = 4\pi 10^{-7}$  adalah permeabilitas magnetik pada ruang hampa.

### 2.3.5 Suseptibilitas Kemagnetan

Dalam kemagnetan dikenal suatu sifat dasar yaitu kerentanan magnet atau dapat disebut suseptibilitas magnet ( $k$ ). Besaran ( $k$ ) tidak memiliki dimensi merupakan parameter yang digunakan pada metode geomagnetik. Harga ( $k$ ) pada batuan semakin besar apabila dalam batuan tersebut dijumpai mineral-mineral yang berisfat magnetik, yang dirumuskan sebagai berikut (Arif dan Lepong, 2016):

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

Dimana:

$I$  : Intensitas medan magnet (T)

$k$  : Suseptibitas batuan (SI)

$\vec{H}$  : 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):

<b>Jenis Batuan dan Mineral</b>	<b>Suseptibilitas Magnetik (cgs emu) <math>\times 10^{-6}</math></b>	
	<b>Range</b>	<b>Average</b>
<b>Batuan Sedimen</b>		
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

<b>Batuan Metamorf</b>		
Amphibolit	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	
<b>Batuan Beku</b>		
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
<b>Mineral</b>		
Grafit	-8	
Quartz	-1	
Anidrite, Batu Kapur	-1	
Calsit	-0.6 – -1	
Batu Bara	2	

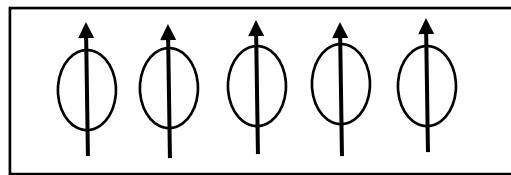
Tanah Liat	20	
Chalcopirit	32	
Sphalerit	60	
Cassiterit	90	
Siderit	100 – 310	
Pirit	4 – 420	130
Limonit	220	
Garam Batu	-1	
Arsenopirit	240	
Hematit	40 – 3000	550
Chromit	240 – 9400	600
Franklinit	36000	
Pirrhosit	100 – 50000	125000
Ilmenit	25000 – 300000	150000
Magnetit	100000 – 1600000	500000

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

### 1. Feromagnetik

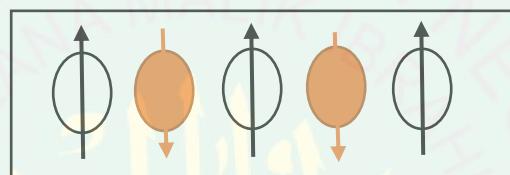
Material feromagnetik memiliki nilai suseptibilitas magnetik bermuatan positif, yaitu ( $10^2 < k < 1.6 \times 10^4$ )  $\times 10^{-6}$  emu dan bergantung pada *temperature curie* karena material-material atom mempunyai momen magnet dan interaksi antara atom terdekatnya sangat kuat. Material feromagnetik terbagi lagi menjadi tiga macam, yaitu:

- a. Ferromagnetik: material yang secara umum jarang ditemukan dalam bentuk murni. Contohnya: besi, nikel, dan kobalt.



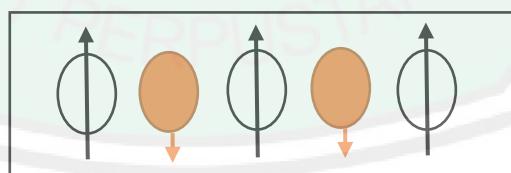
Gambar 2.4 Arah Polarisasi Ferromagnetik (Rosid,2008)

- b. Antiferromagnetik: merupakan material yang tidak umum ditemukan pada alam (*Hematite (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)*). Contohnya: Superkonduktor (*URu<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>*), 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<sub>3</sub>O<sub>4</sub>)* dan *Ilmenite (FeTiO<sub>3</sub>)*), material yang paling tua yang ditemukan adalah (*Magnetite (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)*). Contohnya: kobalt, alumunium, seng, nikel, dan mangan.

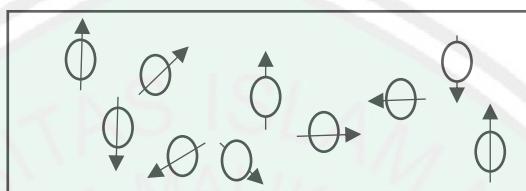


Gambar 2.6 Arah Polarisasi Ferrimagnetik (Rosid, 2008)

## 2. Paramagnetik

Material paramagnetik memiliki nilai suseptibilitas magnetiknya ( $k$ ) adalah positif dan bernilai kecil, yaitu sebesar ( $4 < k < 36000 \times 10^{-6}$  emu

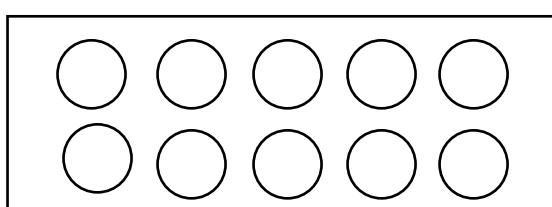
dan berbanding terbalik dengan nilai *temperature curie*. Medan magnet pada material ini hanya ada jika dipengaruhi oleh medan magnet dari luar. Jika pengaruhnya dihilangkan maka hilang pula magnetnya, dan karena ada pengaruh thermal maka gerakannya menjadi acak kembali. Contoh material paramagnetik 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 dan intensitas induksi akan berlawanan arah dengan gaya magnetnya. Semua material menunjukkan respon diamagnetik ketika material tersebut berada dalam medan magnet. Contoh material diamagnetik: marmer, kuarsa, *gypsum*, kayu, *graphite*, *rock salt*, air dan beberapa bahan organik seperti minyak, plastik, dan beberapa logam diantaranya tembaga. Jumlah elektronnya genap dan semua berpasangan, sehingga efek magnetisasinya paling kuat dalam medan polarisasi.



Gambar 2.8 Arah Polarisasi Diamagnetik (Rosid, 2008)

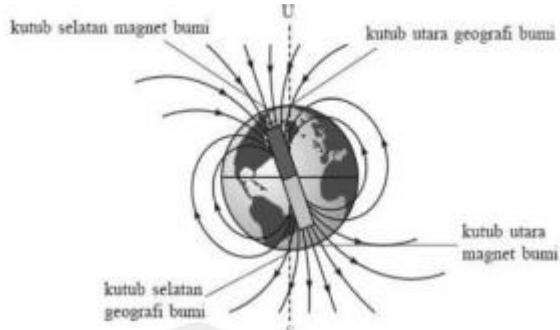
### 2.3.6 Teori Medan Magnet Bumi

Medan magnet bumi secara sederhana dapat digambarkan sebagai medan magnet besar yang ditimbulkan oleh batang magnet raksasa yang terletak dalam inti bumi. Letak kutub utara dan selatan magnet bumi tidak berimpit dengan kutub geografis. Sedangkan kuat medan magnet terbesar berasal dari dalam bumi yaitu 98% atau dikenal *internal field* dan sisanya 2% ditimbulkan dari induksi magnet batuan di kerak bumi maupun luar angkasa. Beberapa alasan bumi memiliki medan magnetik, diantaranya (Broto dan Putranto, 2011):

1. Kecepatan rotasi bumi yang tinggi
2. Proses konveksi mantel dengan inti luar bumi (bersifat kental)
3. Inti dalam (padat) yang konduktif, kandungan yang kaya besi

Medan magnet bumi adalah besaran vektor. Partikel bermuatan yang bergerak dalam medan magnet, jarum kompas, dan juga magnet permanen yang lain akan mendapatkan gaya magnet yang sebanding dengan besarnya medan magnet. Sebuah magnet diantaranya mineral magnetik, batang besi yang terinduksi magnet, atau sebuah elektromagnet yang mempunyai dua kutub yaitu kutub utara dan kutub selatan yang memiliki kutub magnet berpasangan disebut dwikutub (Tjasyono, 2006).

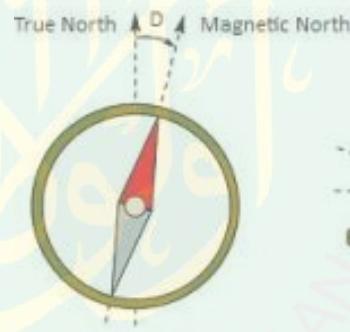
Arah pergerakan medan magnet adalah menuju permukaan bumi. Apabila berada di kutub utara maka perubahannya menjadi vertikal, yang bergerak secara *Inward*. Jika berada di *equator* maka akan berubah menjadi horizontal, yang bergerak secara *Northward*. Dan jika berada di kutub selatan maka akan berubah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



Gambar 2.9 Arah Medan Magnet Bumi (Sarkowi, 2010)

Medan magnet bumi terkarakterisasi oleh parameter fisis atau disebut juga elemen medan magnet bumi, yang dapat diukur yaitu meliputi arah dan intensitas kemagnetannya. Parameter fisis tersebut meliputi (Santosa dkk., 2012):

1. Deklinasi (D) yaitu sudut antara utara magnetik dengan komponen horizontal yang dihitung dari utara menuju timur



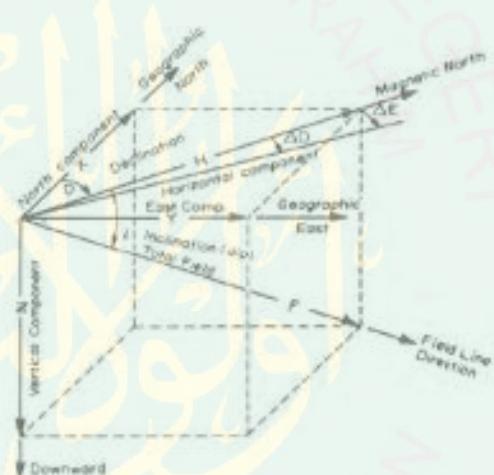
Gambar 2.10 Deklinasi (Arif dan Lepong, 2016)

2. Inklinasi (I) yaitu sudut antara medan magnetik total dengan bidang horizontal yang dihitung dari bidang horizontal menuju bidang vertikal ke bawah



Gambar 2.11 Inklinasi (Arif dan Lempong, 2016)

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 2.12 Elemen Medan Magnet Bumi  
(Telford *et al.*, 1990; dalam Santosa dkk., 2012)

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 ke bawah). 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 (Campbell, 2003: dalam Zubaidah, 2010).

### 2.3.7 Kutub Geomagnet

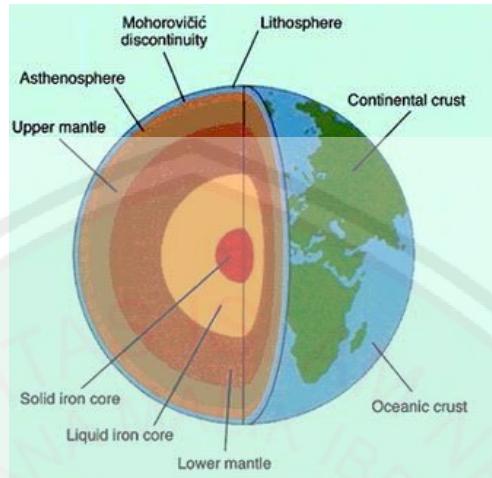
*Geomagnetical pole* (kutub geomagnetik/kutub dipole) adalah persimpangan sudut kutub geografis dari permukaan bumi dengan sumbu magnet batang hipotesis yang ditempatkan di pusat bumi dan diperkirakan sebagai bidang geomagnetik. Ada semacam kutub masing-masing di belahan bumi dan kutub disebut sebagai kutub utara geomagnetik dan kutub selatan geomagnetik. Catatan: bumi memiliki dua kutub yang sering dikenal sebagai *Geomagnetik Poles* yang merupakan kutub teoritis dimana sumbu magnet membentuk sudut  $11.5^\circ$  dengan sumbu rotasi bumi, yaitu pada (Reynold, 1997):

1. Kutub utara magnet terletak di *Canadian Artic Island* dengan lintang:  $75.5^\circ$  LU dan bujur:  $100.4^\circ$  BB
2. Kutub selatan magnet terletak di *Coast of Antarctica South of Tasmania* dengan lintang:  $66.5^\circ$  LS dan bujur:  $140^\circ$  BT

### 2.3.8 Medan Magnet Utama

Medan magnet utama dapat didefinisikan sebagai medan rata-rata hasil pengukuran dalam jangka waktu yang cukup lama mencakup luas lebih dari  $10^6$  km<sup>2</sup>. Medan magnet ini berasal dari inti bumi yang memiliki sumber magnetisasi permanen yang disebabkan oleh suatu aliran arus listrik yang keluar masuk bumi. Inti bumi mengandung nikel dan besi yang merupakan sumber konduktor yang sangat baik. Sehingga magnetik bumi diibaratkan dinamo yang berada dalam inti

bumi dengan konduktivitas tinggi dan bergerak dengan kompleks (Santosa dkk., 2012).



Gambar 2.13 Bagian dalam Bumi (Santosa dkk., 2012)

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*). Badan Asosiasi Geomagnetik Internasional dan Aeronomi (IAGA) membuat standart pada pengukuran rata-rata pada daerah luasan sekitar satu juta km<sup>2</sup> yang dilakukan dalam waktu satu tahun dan diperbarui setiap 5 tahun sekali, dimana nilai intensitas medan magnet utama bumi yaitu berkisar antar 25000 nT – 65000 nT. 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 (Zubaidah, 2010).

### **2.3.9 Medan Magnet Luar**

Medan magnet luar hanya berpengaruh sangat kecil yaitu sekitar 1% yang berasal dari luar bumi. Medan magnet luar hanya terdapat di atas permukaan bumi dan luar angkasa. Hal ini merupakan hasil ionisasi di atmosfer yang ditimbulkan oleh sinar ultraviolet dari matahari. Karena sumber medan luar ini berhubungan dengan arus listrik yang mengalir dalam lapisan terionisasi di atmosfer, maka perubahan medan ini terhadap waktu jauh lebih cepat (Santosa dkk., 2012).

Beberapa alasan terjadinya medan magnet luar dan perubahan yang lebih cepat dibandingkan medan magnet dalam bumi dikarenakan antara lain (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.

### **2.3.10 Anomali Medan Magnet**

Medan magnet anomali sering juga disebut medan magnet lokal (*crustal field*). Medan magnet ini dihasilkan oleh batuan yang mengandung mineral

bermagnet seperti *magnetite*, *titanomag-netite* dan lain-lain yang berada di kerak bumi (Santosa dkk., 2012).

Menurut Telford *et al.*, (1990), 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):

$$H_{\text{anomali}} = H_{\text{total}} - H_{\text{IGRF}} \pm H_{\text{diurnal}} \quad (2.7)$$

Dimana :

$H_{\text{anomali}}$  : Medan anomali magnetik (nT)

$H_{\text{total}}$  : Medan magnet total bumi (nT)

$H_{\text{IGRF}}$  : Medan magnet utama bumi (nT)

$H_{\text{diurnal}}$  : Medan magnet variasi harian (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 100000 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, menyebakan terbentuknya sisa kemagnetan pada batuan yang disebut dengan *Normal Residual Magnetism* (Suntoko dkk., 2012).

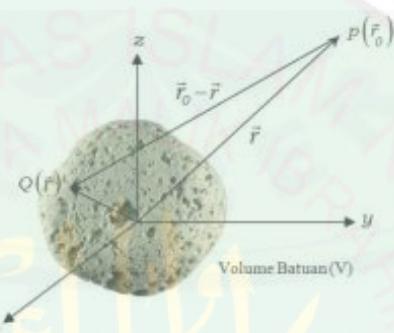
Sisa kemagnetan yang terkandung pada batuan berhubungan dengan sejarah pembentukan dari batuan tersebut, dimana sisa kemagnetannya memiliki beragam

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, yaitu (Untung, 2001):

1. Kemagnetan sisa panas tetap (*Isothermal Remanent Magnetisation*) yaitu berasal dari suhu tetap yang mendapatkan pengaruh dari medan magnet luar secara sesaat.
2. Kemagnetan sisa panas (*Thermoremanent magnetisation*) yaitu berasal dari pendinginan batuan beku dari panas tinggi.
3. Kemagnetan sisa deposisional (*Depositional Remanent Magnetisation*) yaitu pengendapan butir dalam suatu lembah atau cekungan yang mendapatkan pengaruh dari medan magnet bumi.
4. Kemagnetan sisa viskos (*Viscous Remanent Magnetisation*) yaitu yang berasal dari pengaruh medan magnet luar secara terus-menerus dengan temperatur yang berganti-ganti.
5. Kemagnetan sisa kimia (*Chemical Remanent Magnetisation*) yaitu rekristalisasi butir-butir mineral magnetik pada temperatur yang rendah (jauh dibawah) dari *temperature curie*.

Dalam survei dengan metode magnetik yang menjadi target dari pengukuran adalah variasi medan magnetik yang terukur di permukaan (anomali magnetik). Menurut Telford (1976) secara garis besar anomali medan magnetik disebabkan oleh medan magnetik remanen dan medan magnetik induksi. Medan magnet remanen mempunyai peranan yang besar terhadap magnetisasi batuan yaitu pada besar dan arah medan magnetiknya serta berkaitan dengan peristiwa kemagnetan

sebelumnya sehingga sangat rumit untuk diamati. Anomali yang diperoleh dari survei merupakan hasil gabungan medan magnetik remanen dan induksi, bila arah medan magnet remanen sama dengan arah medan magnet induksi maka anomalinya bertambah besar. Demikian pula sebaliknya dalam survei magnetik, efek medan remanen akan diabaikan apabila anomali medan magnetik kurang dari 25% medan magnet utama bumi (Santosa dkk., 2012).



Gambar 2.14 Anomali Magnetik pada Batuan (Telford *et al.*, 1990)

## 2.4 Metode Geomagnet

Metode geomagnet merupakan salah satu metode geofisika yang sering digunakan untuk survei pendahuluan pada eksplorasi minyak dan gas bumi. Metode ini juga sangat sukses untuk memetakan prospek-prospek arkeologi karena metode geomagnetik adalah teknik geofisika pasif yang tergantung pada kontras magnetik suatu benda dengan lingkungan sekitarnya. Metode geomagnet dilakukan berdasarkan pengukuran anomali geomagnet yang diakibatkan oleh perbedaan kontras suseptibilitas atau permeabilitas magnetik tubuh jebakan dari daerah sekelilingnya. Perbedaan permeabilitas relatif itu diakibatkan oleh perbedaan distribusi mineral ferromagnetik, paramagnetik dan diamagnetik. Target dari survei magnetik adalah variasi medan magnetik yang terukur di permukaan. Variasi medan magnet dihasilkan oleh benda magnetik yang telah terinduksi oleh medan

magnet utama bumi, sehingga benda tersebut memiliki medan magnet sendiri dan ikut mempengaruhi besar medan magnet total hasil pengukuran. Alat yang digunakan untuk mengukur anomali geomagnet yaitu magnetometer. Metode geomagnet ini sensitif terhadap perubahan vertikal, umumnya digunakan untuk mempelajari tubuh intrusi, batuan dasar, dan urat *hydrothermal* yang kaya akan mineral feromagnetik dan struktur geologi (Broto dan Putranto, 2011).

## 2.5 Koreksi-koreksi Data Magnetik

Untuk memperoleh nilai anomali medan magnetik yang diinginkan, maka dilakukan koreksi terhadap data medan magnetik total hasil pengukuran pada setiap titik lokasi atau stasiun pengukuran, yang mencakup koreksi harian, IGRF, dan topografi (Santosa dkk., 2012).

### 2.5.1 Koreksi Harian (*Diurnal Correction*)

Koreksi harian (*diurnal correction*) merupakan penyimpangan nilai medan magnet bumi akibat adanya perbedaan waktu dan efek radiasi matahari dalam satu hari. Waktu yang dimaksudkan harus mengacu atau sesuai dengan waktu pengukuran data medan magnetik di setiap titik lokasi (stasiun pengukuran) yang akan dikoreksi. Apabila nilai variasi harian negatif, maka koreksi harian dilakukan dengan cara menambahkan nilai variasi harian yang terekam pada waktu tertentu terhadap data medan magnetik yang akan dikoreksi. Sebaliknya apabila variasi harian bernilai positif, maka koreksinya dilakukan dengan cara mengurangkan nilai variasi harian yang terekam pada waktu tertentu terhadap data medan magnetik yang akan dikoreksi (Santosa dkk., 2012).

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 mengurangkan 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):

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

Dimana :

$\Delta H_{diurnal}$  : Nilai koreksi medan magnet variasi 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

### 2.5.2 Koreksi IGRF

Menurut Blakely (1995) 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 (Hadisurya dkk., 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 (Santosa dkk., 2012):

$$H_{\text{anomali}} = H_{\text{Diurnal}} - H_{\text{IGRF}} \quad (2.9)$$

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

Dimana :

$H_{\text{anomali}}$  : Anomali medan magnetik total.

$H_{\text{Diurnal}}$  : Kuat medan magnet harian.

$H_{\text{IGRF}}$  : Medan magnet utama bumi (IGRF).

$H_{\text{Total}}$  : Kuat medan magnet terukur.

$V_{\text{Diurnal}}$  : Variasi harian.

## 2.6 Transformasi Medan

### 2.6.1 Reduksi Bidang Datar

Menurut Blakely (1995) merupakan suatu proses transformasi yang digunakan untuk membawa data medan potensial hasil observasi yang masih terdistribusi di bidang yang tidak horizontal (semisal bidang topografi) ke bidang horizontal (bidang datar). Untuk mempermudah proses pengolahan dan interpretasi data magnetik, maka data anomali medan magnetik total yang masih tersebar di topografi harus direduksi atau di bawa ke bidang datar. Proses

transformasi ini mutlak dilakukan, karena proses pengolahan data berikutnya mensyaratkan input anomali medan magnetik yang terdistribusi pada bidang datar. Beberapa teknik untuk mentransformasi data anomali medan magnetik ke bidang datar, antara lain: teknik sumber ekivalen (*equivalent source*), lapisan ekivalen (*equivalent layer*) dan pendekatan deret Taylor (*Taylor series approximation*), dimana setiap teknik mempunyai kelebihan dan kekurangan (Santosa dkk., 2012).

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).

### 2.6.2 Kontinuasi Ke Atas (*Upward Continuation*)

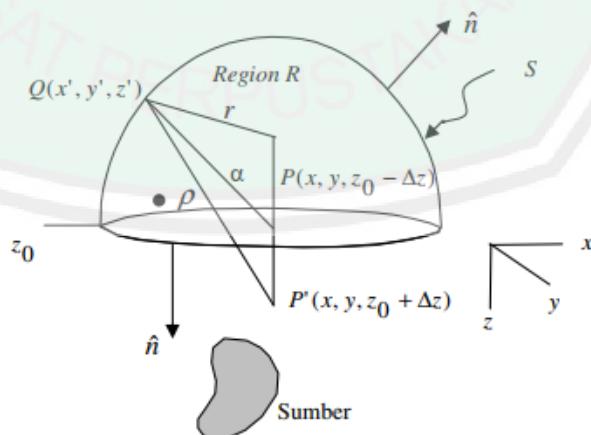
Kontinuasi ke atas atau *upward continuation* merupakan proses transformasi data medan potensial dari suatu bidang datar ke bidang datar lainnya yang lebih tinggi. Pada pengolahan data geomagnetik, proses ini dapat berfungsi sebagai filter tapis rendah, yaitu untuk menghilangkan suatu reduksi efek magnetik lokal yang berasal dari berbagai sumber benda magnetik yang tersebar di permukaan topografi yang tidak terkait dengan survei. Proses pengangkatan tidak boleh terlalu tinggi, karena ini dapat mereduksi anomali magnetik lokal

yang bersumber dari benda magnetik atau struktur geologi yang menjadi target survei magnetik ini (Santosa dkk., 2012).

Blakely (1995) menjelaskan konsep dasar pengangkatan ke atas berasal dari identifikasi tiga teorema *Green*. Teorema ini menjelaskan bahwa apabila suatu fungsi  $U$  adalah harmonik, kontinu dan mempunyai turunan yang kontinu di sepanjang daerah  $R$ , maka nilai  $U$  pada suatu titik  $P$  di dalam daerah  $R$  dapat dinyatakan (Darmawan *et al.*, 2012):

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

dengan  $S$  menunjukkan permukaan daerah  $R$ ,  $n$  menunjukkan arah normal keluar dan  $r$  adalah jarak dari titik  $P$  ke suatu titik pada permukaan  $S$ . Persamaan (2.11) menggambarkan secara dasar prinsip dari pengangkatan ke atas, dimana suatu medan potensial dapat dihitung pada setiap titik di dalam suatu daerah berdasarkan sifat medan pada permukaan yang melingkupi daerah tersebut (Darmawan dkk., 2012).

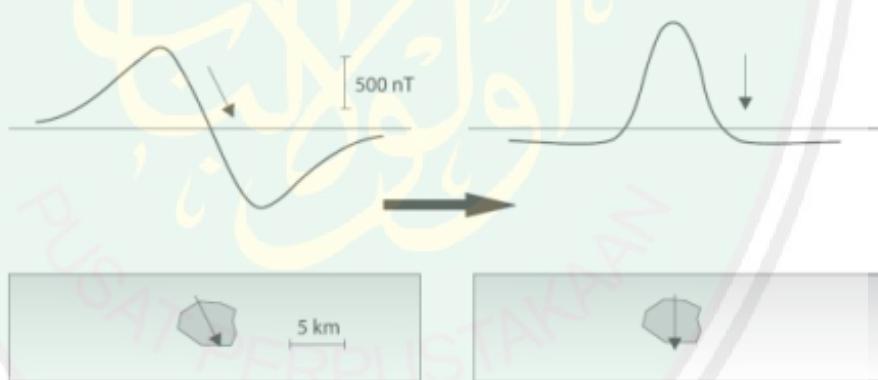


Gambar 2.15 Pengangkatan ke Atas dari Permukaan Horizontal  
(Blakely, 1995: dalam Darmawan *et al.*, 2012)

### 2.6.3 Reduksi Ke Kutub (*Reduction to Pole*)

Blakely (1995) menjelaskan reduksi ke kutub (*Reduction to Pole*) adalah salah satu 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.

Metode reduksi ke kutub (*reduction to pole*) magnetik bumi dapat mengurangi salah satu tahap yang rumit dari proses interpretasi, dimana anomali medan magnetik menunjukkan langsung posisi bendanya. Reduksi ini dilakukan dengan cara mengubah sudut inklinasi dan deklinasi menjadi  $90^\circ$  dan  $0^\circ$ . Karena pada kutub magnetik arah dari medan magnet bumi ke bawah dan arah dari induksi magnetisasinya ke bawah juga.



Gambar 2.16 Anomali Magnetik dan Anomali Hasil Reduksi ke Kutub  
(Blakely, 1995; dalam Arif dan Lepong, 2016)

Baranov dan Naudy (1964) telah menggambarkan metode transformasi ke kutub untuk menyederhanakan interpretasi data magnetik pada daerah-daerah berlintang rendah dan menengah. Metode reduksi ke kutub magnetik bumi dapat mengurangi salah tahap yang rumit dari proses interpretasi, dengan anomali

medan magnetik menunjukkan langsung posisi bendanya. Formulasi yang umum sebagai hubungan antara medan potensial ( $f$ ) dengan distribusi material sumber ( $s$ ) (Darmawan dkk., 2012):

$$f(P) = \int_R s(Q)\varphi(P, Q)d\mathbf{v} \quad (2.12)$$

Fungsi  $f(P)$  adalah medan potensial atau anomali total medan magnetik pada  $P$ , sedangkan  $s(Q)$  kuantitas fisis magnetisasi pada  $Q$  dan  $\Psi(P, Q)$  suatu fungsi Green berupa anomali total medan magnetik *dipole* tunggal yang bergantung pada geometris tempat titik observasi  $P$  dan titik distribusi sumber  $Q$ . Proses transformasi reduksi ke kutub dilakukan dengan mengubah arah magnetisasi dan medan utama dalam arah vertikal.

## 2.7 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).

Magnetometer juga banyak digunakan untuk berbagai penyelidikan, antara lain untuk penelitian bahan-bahan magnetik, keamanan penerbangan (mendeteksi barang bawaan), pemetaan medan magnet bumi, dan pengetesan kebocoran medan magnet bumi dari suatu alat penghasil lainnya (Broto dan Putranto, 2011).

Magnetometer memiliki dua jenis pengukuran yaitu magnetometer skalar dan magnetometer vektor. Magnetometer skalar merupakan magnetometer yang hanya dapat mengukur nilai suatu medan magnet tanpa mengetahui arah dari medan magnet itu sendiri. Contoh magnetometer skalar adalah *Proton Precession Magnetometer* (PPM). Magnetometer vektor merupakan magnetometer yang dapat mengukur arah dan besar medan magnet disekitarnya. Contoh magnetometer vektor adalah *Fluxgate Magnetometer* (Premono, 2015).

PPM bergantung pada pengukuran frekuensi presesi bebas proton yang telah terpolarisasi pada arah mendekati normal terhadap medan magnet bumi (Salim, 2007). Ketika medan polarisasi tiba-tiba menghilang, presesi proton di sekitar medan magnet bumi akan bersifat seperti gasing (*spinning top*). Medan bumi menyuplai gaya presesi yang sesuai dengan gravitasi seperti kasus di atas. Proton berpresesi pada kecepatan sudut  $\omega$ , atau biasa dikenal dengan frekuensi presesi larmor yang sebanding dengan medan magnet  $F$  sehingga (Telford, 1990: dalam Ghazali dan Nugroho, 2019).

$$\omega = \gamma P F \quad (2.13)$$

Konstanta  $\gamma P$  adalah rasio gyromagnetic dari proton, yaitu rasio momen magnetik terhadap momen magnetik terhadap momentum sudut spinnya. Nilai  $\gamma P = 2.6751525 \times 10^8 \text{ rad s}^{-1}\text{T}^{-1}$  dengan akurasi hingga 0.001%. Pengukuran frekuensi yang relatif mudah menyebabkan medan magnet memiliki akurasi yang sama.



Gambar 2.17 Alat *Proton Precission Magnetometer* (Wibowo, 2017)

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 di lintasan-lintasan yang telah ditentukan. Selain itu medan magnet utama bumi dihitung berdasarkan persamaan IGRF (*The International Geomagnetic Reference Field*). Dengan demikian anomali medan magnet yang diamati dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut:

$$H_{\text{anomali}} = H_{\text{total}} - H_{\text{IGRF}} \pm H_{V\text{diurnal}} \quad (2.14)$$

Dimana :

$H_{\text{anomali}}$  : Anomali magnetik total

$H_{\text{total}}$  : Medan magnet total terukur

$H_{\text{IGRF}}$  : Medan magnet teoritis berdasarkan IGRF

$H_{V\text{diurnal}}$  : Koreksi medan magnet akibat variasi harian

## 2.8 Integrasi Al-Qur'an

Ilmu geofisika merupakan ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang alam dan kebumian berdasarkan parameter fisika dan matematika. Ilmu geofisika memiliki beberapa bidang, dimana salah satunya adalah metode magnetik. Metode magnetik merupakan metode geofisika pasif yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi struktur bawah permukaan, berdasarkan sifat kemagnetan bumi. Metode magnetik salah satu kegunaannya adalah untuk memetakan seperti pemetaan situs purbakala. Situs purbakala pada masa kini masih ada keberadaanya namun, terpendam dalam lapisan bawah permukaan bumi. Untuk mengetahui pola sebaran posisi situs tersebutlah perlu dilakukan pemetaan dengan metode magnetik.

Hal ini tertuang pada Al-Qur'an surat (Ar-Rahman [55]:33:

يَعْشِرَ الْجِنِّ وَالْإِنْسِ إِنْ أُسْتَطَعْتُمْ أَنْ تَنْفُذُوا مِنْ أَقْطَارِ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ فَانْفُذُوا لَا تَنْفُذُونَ إِلَّا  
بِسُلْطَانٍ

*“Hai jama'ah jin dan manusia, jika kamu sanggup menembus (melintasi) penjuru langit dan bumi, maka lintasilah, kamu tidak dapat menembusnya kecuali dengan kekuatan”. (QS Al-Rahman [55]: 33)*

Ayat Al-Qur'an di atas dalam dimensi dunia memiliki arti bahwa manusia dan jin ditantang oleh Allah SWT untuk dapat menembus, melintasi, dan menjelajah daerah-daerah samawi (luar angkasa) dan bumi agar bisa mengambil manfaatnya dalam kehidupan (Jazairi, 2007).

Dari ayat di atas, kita dapat mengambil pemahaman bahwa kekuatan yang dimaksud adalah ilmu pengetahuan dan teknologi, dimana pada zaman sekarang kita dapat mengetahui bawah maupun atas bumi dengan ilmu kemampuan khususnya dalam bidang ilmu geofisika (Purwanto, 2015).

Situs arkeologi yang ditemukan baik dalam bentuk petirtaan, archa, dan candi merupakan batuan andesit dari gunung. Batuan gunung atau batuan beku dipakai karena sifatnya yang kokoh, sehingga banyak digunakan sebagai bahan untuk membangun pada masa lampau. Hal ini dijelaskan ada Al-Qur'an surat Asy-syu'ara [26]: 149:

وَتَنْحِتُونَ مِنْ الْجِبَالِ بُيُوتًا فَرَهِينَ

“Dan kamu pahat sebagian dari gunung-gunung untuk dijadikan rumah-rumah dengan rajin.” (Asy-syu'ara [26]: 149)

*An -Nah-tu* adalah *an-Najru* artinya memahat dan al-Baryu artinya meraut. Orang-orang terdahulu memahat gunung-gunung untuk dijadikan rumah, sehingga rumah mereka terlihat tinggi dan kokoh.

*Al-jibaali buyutan* maksudnya bahwa orang-orang terdahulu melubangi gunung untuk dijadikan tempat tinggal, selain itu orang-orang terdahulu juga mendirikan bangunan di atas gunung-gunung. Bangunan tersebut juga berasal dari bahan dari gunung yaitu batuan beku sehingga kokoh dan bertahan sampai zaman sekarang.

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian tentang pemetaan struktur bawah permukaan situs arkeologi petirtaan Ngawonggo di Dusun Nanasan, Desa Ngawonggo, Kecamatan Tajinan, Kabupaten Malang pada koordinat  $8^{\circ} 4'50.12''$  LS dan  $112^{\circ}42'11.84''$  BT sampai  $8^{\circ} 4'47.06''$  LS dan  $112^{\circ}42'15.98''$  BT dengan luas area pada daerah penelitian yaitu  $\pm 187 \times 80$  meter, yang bertujuan untuk mengetahui struktur bawah permukaan situs arkeologi petirtaan tersebut. Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 04-05 Maret 2020.



Gambar 3.1 Desain Akuisisi Data

### 3.2 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Magnetometer jenis *Proton Precession 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 (*Acquisition Data*)

Data magnetik yang digunakan dalam penelitian ini berupa data primer yang didapatkan melalui pengambilan data (akuisisi data) pada lokasi penelitian. Pengambilan data (akuisisi data) dilakukan menggunakan metode magnetik dengan dua tahap, yang pertama yaitu dengan menentukan titik-titik akuisisi data di sekitar singkapan area arkeologi petirtaan dengan pembagian spasi 2 meter pada luasan area penelitian yaitu  $\pm 187 \times 80$  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 2 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 *looping*. Metode *looping* dilakukan karena keterbatasan alat dan sumber daya manusia, sehingga satu alat digunakan sekaligus untuk mencatat variasi harian medan magnetik dan pengukuran medan magnetik di setiap titik pengukuran (Firmansyah dan Budiman, 2019).

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 *looping* 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 (Firmansyah dan Budiman, 2019).

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 di atas 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 di dalamnya.

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 Geomagnetik Reference Field*). Untuk mendapatkan nilai anomali medan magnetik total dengan menggunakan persamaan (Firmansyah dan Budiman, 2019):

$$H_{anomali} = H_{total} - H_{IGRF} \pm H_{diurnal} \quad (3.1)$$

Dengan  $H_{anomali}$  adalah anomali magnetik total,  $H_{total}$  adalah medan magnetik hasil pengukuran,  $H_{IGRF}$  adalah medan magnetik IGRF, dan  $H_{diurnal}$  adalah koreksi harian. 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 di bawah permukaan bumi atau yang terdapat di kerak bumi (Firmansyah dan Budiman, 2019).

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* (Firmansyah dan Budiman, 2019).

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, kontinuasi ke atas (pengangkatan) dan reduksi ke kutub. Serta pemodelan geologi pada daerah penelitian yang harus dicocokkan dengan informasi geologi sebagai kontrolnya.

a. Koreksi Harian

Koreksi harian (*diurnal correction*) merupakan penyimpangan nilai medan magnetik bumi akibat adanya perbedaan waktu dan efek radiasi matahari dalam satu hari. Waktu yang dimaksudkan harus mengacu atau sesuai dengan waktu pengukuran data medan magnetik di setiap titik lokasi (stasiun pengukuran) yang akan dikoreksi. Apabila nilai variasi harian negatif, maka koreksi harian dilakukan dengan cara menambahkan nilai variasi harian yang terekam pada waktu tertentu terhadap data medan magnetik yang akan dikoreksi. Sebaliknya, apabila variasi harian bernilai positif maka koreksinya dilakukan dengan cara mengurangkan 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. Untuk efek nilai medan magnet utamanya akan dihilangkan menggunakan koreksi IGRF (Santosa dkk., 2012).

b. Koreksi IGRF (*The International Geomagnetik Reference Field*)

Koreksi IGRF (*The International Geomagnetik 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 diperlukan 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 (Santosa dkk., 2012).

Koreksi IGRF dapat dilakukan dengan menggunakan kalkulasi dari NOAA yang diakses secara *online* di website [www.ngdc.noaa.gov/geomag](http://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 Excel*.

The screenshot shows the 'Calculate Magnetic Field' section of the NOAA Geomagnetic Field calculator. It includes fields for Latitude (S or N), Longitude (W or E), Elevation (GPS or Mean sea level), and a distance field set to 0 Kilometers. Model options include WMM (2014-2019), IGRF (1590-2019), and EMM (2000-2019). Date ranges can be specified for Start Date (Year 2019, Month 7, Day 9) and End Date (Year 2019, Month 7, Day 9), with a Step size of 1.0. Result format options are HTML, XML, CSV, or JSON, with HTML selected. A blue 'Calculate' button is at the bottom.

Gambar 3.2 Kolom Input pada Kalkulator IGRF  
([www.ngdc.noaa.gov/geomag](http://www.ngdc.noaa.gov/geomag), 2020)

### c. Reduksi Bidang Datar (RBD)

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 lapangan. Sehingga data magnetik harus diproses 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 ekivalen (*equivalent source*), lapisan ekivalen (*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 pemukaan lokasi

penelitian. Proses reduksi bidang datar dilakukan menggunakan *software Matlab*.

d. Kontinuitas ke Atas (*Upward Continuation*)

Kontinuitas ke atas dilakukan dengan mentransformasikan medan potensial yang diukur di permukaan tertentu ke medan potensial pada permukaan lainnya yang jauh dari sumber. Transformasi ini memperlemah anomali-anomali sebagai fungsi panjang gelombang. Hal ini 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 (Nurdin dkk., 2017). 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*.

e. Reduksi ke Kutub

Reduksi ke kutub merupakan teknik pengolahan data dengan membuat sudut inklinasi benda menjadi  $90^\circ$  dan sudut deklinasi benda menjadi  $0^\circ$  (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*.

f. Permodelan Geologi

*Forward modeling* (permodelan ke depan) merupakan metode yang dilakukan untuk permodelan geologi yang 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 dianggap mewakili kondisi bawah permukaan (Nabighian *et al.*, 2005).

Metode *forward modeling* (pemodelan ke depan) pada data magnetik dapat dilakukan dalam bentuk 2 Dimensi (2D), hal ini dengan memanfaatkan metode Talwani. *Forward modeling* dapat dilakukan menggunakan *software Oasis Montaj* dengan menggunakan informasi parameter IGRF, inklinasi, deklinasi, dan informasi geologi daerah penelitian (Nabighian *et al.*, 2005).

Pemodelan dengan *forward modeling* ini dilakukan melalui *trial and error* sehingga nantinya diperoleh kecocokan antara profil model dengan profil data lapangan. Pemodelan bawah permukaan dilakukan dengan cara membuat analisa pada penampang anomali lokal. Penarikan garis penampang dilakukan dengan cara memperhatikan bentuk dari kontur dan pola anomalinya. Bentuk yang diperhatikan pada pemodelan ini yaitu tinggi rendahnya anomali magnetik dan kerapatan kontur agar dapat memperkirakan pola dari struktur bawah permukaan di daerah penelitian.

Dalam penentuan garis penampang harus tegak lurus dengan garis kontur agar pola struktur geologinya dapat diperkirakan dengan baik. Penampang yang telah ditarik akan melalui proses *digitize* 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

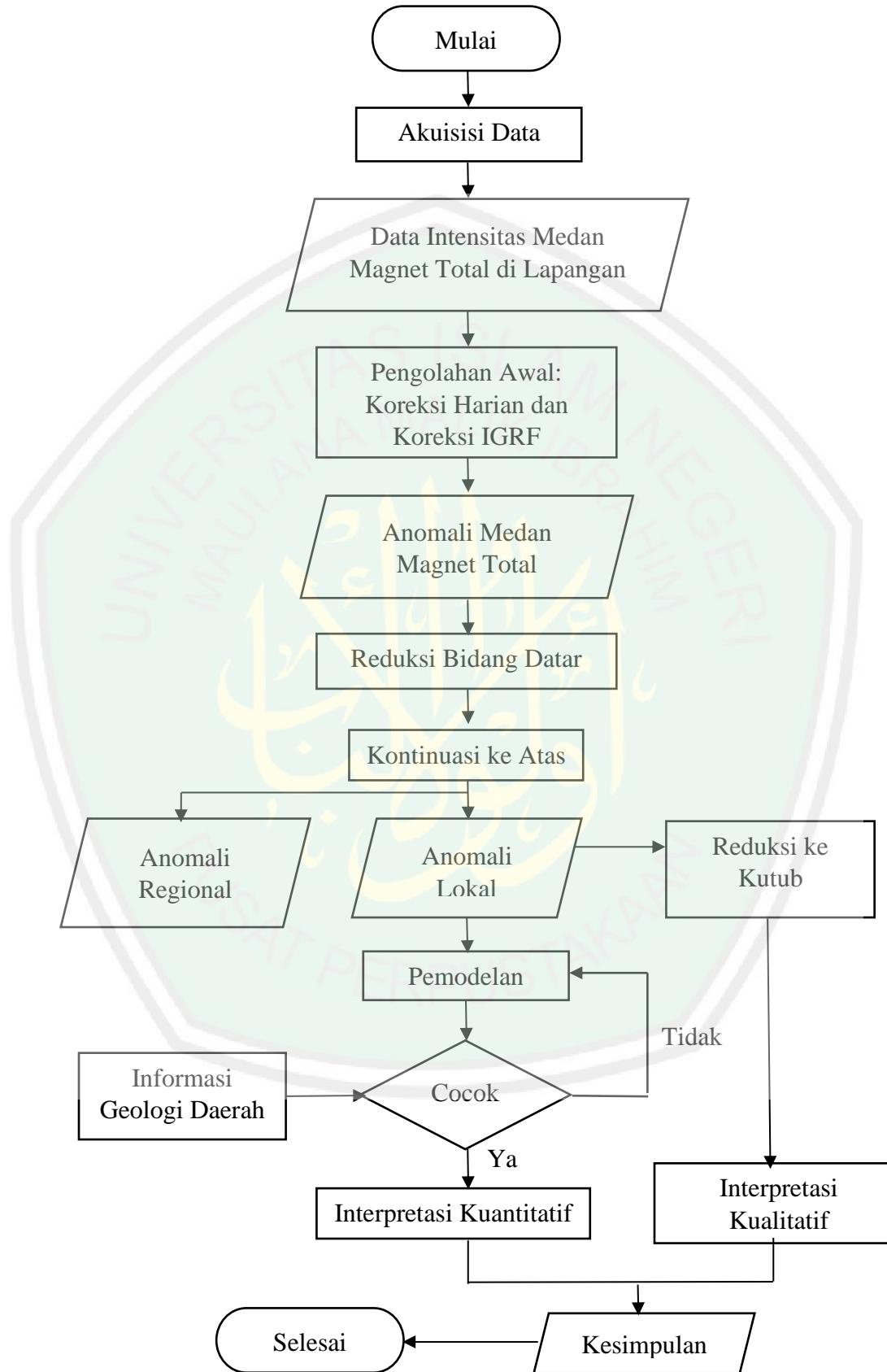
inputan pada *software Oasis Montaj* yang akan menghasilkan penampang melintang anomali. Setelah model anomali terbentuk, proses selanjutnya ialah dengan memasukkan nilai kontras suseptibilitas batuan dan ketebalan lapisan batuan tertentu sebagaimana yang terlihat pada peta geologi.

### 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 pemodelan matematis dari struktur geologi daerah penelitian. Proses interpretasi kuantitaif dilakukan dengan menggunakan *software Oasis Montaj*.

### 3.5 Diagram Alir



## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode magnetik merupakan salah satu metode eksplorasi geofisika pasif yang biasa dipakai untuk mendapatkan gambaran bawah permukaan bumi atau benda dengan karakteristik magnetik tertentu. Metode magnetik mengukur nilai intensitas medan magnet pada suatu titik pengukuran yang disebabkan oleh adanya variasi distribusi benda yang termagnetisasi dalam bawah permukaan bumi. Variasi tersebut diperoleh dari kontras sifat kemagnetan antar batuan dalam bawah permukaan bumi sehingga menimbulkan variasi medan magnet yang tidak sama yang biasa disebut anomali magnetik. Sehingga metode ini sangat cocok untuk untuk mencari keberadaan dari batuan yang bersifat magnetik beserta kedalaman dan struktur bawah permukaan pada area tersebut. Terdapat tiga tahapan dalam eksplorasi metode magnetik, diantaranya akuisisi data (pengambilan data), *processing* data (pengolahan data), dan interpretasi data dari data yang diperoleh.

### 4.1 Akuisisi Data

Alat yang digunakan dalam proses akuisisi data pada penelitian ini adalah *Proton Precision Magnetometer* (PPM) tipe G-856. Jumlah titik ukur akuisisi data adalah 610 titik, dengan tiap titik ukur dilakukan perulangan pengukuran sebanyak 3-5 kali menyebar pada area singkapan petirtaan Ngawonggo sepanjang aliran Sungai Manten dengan spasi 2 meter pada luasan area  $187 \times 80$  meter dengan batas koordinat  $8.080556^\circ$  LS -  $8.079704^\circ$  LS dan  $112.703284^\circ$  BT -  $112.705272^\circ$  BT. Data yang didapat dari proses akuisisi adalah nilai intensitas medan magnet total (nT) pada alat *Proton Precision Magnetometer* (PPM), koordinat lintang-bujur, ketinggian (elevasi), serta data waktu pengukuran pada GPS.

## 4.2 Pengolahan Data

Data yang terbaca pada alat *Proton Precission Magnetometer* (PPM) masih berupa data mentah yang nilainya masih dipengaruhi beberapa faktor yaitu medan magnet bumi secara keseluruhan (*main field*), medan magnet luar yang berasal dari atas permukaan bumi (*external field*), dan anomali medan magnet total yang dihasilkan oleh perbedaan batuan yang tidak homogen di bawah permukaan bumi, sehingga dibutuhkan koreksi untuk menghilangkan pengaruh tersebut. Tujuan akhir dari koreksi yang dilakukan untuk memperoleh nilai anomali medan magnet total pada tiap titik ukur.

Koreksi pertama yaitu koreksi harian (*diurnal correction*) berfungsi menghilangkan efek nilai medan magnet luar yang disebabkan efek eksternal pada waktu tertentu. Koreksi ini dilakukan menggunakan *software Microsoft Excel* dengan pengurangan nilai rata-rata medan magnet total pada variasi harian agar lebih efisien. Kemudian hasilnya akan di koreksi dengan nilai IGRF, nilai IGRF ini didasarkan pada nilai IGRF pada setiap daerah yang memiliki nilai berbeda-beda.

Nilai IGRF di peroleh dari lembaga penelitian yang mengumpulkan data penyebarluasan medan magnet dari seluruh dunia. Data medan magnet tersebut diperbarui setiap 5 tahun sekali. Data tersebut diperoleh dengan mengakses situs NOAA yang dirilis pada tahun 2019 dan valid sampai tahun 2024. Kalkulator atau perhitungan IGRF secara otomatis akan muncul seperti gambar 4.1 berikut:

The screenshot shows the NOAA Magnetic Field Calculators interface. At the top, there's a navigation bar with links to NOAA, NESDIS, NCEI (formerly NGDC), and Geomagnetism. Below that is a title 'Magnetic Field Calculators' with tabs for Declination, U.S. Historic Declination, Magnetic Field, and Magnetic Field Component Grid. The main content area is titled 'Magnetic Field Estimated Values'. It contains a detailed description of the calculator's purpose, mentioning the World Magnetic Model (WMM) or International Geomagnetic Reference Field (IGRF) model, and the Enhanced Magnetic Model (EMM). There are two main input sections: 'Calculate Magnetic Field' and 'Lookup Latitude / Longitude'. The 'Calculate Magnetic Field' section includes fields for Latitude (8.07967° S), Longitude (112.70412° E), Elevation (509 meters), Model selection (IGRF 1590-2024), Start Date (Year 2020, Month 3, Day 4), End Date (Year 2020, Month 3, Day 4), Step size (1.0), and Result format (HTML). A 'Calculate' button is at the bottom. The 'Lookup Latitude / Longitude' section has a text input for 'Location' and a 'Get & Add Lat / Lon' button.

Gambar 4.1 Kalkulator IGRF  
(<https://www.ngdc.noaa.gov/geomag/calculators/magcalc.shtml#igrfwmm>)

The screenshot shows a table titled 'Magnetic Field' with calculated values. The table has two sections: 'Model Used: IGRF2020' and a data table. The data table has columns for Date, Declination (+E | -W), Inclination (+D | -U), Horizontal Intensity, North Comp (+N | -S), East Comp (+E | -W), Vertical Comp (+D | -U), and Total Field. The data rows are for 2020-03-04 and Change/year.

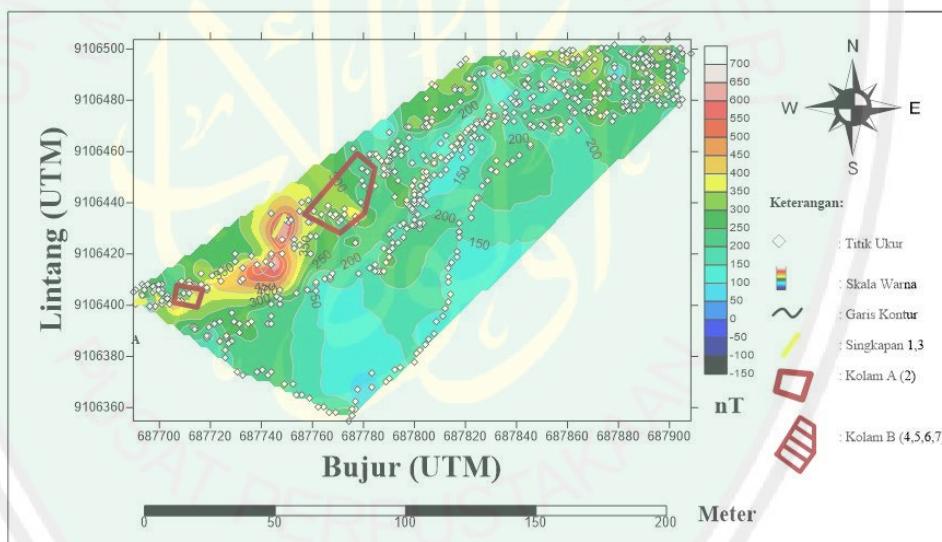
Date	Declination (+E   -W)	Inclination (+D   -U)	Horizontal Intensity	North Comp (+N   -S)	East Comp (+E   -W)	Vertical Comp (+D   -U)	Total Field
2020-03-04	0.9077°	-32.4254°	37,932.3 nT	37,927.6 nT	600.9 nT	-24,096.2 nT	44,938.7 nT
Change/year	-0.0474°/yr	0.0895°/yr	37.8 nT/yr	38.3 nT/yr	-30.8 nT/yr	59.1 nT/yr	0.2 nT/yr

Gambar 4.2 Nilai IGRF  
(<https://www.ngdc.noaa.gov/geomag/calculators/magcalc.shtml#igrfwmm>)

Gambar 4.2 merupakan nilai IGRF dari hasil web yang telah dikalkulasi dari daerah penelitian yang di ukur. Dari nilai IGRF tersebut diperoleh nilai sebesar 44.938,7 nT dengan nilai inklinasi  $-32,4254^\circ$  dan deklinasi  $0.9077^\circ$ . Nilai IGRF berfungsi untuk menghilangkan efek nilai medan magnet utama sehingga didapatkan nilai anomali medan magnet total pada area penelitian.

#### 4.2.1 Anomali Medan Magnet Total

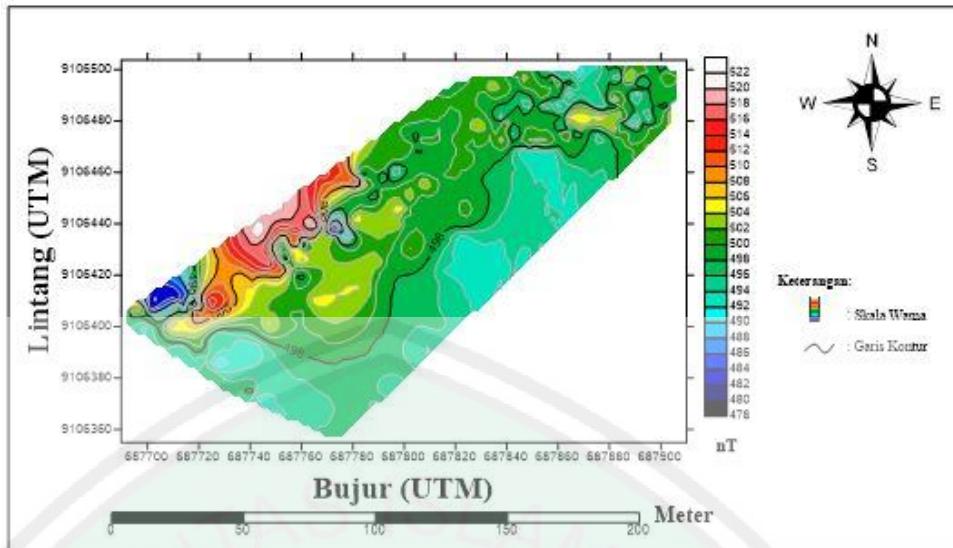
Nilai anomali medan magnet yang didapat dari beberapa koreksi sebelumnya dibuat peta kontur anomali medan magnet total dengan bantuan *software Surfer 13*. Nilai anomali medan magnet total pada peta kontur gambar 4.3 dapat diketahui yaitu berkisar antara anomali rendah -150 nT dan anomali tinggi 700 nT. Anomali rendah ditunjukkan oleh warna hitam sampai biru muda dengan rentan nilai anomali -150 nT sampai 150 nT, Anomali sedang ditunjukkan oleh warna hijau muda sampai warna kuning dengan rentan nilai anomali 200 nT sampai 400 nT dan untuk nilai anomali tinggi ditunjukkan dengan warna jingga sampai putih dengan rentan nilai anomali 400 nT sampai 700 nT.



Gambar 4.3 Kontur Anomali Medan Magnet Total

#### 4.2.2 Topografi

Topografi adalah gambaran ketinggian suatu permukaan tanah terhadap permukaan laut sebagai titik acuan. Topografi pada area penelitian pada gambar 4.4 berkisar antara 478 meter sampai dengan 522 meter.



Gambar 4.4 Kontur Topografi

### 4.3 Interpretasi Kualitatif

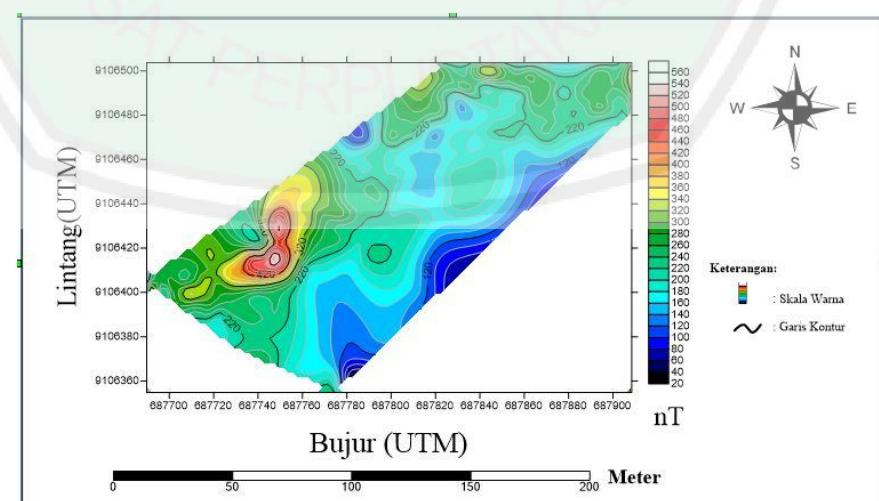
Secara umum, interpretasi dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu interpretasi kualitatif dan interpretasi kuantitatif. Interpretasi kualitatif pada pengolahan metode magnetik didasarkan pada analisa terhadap penampang pola kontur anomali medan magnet total yang berasal dari benda-benda termagnetisasi yang berada di bawah permukaan tempat penelitian. Anomali medan magnet total yang diinterpretasikan merupakan hasil dari proses transformasi reduksi bidang datar, kontinuasi ke atas, dan reduksi ke kutub.

#### 4.3.1 Reduksi Bidang Datar

Reduksi bidang datar pada pengolahan data metode magnetik dapat dilakukan ataupun diabaikan. Hal ini dilakukan apabila data anomali medan magnet total masih terdistribusi pada ketinggian topografi yang tidak rata atau ketinggian yang ekstrim, sehingga terjadi distorsi data pada nilai anomali medan magnet total (Blakely, 1995: dalam Hadisurya, 2014). Proses reduksi bidang datar dapat diabaikan apabila data anomali medan magnet total terdistribusi pada

permukaan topografi yang hampir sama atau rata, sehingga pengaruh nilai ketinggian pada nilai anomali medan magnet total hanya sebesar 0.0003 – 0.003 nT/m (Burger, 1992). Salah satu persamaan yang dapat digunakan untuk mentransformasikan data anomali medan magnet total ke bidang datar menggunakan pendekatan deret Taylor dengan bantuan *software Matlab*.

Nilai anomali medan magnet total di daerah penelitian masih terdistribusi pada permukaan topografi yang tidak rata dan ekstrim, sehingga diperlukan proses transformasi reduksi ke bidang datar. Topografi pada daerah penelitian titik terendah berada pada 478 meter dan titik tertinggi berada pada 522 meter. Hasil data anomali medan magnet total dengan topografi tersebut mempengaruhi proses interpretasi dan pemodelan data selanjutnya. Proses transformasi reduksi bidang datar ini dilakukan dengan cara membawa data ke suatu bidang permukaan dengan ketinggian yang sama (bidang datar), melalui pendekatan deret Taylor (*Taylor Series Approximation*) dengan bantuan *software Matlab*. Efek reduksi bidang datar akan mempermudah dalam proses pengolahan serta interpretasi data magnetik.



Gambar 4.5 Kontur Anomali Medan Magnet Total Setelah Reduksi ke Bidang Datar pada Ketinggian 500 meter

Pada gambar 4.5 data anomali medan magnet total dilakukan pada ketinggian rata-rata topografi 500 meter. Besar nilai anomali medan magnet total setelah di reduksi bidang datar memfokus menjadi 20 nT sampai dengan 560 nT. Pada gambar 4.5 juga dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu anomali rendah, anomali sedang, dan anomali tinggi. Anomali rendah ditunjukkan warna hitam sampai biru muda dengan nilai anomali medan magnet total berkisar antara 20 nT sampai 240 nT, untuk anomali sedang ditunjukkan oleh warna hijau sampai warna kuning dengan anomali medan magnet total berkisar antara 260 nT sampai 400 nT, dan untuk anomali tinggi ditunjukkan oleh warna jingga sampai dengan putih dengan nilai anomali medan magnet total berkisar antara 420 nT sampai 560 nT.

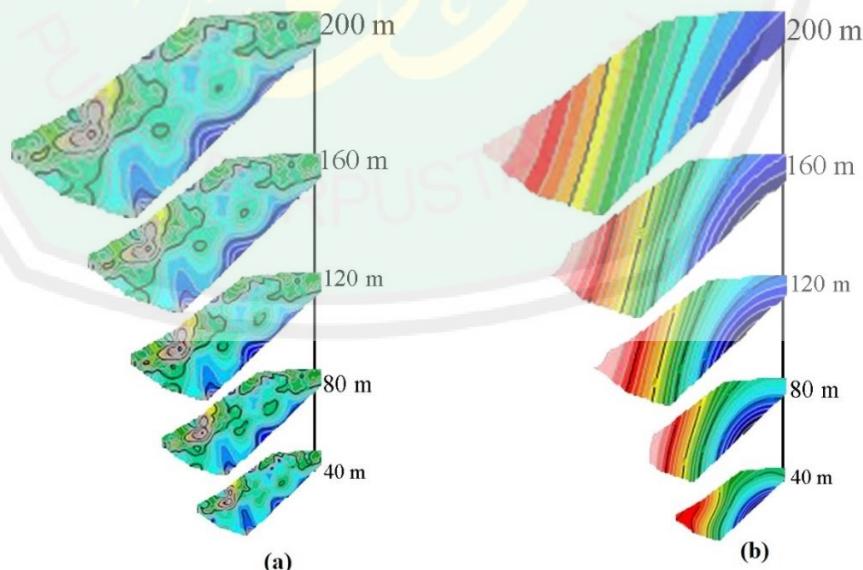
Berdasarkan data nilai anomali medan magnet total hasil reduksi bidang datar sudah dapat mempresentasikan distribusi dari nilai suseptibilitas batuan di bawah permukaan bumi. Data anomali medan magnet total hasil reduksi bidang datar ini masih gabungan dari nilai anomali regional dan nilai anomali lokal. Sehingga, perlu dilakukan proses pemisahan anomali lokal dengan regional dikarenakan anomali yang mempresentasikan anomali magnetik bawah permukaan yang bersifat dangkal di daerah penelitian terdapat pada nilai anomali lokal.

#### 4.3.2 Kontinuasi ke Atas (*upward continuation*)

Kontinuasi ke atas merupakan tahapan pengolahan data setelah dilakukannya proses reduksi bidang datar pada data anomali medan magnet total. Proses kontinuasi ke atas dilakukan untuk merubah data yang diukur pada suatu level permukaan menjadi data yang seolah-olah diukur pada level permukaan yang lebih tinggi. Proses kontinuasi ke atas merupakan filter untuk mereduksi gangguan (*noise*) di bawah permukaan yang disebabkan oleh benda-benda yang

terdapat di dekat permukaan topografi. Fungsi lain dari proses kontinuasi ke atas yaitu digunakan untuk menampakkan anomali yang disebabkan oleh sumber yang lebih dalam (efek regional) dan untuk mengurangi anomali yang disebabkan oleh sumber yang dangkal (efek lokal).

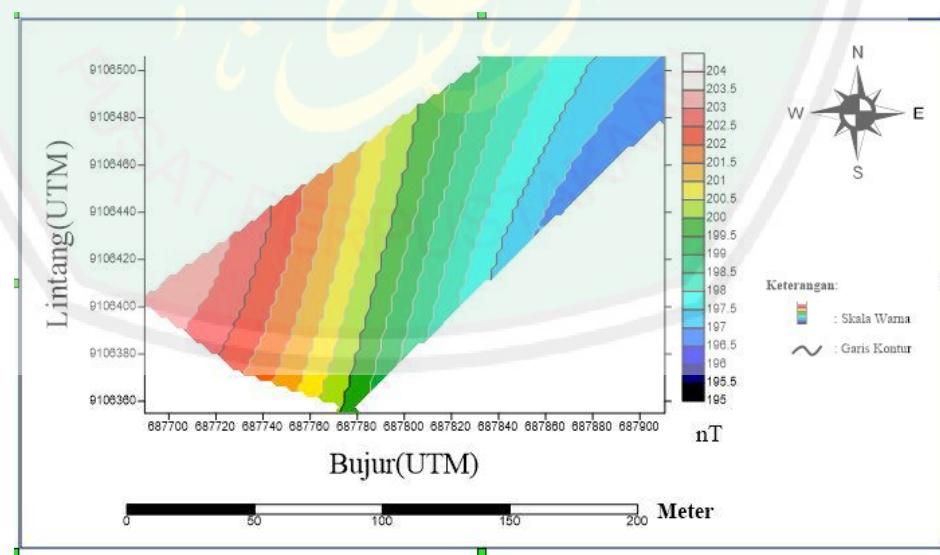
Proses kontinuasi ke atas ini dilakukan dengan cara seolah-olah menghitung data pada suatu ketinggian di atas topografi tertentu dengan bantuan *software Magpick*. Penentuan pengangkatan ketinggian tergantung dari efek yang ingin ditampilkan atau dihilangkan, mengingat target dari penelitian adalah sumber anomali dangkal didekat permukaan (batuan andesit petirtaan), maka proses pengangkatan tidak boleh dilakukan terlalu tinggi. Hal ini dikarenakan dapat menghilangkan informasi objek yang menjadi target penelitian. Pada proses kontinuasi ke atas juga tahapan untuk pemisahan anomali yaitu anomali regional dan anomali lokal. Proses ini dapat memudahkan interpretasi dan tahap pemodelan yang berdasarkan data nilai anomali lokal.



Gambar 4.6 Proses Kontinuasi ke Atas (a) Anomali Medan Magnet Lokal dan (b) Anomali Medan Magnet Regional dengan Ketinggian 40 m, 80 m, 120 m, 160 m, dan 200 m.

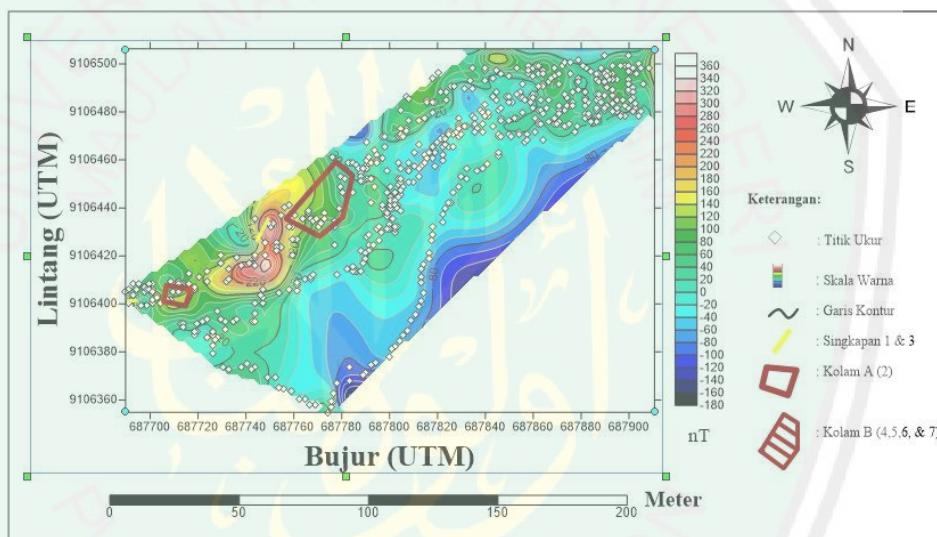
Pada penelitian ini dilakukan proses kontinuasi ke atas (Gambar 4.6) dengan pengangkatan mulai dari 40 meter, 80 meter, 120 meter, 160 meter, dan 200 meter pada data medan magnet total yang telah di reduksi bidang datar. Hal ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana perubahan pola kontur anomali medan magnet regional daerah penelitian pada tiap-tiap ketinggian kontinuasi yang diterapkan untuk mencari hasil kontur terbaik. Hasil anomali medan magnet total yang sudah melalui proses kontinuasi ke atas terdiri dari kontur anomali medan magnet regional dan kontur anomali medan magnet lokal. Gambar 4.6 menunjukkan proses kontinuasi ke atas maksimal dilakukan pada ketinggian 200 meter.

Hasil filtering pada proses kontinuasi ke atas pada ketinggian 200 meter diperoleh kontur anomali medan magnet regional yang tidak menunjukkan perubahan pola kontur secara signifikan atau maksimal. Gambar 4.7 menunjukkan hasil anomali regional dengan nilai anomali medan magnet total berkisar antara 195 nT sampai 204 nT.



Gambar 4.7 Kontur Anomali Medan Magnet Regional

Proses kontinuasi ke atas juga menghasilkan anomali medan magnet lokal yang diperoleh dari hasil pengurangan antara anomali medan magnet total dengan anomali medan magnet regional. Proses pengurangan dilakukan untuk menghilangkan pengaruh nilai anomali medan magnet regional yang dipengaruhi oleh batuan yang lebih dalam. Hasil dari kontur anomali medan magnet lokal menunjukkan nilai anomali medan magnet yang dipengaruhi oleh lapisan batuan yang dangkal di area penelitian. Kontur anomali lokal pada daerah penelitian dapat dilihat pada gambar 4.8 sebagai berikut.



Gambar 4.8 Kontur Anomali Medan Magnet Lokal

Kontur anomali medan magnet lokal (Gambar 4.8) menunjukkan sebaran yang lebih jelas dari anomali target penelitian. Hasil dari proses kontinuasi ke atas pada kontur anomali medan magnet lokal pada area penelitian menunjukkan ada tiga bagian yang dapat dibedakan yaitu anomali rendah, sedang, dan anomali tinggi. Anomali medan magnet rendah ditunjukkan oleh warna hitam sampai biru muda dengan rentang nilai anomali medan magnet -180 nT sampai 40 nT. Anomali medan magnet sedang ditunjukkan oleh warna hijau sampai kuning

dengan rentang nilai anomali medan magnet 60 nT sampai 200 nT. Sedangkan untuk anomali medan magnet tinggi ditunjukkan oleh warna jingga sampai putih dengan rentan nilai anomali medan magnet 220 nT sampai 360 nT.

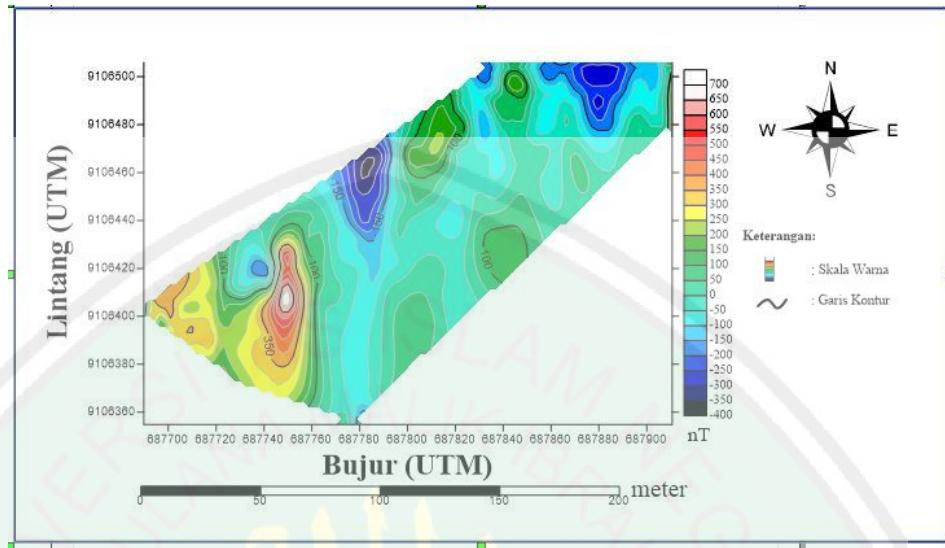
Perbedaan pola anomali medan magnet lokal menunjukkan bahwa susunan batuan pada daerah penelitian memiliki variasi. Rendah dan tingginya nilai anomali medan magnet dapat dipengaruhi oleh kedalaman batuan, posisi batuan, jenis batuan, dan nilai suseptibilitas batuan pada area penelitian. Anomali tinggi menunjukkan adanya nilai suseptibilitas batuan lebih tinggi yang diduga merupakan sebaran batuan andesit petirtaan. Sedangkan anomali rendah yang menunjukkan suseptibilitas batuan rendah diduga merupakan tanah penutup pada area penelitian.

#### 4.3.3 Reduksi ke Kutub (*Reduction to Pole*)

Reduksi ke kutub (*Reduction to Pole*) merupakan sebuah proses transformasi untuk merubah nilai anomali dalam bentuk *dipole* (bermuatan positif dan negatif) menjadi seolah-olah *monopole* (bermuatan positif). Proses reduksi ke kutub ini dibutuhkan karena kontur anomali magnetik masih dipengaruhi oleh inklinasi dan deklinasi yang bervariasi menurut posisi di permukaan bumi. Pada area penelitian sudut deklinasi yang bernilai  $0.0977^\circ$  dirubah menjadi  $0^\circ$  dan sudut inklinasi yang bernilai  $-32.4254^\circ$  dirubah menjadi  $90^\circ$ , sehingga seolah-olah pengukuran dilakukan di kutub utara magnet.

Tujuan dilakukannya reduksi ke kutub ini adalah untuk mempermudah proses interpretasi dengan cara memposisikan nilai anomali medan magnet tepat berada di atas objek (batuan atau benda magnetik) penyebab anomali magnetik sebagai target dari penelitian ini. Proses reduksi ke kutub ini dilakukan dengan

bantuan *software Mapick*. Kontur anomali lokal setelah di reduksi ke kutub dapat dilihat pada gambar 4.9:



Gambar 4.9 Kontur Anomali Lokal Hasil Reduksi ke Kutub

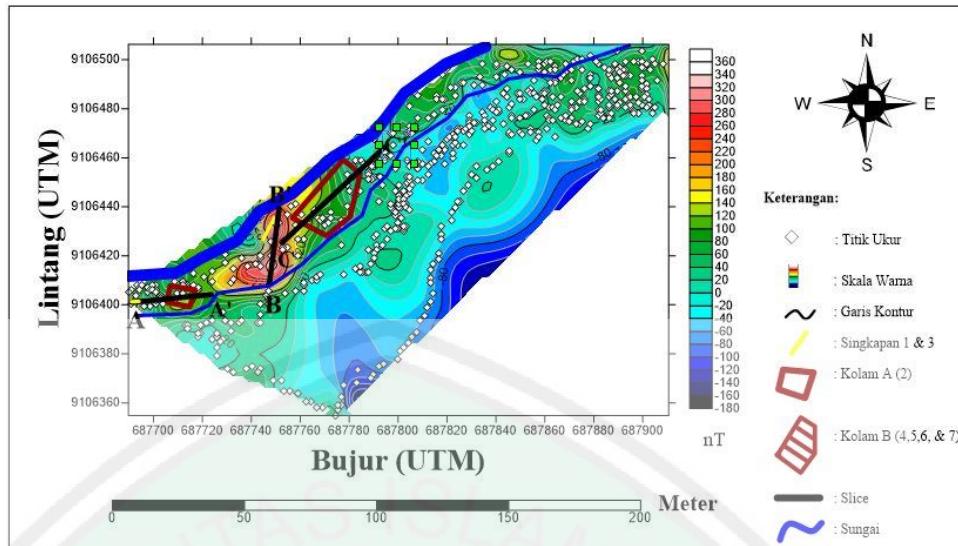
Gambar 4.9 menunjukkan nilai anomali medan magnet lokal hasil reduksi ke kutub pada area penelitian mengalami perbedaan yang signifikan apabila dibandingkan dengan nilai anomali medan magnet lokal sebelum di reduksi ke kutub. Hal ini dikarenakan reduksi ke kutub pada anomali lokal nilai medan magnetnya mengalami penguatan yang ditunjukkan oleh adanya pola klosur anomali rendah dan tinggi yang bernilai dari -400 nT sampai dengan 700 nT. Pada kontur anomali medan magnet lokal hasil reduksi ke kutub dapat diasumsikan bahwa benda yang menyebabkan anomali rendah (susceptibilitas rendah) tepat berada di bawah pola klosur negatif dan benda yang menyebabkan anomali tinggi (susceptibilitas tinggi) tepat berada dibawah pola klosur positif. Klosur anomali rendah yang ditunjukkan oleh warna biru berada pada area utara daerah penelitian pada peta, sedangkan untuk klosur anomali tinggi yang ditunjukkan oleh warna

kuning sampai putih secara masih mengumpul pada area barat daya pada daerah penelitian.

Secara kualitatif, dapat diinterpretasikan dengan bantuan adanya keberadaan singkapan petirtaan, batuan andesit petirtaan memanjang mengikuti arah aliran sungai dari barat menuju utara dengan pola klosur anomali sedang sampai tinggi dengan ditunjukkan warna kuning sampai putih. Pola anomali tersebut diduga sebagai pola yang terbentuk akibat keberadaan batuan andesit petirtaan yang memiliki nilai suseptibilitas yang lebih tinggi dari batuan yang terdapat disekitarnya.

#### 4.4 Interpretasi Kuantitatif

Interpretasi kuantitatif merupakan proses interpretasi berdasarkan hasil dari interpretasi kualitatif pada kontur anomali lokal, dan letak singkapan, sehingga dari hasil interpretasi data secara kualitatif dapat digunakan untuk menentukan pendugaan posisi anomali yang terdapat batuan andesit petirtaan. Proses interpretasi kuantitatif ini dilakukan dengan cara membuat *slice* pada area pendugaan tersebut untuk dapat menentukan kedalaman atau menggambarkan litologi bawah permukaan secara 2 dimensi (2D) dari pengukuran data magnetik. Untuk lebih jelasnya proses *slice* pada kontur anomali lokal pada area penelitian dapat dilihat pada gambar 4.10 sebagai berikut.



Gambar 4.10 Kontur Slice A-A', B-B', dan C-C' Pada Anomali Lokal

Gambar 4.10 merupakan hasil kontur anomali lokal dengan beragam *slice* yang telah ditentukan, dari hasil *slice* diperoleh data berupa jarak lintasan dan nilai anomali. Pemodelan dilakukan menggunakan bantuan *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. Pemodelan 2D ini menggunakan cara *trial and error* dengan mengubah-ubah parameter model seperti lebar, kedalaman, bentuk dari tiap formasi, dan nilai suseptibilitas batuan.

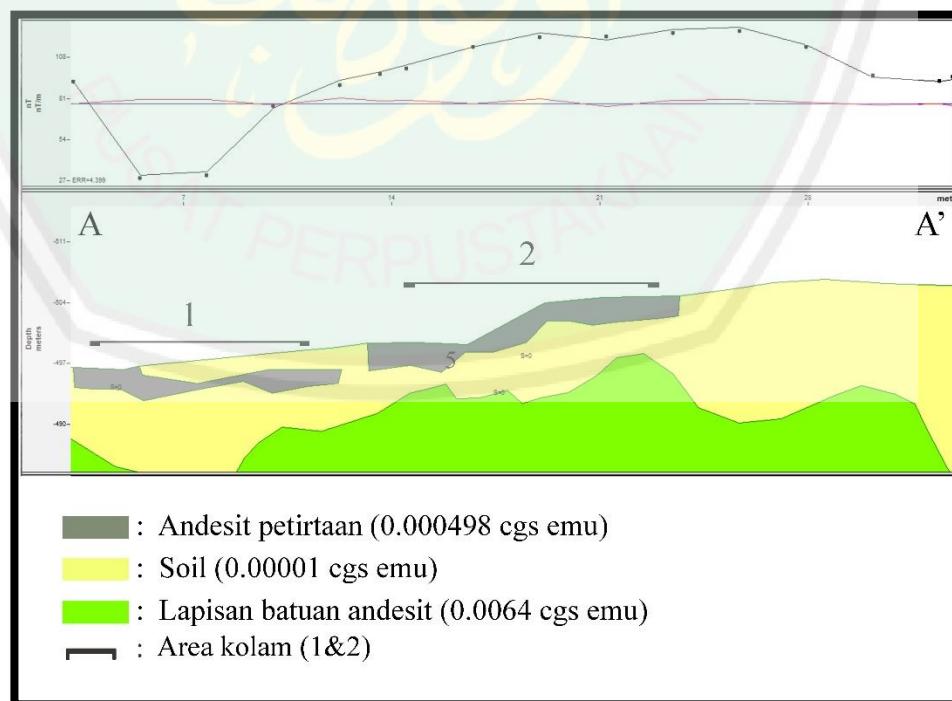
Interpretasi kuantitatif ini masih terdapat kekurangan dan ambiguitas karena bisa didapatkan beragam model yang berbeda. Untuk menghindari hal tersebut, maka diperlukan data pendukung berupa analisis kualitatif dari proses sebelumnya,

data singkapan, dan informasi geologi daerah penelitian agar model yang dihasilkan dapat menggambarkan formasi batuan daerah penelitian yang memiliki kesesuaian dengan referensi.

Data yang diinput ke dalam *Software Oasis Montaj* untuk melakukan pemodelan adalah data topografi, data anomali lokal, inklinasi ( $-32.4254^\circ$ ), deklinasi ( $0.0977^\circ$ ), dan nilai IGRF (44938.7 nT).

#### 4.4.1 Penampang *Slice A-A'*

Pemodelan 2D bawah permukaan anomali lokal pada hasil *slice A-A'* (Gambar 4.10) memotong pola anomali positif menuju negatif dan kembali ke positif yang diduga merupakan sebuah batuan beku andesit petirtaan. Penampang *slice A-A'* melintang mulai dari barat ke timur melewati dua singkapan batuan andesit petirtaan. Hasil pemodelan 2D bawah permukaan ditunjukkan pada gambar 4.11 dengan nilai error sebesar 4.399.



Gambar 4.11 Hasil Pemodelan 2D Bawah Permukaan *Slice A-A'*

Berdasarkan gambar 4.11 di atas, dapat dilihat pada model penampang *slice A-A'* terdapat dua lapisan dengan bagian permukaan terdapat singkapan batuan andesit petirtaan. Lapisan pertama (warna kuning) memiliki nilai suseptibilitas 0.000001 cgs emu dengan interpretasi lapisan soil pada kedalaman ±0-20 meter. Lapisan kedua (warna oranye) merupakan sisipan batuan beku andesit dari formasi Gunung Api Buring dan Gunung Api Tengger. Pada penampang *slice A-A'* tampilan lapisan hanya berkisar pada kedalaman ±20 meter dikarenakan petirtaan sebagai target penelitian berada pada permukaan dan tidak perlu terlalu dalam agar proses interpretasi tidak melenceng dari target yang ditentukan.

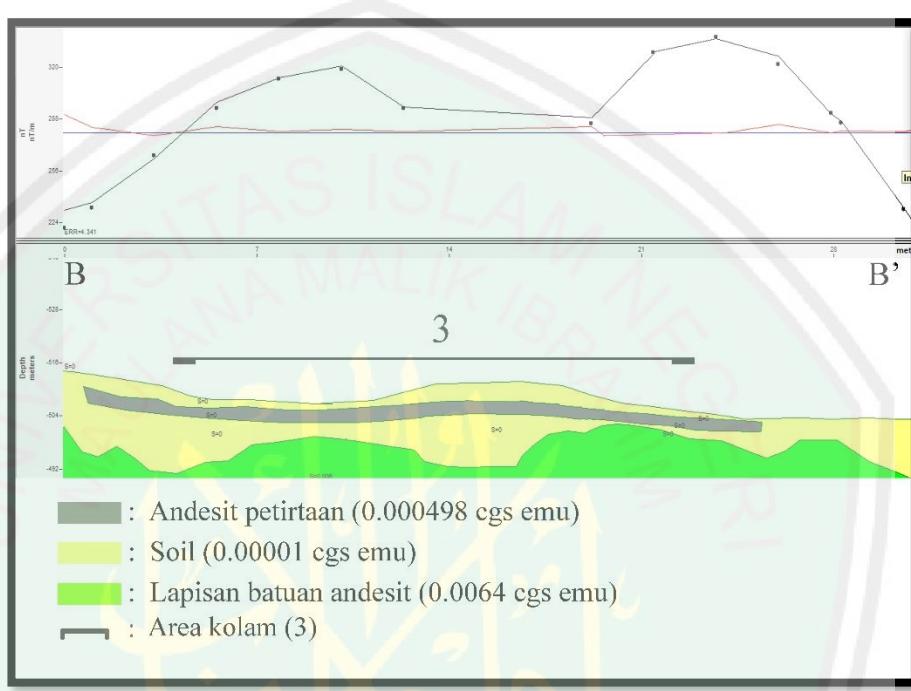
Hasil yang didapatkan pada *slice A-A'* (Gambar 4.11) kolam 1 dengan panjang singkapan 2.27 meter dengan ketebalan ±2 meter dan diduga posisi yang terpendam ±2 meter berada pada elevasi 498-496 meter dengan panjang 7.14 meter memanjang dari arah barat ke timur laut.

Kolam 2 yang letaknya juga pada penampang *slice A-A'* memiliki litologi yang sama, hanya saja kolam 2 telah tersingkap sepenuhnya ke permukaan tanah dengan panjang kolam ±10.43 meter dengan ketebalan yang hampir sama yaitu ±2 meter berada pada elevasi 499-496.5 meter. Posisi kolam 2 berada di sebelah barat area penelitian namun menghadap arah timur dari arah barat laut. Posisi kolam tersebut tepat berada sebelah aliran Sungai Manten.

#### **4.3.2 Penampang *Slice B-B'***

Pemodelan 2D bawah permukaan dari anomali lokal pada hasil *slice B-B'* memotong pola anomali positif yang tinggi. Penampang *slice B-B'* melintang dari arah selatan ke utara tepat berada di sebelah singkapan batuan andesit petirtaan. Berdasarkan hasil pemodelan 2D bawah permukaan (Gambar 4.12) Hasil pada

*slice B-B'* anomali positif memanjang  $\pm 20$  meter dengan variasi nilai anomali (217.9) nT sampai (338.7) nT. Dalam pemodelan 2D *slice B-B'* perhitungan antara kurva anomali pengamatan (*observed*) dan kurva model (*calculated*) menunjukkan *error* sebesar 4.341.



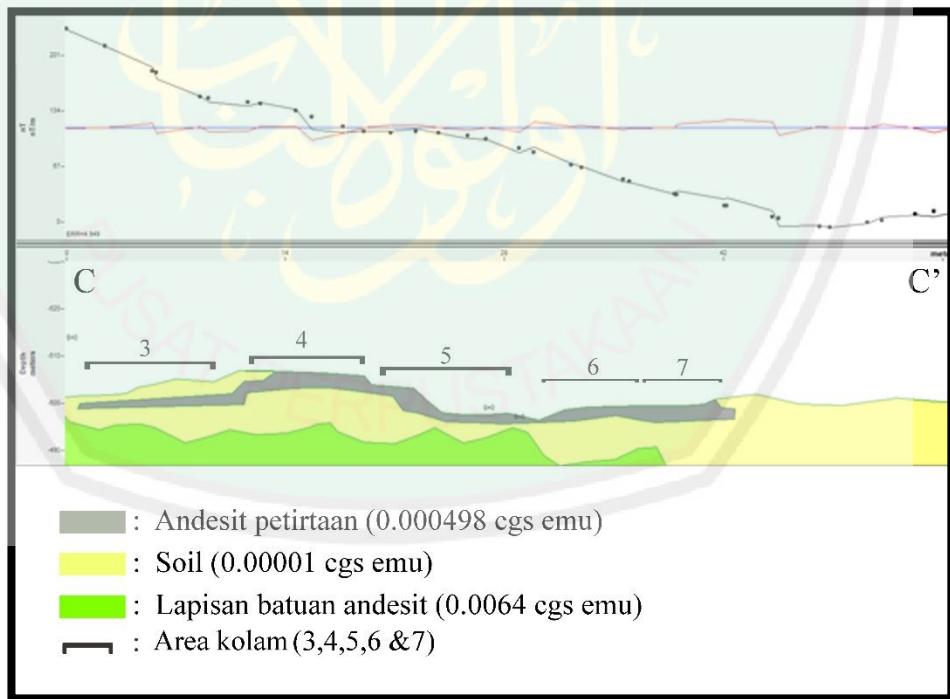
Gambar 4.12 Hasil Pemodelan 2D Bawah Permukaan *Slice B-B'*

Distribusi batuan andesit petirtaan pada *slice B-B'* mengarah dari timur ke barat daya. Kolam berbentuk persegi panjang dan *slice B-B'* yang dilakukan melewati luasan tersebut. Pemodelan 2D bawah permukaan dengan dua lapisan yaitu soil dan batuan andesit Gunung Api Buring dan Gunung Api Tengger, dimana batuan andesit petirtaan terdapat pada lapisan soil dengan ketebalan  $\pm 2$  meter dan kedalaman  $\pm 1$  meter di dalam tanah soil pada elevasi 503-502 meter. Dimana lapisan pertama soil (0.00001 cgs emu) dan lapisan kedua batuan andesit (0.0064 cgs emu) Gunung Api Buring dan Gunung Api Tengger dengan tampilan

penampang litologi  $\pm 30$  meter. Letak lokasi petirtaan untuk kolam ketiga tetap memanjang sepanjang aliran Sungai Manten.

#### 4.3.3 Penampang Slice C-C'

Pemodelan 2D bawah permukaan dari anomali lokal pada hasil *slice* C-C' memotong pola anomali positif sampai negatif. Penampang *slice* C-C' melintang dari arah barat daya ke timur laut dari kolam 3 yang berada dalam penampang B-B' menuju tepat di tengah kolam 4 sampai 7 yang telah tersingkap. Pada pemodelan 2D bawah permukaan *slice* C-C' (Gambar 4.13) jarak *slice* memanjang  $\pm 56$  meter yang terdiri dari 36 titik. Dalam pemodelan 2D *slice* C-C' perhitungan antara kurva anomali pengamatan (observed) dan kurva model (calculated) menunjukkan eror sebesar 4.949.



Gambar 4.13 Hasil Pemodelan 2D Bawah Permukaan *Slice* C-C'

Dalam pemodelan *slice* C-C' sama seperti *slice* yang lain terdapat 2 lapisan yaitu lapisan soil dan lapisan andesit batuan Gunung Api Buring dan Gunung Api Tengger, dimana lapisan soil bernilai 0.00001 cgs emu dan lapisan batuan andesitnya 0.0064 cgs emu dengan tampilan penampang  $\pm 20$  meter. Untuk batuan andesit petirtaan terdapat pada permukaan lapisan soil, dimana yang terpendam merupakan kemenerusan dari kolam petirtaan 3 dan selanjutnya untuk kolam petirtaan 4-7 tersingkap utuh di atas permukaan. Kolam petirtaan 3 terpendam sedalam  $\pm 1$  meter dengan elevasi 501-500 meter dan ketebalannya sebesar  $\pm 1$  meter. Panjang kolam petirtaan 3 yang terpendam sebesar 12.31 meter.

Seperti yang dijelaskan sebelumnya kolam petirtaan 4-7 tersingkap utuh di permukaan. Namun, besaran panjang kolam berbeda-beda dengan topografi yang tidak rata melihat topografi daerah penelitian yang merupakan lereng dan di sepanjang sungai. Untuk kolam petirtaan 4 terdapat pada elevasi 502 meter dengan ketebalan batuan andesit kolam petirtaan mencapai  $\pm 2$  meter di atas permukaan. Panjang dari kolam petirtaan 4 sepanjang  $\pm 5.6$  meter. Untuk kolam petirtaan 5 terdapat pada elevasi 501 meter dengan ketebalan batuan andesit kolam petirtaan  $\pm 1.5$  meter di atas permukaan. Panjang dari kolam petirtaan 5 sepanjang  $\pm 5.9$  meter. Kolam petirtaan 6 terdapat pada elevasi 500 meter dengan ketebalan batuan andesit kolam petirtaan  $\pm 1.5$  meter di atas permukaan. Panjang dari kolam petirtaan 6 sepanjang 8.14 meter. Kolam petirtaan 7 terdapat pada elevasi 500 meter dengan ketebalan batuan andesit petirtaan  $\pm 2$  meter di atas permukaan. Panjang dari kolam petirtaan 7 sepanjang  $\pm 9.2$  meter.

#### 4.5 Pembahasan

Berdasarkan peta geologi lembar malang daerah penelitian berada pada formasi tuf malang, formasi endapan Gunung Api Buring, dan formasi batuan Gunung Api Tengger. Sedangkan dikarenakan target penelitian hanya di lapisan permukaan maka informasi tersebut hanya sebagai acuan kualitatif dari pendugaan lapisan dibawah area penelitian. Untuk batuan tersingkap dari area penelitian diketahui bahwa petirtaan disebelah aliran sungai yang curam ( $\pm 5$  meter) sudah dapat dilihat merupakan batuan andesit dari Gunung. Pembedanya dengan batuan andesit petirtaan adalah batuan andesit petirtaan masih tertanam pada lapisan penutup (soil)  $\pm 3$  meter dengan corak ukiran dan membentuk sebuah kolam yang jelas sekali berbeda dengan andesit lapisan.

Batuan andesit sendiri digunakan sebagai petirtaan karena ciri fisiknya yang memiliki pori-pori cukup padat, kuat terhadap cuaca, dan tahan lama. Batuan andesit sendiri memang tidak sepadat batuan granit, maka dari itu andesit masih bisa dipahat untuk menunjukkan corak kerajaan tertentu. Warmada (2015) menjelaskan perbedaan batuan andesit candi dan batuan andesit lapisan. Perbedaan tersebut dikarenakan pembekuan magma yang bersifat intermediet yang telah mengalami diferensiasi terutama fraksinasi kristalisasi sehingga dapat terubah komposisinya dari magma induk yang berupa magma basalt.

Petirtaan ini berdasarkan sejarah berada pada zaman kerajaan Medang dengan Raja terdahulunya Mpu Sindok yang merupakan corak petirtaan suci umat Hindu. Sedangkan keterkaitannya corak yang sama antara konsep tirta Jawa dan Bali menurut Poesponegoro (1990) dalam sejarahnya Kerajaan Medang dimana raja terdahulunya adalah Mpu Sindok memiliki putri Isyana Tunggawijaya dan

digantikan kedudukan pada masanya. Menurut prasasti Gedangan (950 M), Ratu Isyana menikah dengan Sri Lokapala, seorang bangsawan dari Bali. Dia kemudian digantikan oleh putranya Makutawangsawardhana. Menurut prasasti Pucangan (1041), Raja Makutawangsawardhana digantikan oleh putranya Dharmawangsa Teguh. Kemudian, Dharmawangsa memindahkan ibukota ke Watan, diidentifikasi sebagai daerah Wotan dekat Madiun sekarang ini. Adik Dharmawangsa, Mahendradatta kemudian bertunangan dengan Udayana Warmadewa, Raja Bedahulu di Bali.

Keterkaitan tersebut juga nampak dari ciri-ciri dengan petirtaan Empul di Sungai Pakerisan, Bali. Ciri-cirinya yang sama yaitu berada pada celah sempit yang diapit tebing-tebing curam dan keberadaannya dengan 7 kolam petirtaan yang masih utuh. Petirtaan Empul di Sungai Pakerisan terdiri dari tiga bagian, yaitu halaman luar (*Jaba Pura*), halaman tengah (*Jaba Tengah*), dan halaman dalam (*Jeroan*). Halaman luar (*Jaba Pura*) merupakan gerbang luar sebagai tempat keramaian pada waktu upacara adat sebelum masuk kolam suci. Halaman tengah (*Jaba Tengah*) merupakan kolam ukuran  $20 \times 10$  meter, bentuk persegi, dan mata air dialirkan dari tempat yang tinggi. Kolam ini diperuntukkan untuk mensucikan diri, pengobatan, menghilangkan kutukan, dan upaca adat pensucian. Halaman dalam (*Jeroan*) merupakan tempat tersuci diperuntukkan untuk para Dewa atau Bhatara-bathari. Halaman dalam ditempatkan lebih tinggi dari halaman tengah sehingga bentuknya berundak dari tempat tinggi ke tempat rendah dengan 7 kolam petirtaan.

Hasil interpretasi pada area penelitian juga ditemukan 7 kolam. Jika mengacu pada hal tersebut, pada area penelitian dapat diduga terdapat bagian-bagian yang sama. Halaman luar pada area penelitian yang diduga sebagai tempat berkumpul

untuk upacara adat dan gerbang menuju petirtaan terletak pada bagian timur laut diseberang Sungai Manten. Area tidak masuk dalam Batasan akuisisi data karena dengan model akuisisi *grid* spasi 2 meter tidak dapat menyebrang sungai karena sungai yang terlalu dalam ( $\pm 5$  meter) dan lebar sungai ( $\pm 4$  meter). Halaman tengah (*Jaba Tengah*) diduga merupakan kolam suci 3-7 petirtaan dimana kolam 3 hanya terlihat sebuah singkapan dan kolam 4-7 yang tersingkap utuh berbentuk kolam. Halaman dalam diduga adalah kolam 1 dan 2 dimana kolam 1 hanya terlihat sebuah singkapan andesit kolam dan kolam 2 tersingkap utuh namun tidak sempurna akrena erosi pada tubuh batuan andesit petirtaan.

#### 4.6 Integrasi Al-Qur'an dan Sains

Beberapa ayat dalam Al-Qur'an telah menceritakan tentang majunya peradaban dan teknologi yang telah dicapai oleh bangsa-bangsa yang telah lalu. Beberapa bangsa-bangsa tersebut pula banyak yang peninggalannya masih tersisa dan dapat disaksikan sampai sekarang dan ada pula yang sudah hancur. Ayat tersebut disebutkan dalam surat Ghafir (40): 82:

أَفَلَمْ يَسِيرُوا فِي الْأَرْضِ فَيَنْظُرُوا كَيْفَ كَانَ عَاقِبَةُ الَّذِينَ مِنْ قَبْلِهِمْ كَانُوا أَكْثَرَ مِنْهُمْ وَأَشَدَّ قُوَّةً  
وَعَاكَارًا فِي الْأَرْضِ فَمَا أَغْنَى عَنْهُمْ مَا كَانُوا يَكْسِبُونَ ﴿٨٢﴾

*"Maka apakah mereka tiada mengadakan perjalanan di muka bumi lalu memperhatikan betapa kesudahan orang-orang yang sebelum mereka. Adalah orang-orang yang sebelum mereka itu lebih hebat kekuatannya dan (lebih banyak) bekas-bekas mereka di muka bumi, maka apa yang mereka usahakan itu tidak dapat menolong mereka." (QS Ghafir [40]:82).*

Pada ayat di atas menunjukkan bahwa peradaban orang-orang terdahulu lebih hebat sehingga dapat dilihat dari peninggalannya yang masih tampak sampai sekarang. Dapat dilihat dari kalimat "*kaanuu aktsaro minhum wa asyadda*

*quwwatan*" memiliki arti orang-orang sebelum mereka itu lebih hebat kekuatannya serta pada kalimat "*atsaron fil ardli*" berarti bekas-bekas mereka di muka bumi.

Situs Ngawonggo merupakan salah satu bentuk bekas peradaban masa lampau pada masa agama Hindu yang tersebar di Indonesia. Bekas-bekas situs Ngawonggo selain petirtaan juga terdapat beberapa patung dewa-dewa yang diyakini. Situs Ngawonggo berasal dari masa Kerajaan Medan dengan Rajanya Mpu Sindok (944M) yang peninggalannya sampai sekarang masih terlihat jelas peninggalannya. Walau ada beberapa patung yang hilang, situs yang terpendam, dan petirtaan yang tidak utuh lagi (dikarenakan erosi) tapi sebagian masih utuh dan terdapat corak ukiran yang jelas. Petirtaan pada situs ini menggunakan batuan andesit dimana sifat batuannya keras dan susah untuk dibentuk. Namun, pada masanya batuan ini bisa disusun untuk membuat sebuah petirtaan dengan ukiran halus hingga 7 tirta yang berundak di sepanjang pinggiran sungai yang curam. Sungguh sebuah kehebatan mengingat petirtaan ini dibuat pada abad 10 Masehi.

Petirtaan situs Ngawonggo sebelum ditemukan seperti sekarang, situs ini terpendam dalam lapisan-lapisan permukaan bumi. Bumi tersusun atas berbagai lapisan dengan sifat fisiknya masing-masing berupa warna, densitas, satuan penyusun, dll. Daerah penelitian situs yang terletak di Dusun Nanasa, Desa Ngawonggo, Kecamatan Ngawonggo, Kabupaten Malang dalam lembar geologi malang tersusun atas lapisan tuf Malang, batuan beku Gunung Api Buring, dan batuan beku Gunung Api Tengger. Material tersebut terlihat berlapis di kedalaman ±20 meter. Hal ini tertuang dalam Al-Qur'an bahwa bumi terdiri dari beberapa lapisan yang ditegaskan dalam surat Ath-Talaq [65]:12 sebagai berikut:

اللَّهُ الَّذِي خَلَقَ سَبْعَ سَمَوَاتٍ وَمِنَ الْأَرْضِ مِثْلَهُنَّ يَتَرَزَّلُ الْأَمْرُ يَبْنَهُنَّ لِتَعْلَمُوا أَنَّ اللَّهَ عَلَى كُلِّ شَيْءٍ قَدِيرٌ وَأَنَّ اللَّهَ قَدْ أَحَاطَ بِكُلِّ شَيْءٍ عِلْمًا ﴿٦٥﴾

“Allah-lah yang menciptakan tujuh langit dan seperti itu pula bumi. Perintah Allah berlaku padanya, agar kamu mengetahui bahwasanya Allah Maha Kuasa atas segala sesuatu, dan sesungguhnya Allah ilmu-Nya benar-benar meliputi segala sesuatu”. (QS Ath-Talaq [65]:12)

Ayat di atas membuktikan bahwa Al-Qur'an sudah lebih dahulu membahas tentang lapisan bumi sebelum ilmu sains berkembang seperti zaman sekarang. Kajian ilmu khususnya geosains membuktikan bahwa bumi secara jangka waktu lama akan membuat suatu batasan lapisan yang berbeda akibat adanya sedimentasi dari batuan yang berbeda-beda. Hal ini juga tercantum dalam Al-Qur'an surat Al-Rahman [55]: 33)

يَعْشَرَ الْجِنِّ وَالْإِنْسِ إِنِ اسْتَطَعْتُمْ أَنْ تَنْفُذُوا مِنْ أَقْطَارِ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ فَانْفُذُوا لَا تَنْفُذُونَ إِلَّا بِسُلْطَانٍ ﴿٣٣﴾

“Hai jama'ah jin dan manusia, jika kamu sanggup menembus (melintasi) penjuru langit dan bumi, maka lintasilah, kamu tidak dapat menembusnya kecuali dengan kekuatan”. (QS Al-Rahman [55]:33)

Dari ayat di atas, kita dapat memahami bahwa kekuatan yang dimaksud adalah ilmu pengetahuan. Pada masa saat ini telah ditemukan berbagai pengetahuan untuk mengetahui isi dalam bumi maupun kajian ilmu luar angkasa. Salah satu ilmu tersebut bisa kita dapat dalam kajian ilmu geofisika (Purwanto, 2015).

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

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

1. Struktur lapisan pada area penelitian yaitu soil (0.00001 cgs emu) merupakan tanah penutup setebal  $\pm 10$  meter, lapisan kedua batuan andesit petirtaan (0.000498 cgs emu), dan lapisan ketiga yaitu batuan andesit formasi Gunung Api Buring dan Tengger (0.0064 cgs emu).
2. Berdasarkan interpretasi kuantitaif dengan dukungan data kualitatif dapat diketahui bahwa sebaran dan posisi batuan andesit petirtaan Ngawonggo berada pada formasi dangkal di bawah tanah penutup (*soil*). Berdasarkan sayatan model 2 dimensi, informasi singkapan dan informasi geologi, secara umum terdapat dua lapisan dengan batuan andesit petirtaan terdapat diantara dua lapisan tersebut. Pada kolam 1 batuan andesit petirtaan terpendam  $\pm 2$  meter, dengan ketinggian 498 meter, tebal  $\pm 2$  meter, dan panjang 7.14 meter, kolam 2 batuan andesit petirtaan tersingkap utuh namun tererosi berada pada ketinggian 498 meter, tebal  $\pm 2$  meter, dan panjang  $\pm 10.43$  meter, kolam 3 batuan andesit petirtaan terpendam  $\pm 1$  meter, dengan ketinggian 502 meter, tebal  $\pm 2$  meter, dan panjang  $\pm 12.31$  meter, kolam 4 batuan andesit petirtaan tersingkap utuh berada pada ketinggian 502 meter, ketebalan  $\pm 2$  meter, dan panjang  $\pm 5.6$  meter, kolam 5 batuan andesit petirtaan tersingkap utuh berada pada ketinggian 501 meter, ketebalan  $\pm 1.5$  meter, dan panjang  $\pm 5.9$  meter, kolam 6 batuan andesit petirtaan tersingkap utuh berada pada ketinggian 500

meter, ketebalan  $\pm 1.5$  meter, dan panjang  $\pm 8.14$  meter, kolam 7 batuan andesit petirtaan tersingkap utuh namun tererosi berada pada ketinggian 500 meter, ketebalan  $\pm 2$  meter, dan panjang  $\pm 9.2$  meter.

## 5.2 Saran

Lokasi penelitian masih berupa ekskavasi tahap awal dimana masih terdapat beberapa tubuh petirtaan yang terpendam. Metode geomagnet yang dilakukan pada penelitian ini hanya dapat memetakan lokasi bagian timur dari sebelah sungai manten dan tidak dapat melakukan pemetaan dibagian barat sungai. Diharapkan untuk penelitian selanjutnya dapat memetakan bagian sisi yang lain dengan metode lain agar mengetahui persebaran situs petirtaan yang lebih luas. Situs arkeologi ini merupakan sebuah cagar budaya yang harus dilestarikan, sehingga dengan adanya penelitian ilmiah geomagnet ini dapat menduga sebaran lokasi, posisi situs yang masih terpendam, dan memperluas lokasi agar dapat dilestarikan serta dijadikan objek wisata setempat yang bermanfaat bagi warga sekitar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al-Quran dan Terjemah., 2008. Departemen Agama RI. Bandung. Diponegoro.
- Ardika, I Wayan., I Gde Parimartha., dan A.A Bagus Wirawan. 2013. *Sejarah Bali dari Prasejarah Hingga Modern*. Depasar: Udayana University Press.
- Arif, Zainul dan Piter Lepong. 2016. *Delinasi Prospek Bijih Besi Dengan Menggunakan Metode Geomagnetik (Lokasi Penelitian Pelaihari, Kab Tanah Laut, Kalimantan Selatan)*. *Jurnal Fisika*. FMIPA Universitas Mulawarman.
- Badan Pelestarian Cagar Budaya. 2017. *Kegiatan Zonasi Perlindungan Situs Perttaaan Ngawonggo*. Direktorat Jenderal Kebudayaan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Baranov, V. and Naudy, H., 1964, *Numeric Calculation of the Formula of reduction to pole*, Geophysics, 29, 67-69.
- Blakely, Richard J. 1995. Potential Theory in Gravity and Magnetic Application. New York: Cambridge University Press.
- Broto, Sudaryo dan Thomas Triadi Putranto. 2011. *Aplikasi Metode Geomagnet Dalam Eksplorasi Panas Bumi*. *Jurnal Geologi*. Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik UNDIP.
- 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.

- Firmansyah, Fikri dan Budiman Arif. 2019. *Pendugaan Mineralisasi Emas Menggunakan Metode Magnetik di Nagari Lubuk Gadang Kecamatan Sangir, Solok Selatan, Sumatera Barat*. Jurnal Fisika. Padang: Jurusan Fisika, Universitas Andalas Padang.
- Ghozali, Ahmad dan Hapsoro Agung Nugroho. 2019. *Rancang Bangun Proton Procession Magnetometer berbasis Mikrokontroler ATMEGA 328P*. Jurnal Nasional Sains dan Teknologi. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Google inc. 2020. *Peta Lokasi Situs Ngawonggo*, dalam <http://maps.google.com/>.
- 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 Ekslorasi. Lampung: Jurusan Teknik geofisika, Fakultas Teknik Universitas Lampung.
- Hasibuan Jamaludin., Berutu Asdiati., Sakdiah Halimahtun., dan Rahmatsyah. 2017. *Studi Penentuan Anomali Purbakala di Tapanuli Tengah Dengan Metode Geomagnetik*. Jurnal Geofisika. Tapanuli Tengah: Jurusan Fisika, Universitas Negeri Medan.
- Hayt, William and Buck, John. 2006. Engineering Electromagnetics Volume 2. USA: Mc Graw-Hill Higher Education.
- Howard, Peter. 2002. *Heritage; Management, Interpretation, Identity*. London-New York: Continuum.
- Jazairi, Abu Bakar Jabir. 2009. *Tafsir Al-Qur'an Al-Aisar (Jilid 6)*. Darus Sunnah.
- Kramrisch, Stella. 1946. *The Hindu Temple*. Motilal Banarsidas Publ.
- 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.
- Munardjito. 2002. *Pertimbangan Ekologis Penempatan Situs Masa Hindu-Budha di Daerah Yogyakarta*. Jakarta: Wedatama Widya Sastra Ecole Francaise D'Extreme-Orient.
- 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.
- National Geophysical Data Center. 2020. *Kolom Input pada Kalukulator IGRF*. <http://ngdc.noaa.gov/geomag> (diakses pada tanggal 15 Juni 2020).
- Nurdin, Nur Hidayat, dkk. 2017. *Identifikasi Pola Sebaran Intrusi Batuan Bawah Permukaan Menggunakan Metode Geomagnet di Sungai Jenelata Kabupaten Gowa*. *Jurnal Geofisika*. Makassar: FMIPA Universitas Hasanuddin.
- Perdana, O. A., Daeng A. S., and Sujito. 2013. *Application Geomagnetik Method To Identification Chromit Mineral's In Sukorejo Village, Kalidawir District, Tulungagung Regency*. Journal Physics. Malang: Physics Departement, State University Of Malang.
- Poesponegoro, Marwati & Notosusanto, Nugroho. 1990. *Sejarah Nasional Indonesia Jilid II*. Jakarta: Balai Pustaka.
- Premono, P., Soedjarwanto, N., & Alam, S., 2015, *Rancang Bangun Alat Instrumentasi Pengukuran Digital Kuat Medan Magnetik dengan Menggunakan Mikrokontroler ATMega8535*. *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*. Jilid. 9, No. 3.
- Purwanto, Agus. 2015. Ayat-ayat Semesta: Sisi Al-Qur'an yang Terlupakan. Bandung: PT Mizan Pustaka.
- Reynolds, J.M. 1997. *An Introduction To Applied and Environmental Geophysics*. New York: John Wiley and Sons.
- Rosid, Syamsu. 2008. *Geomagnetik Method Lecture Note*. Physic Departement. Depok: FMIPA UI.
- Rusli. 2011. Pendugaan Struktur Bawah Permukaan Situs Arkeologi Candi Jabung Probolinggo Jawa Timur Berdasarkan Survey Magnetik. Tesis. Malang: Universitas Brawijaya.
- Schmidt, A. 2009. Electrical and Magnetik Methods in Archeological Prospection In S. Campana and S. Piero (eds) *Seeing the Unseen Geophysical and landschape Archeology*. London: Taylor dan France.
- Santosa, Bagus Jaya, dkk. 2012. *Interpretasi Metode Magnetik Untuk Penentuan Struktur Bawah Permukaan di Sekitar Gunung Kelud Kabupaten Kediri*. *Jurnal Fisika*. Surabaya: ITS
- 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, M. 2010. Buku Ajar Pengantar Teknik Geofisika. Lampung: Universitas Lampung.
- Soekmono. 1990. *Candi, Fungsi dan Pengertiannya*. Semarang: IKIP Semarang.
- 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.
- Telford, W.N., Geldart, L.P., Sheriff,R.E., and Keys, D.A. 1976. *Applied Geophysics*. New York: Cambridge University Press.
- Telford, W.N. Geldard, L.P., Sheriff, R.E., and Keys, D.A. 1979. *Applied Geophysics*. New York: Cambridge University Press.
- Telford W.N., Geldart L.P., and Sheriff R.E. 1982. *Applied Geophysics Second Edition*. New York: Cambridge University Press.
- Telford, W.N., Geldart, L.P., and Sheriff, R. 1990. *Applied Geophysics Edisi ke dua*. New York: Cambridge University Press.
- Tjasyono, Bayong. 2006. Ilmu Kebumian 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.
- Warmada, I Wayan dan Titi Hapsari. 2015. *Petrogenesis dan Proses Pelapukan Batuan Penyusun Candi Prambanan Berdasarkan Analisis Petrografi dan Geokimia*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.
- Yanis, Muhammad., Nazli Ismal., dan Faisal. 2015. *Application of Analytic Signal Archeomagnetic Prospection For Locating Kuta Lubok Fortress. Al Hazen*

*Journal of Physics.* Banda Aceh: Physics Departement, Faculty of Mathematic and Natural Sciences, Syiah Kuala University.

Zubaidah, Teti. 2010. *Spatio-temporal Characteristics Of The Geomagnetic Field Over The Lombok Island, The Lesser Sunda Islands Region: New Geological, Tectonic, and Seismo-Electromagnetik Insights Along The Sunda-Banda Arcs Transition.* Jurnal Geophysic GeoForschungsZentrum Potsdam. Mataram: Mataram University, Nusa Tenggara Barat.



## **LAMPIRAN 1**

### 1. Data Hasil Penelitian Magnetik

#### a. Hari Pertama (Rabu, 04 Maret 2020)

No.	Nama Titik	Posisi (UTM)			Elevasi	Waktu			Intensitas Medan Magnet Total
		Bujur	Lintang	Z		Jam	Menit	Detik	
1	Base Awal	687782.8	9106501.9	509	9	9	10		44911.6
2	G001	687690.9	9106406.1	484	9	35	24		45285.1
3	G002	687700.8	9106408.2	483	9	38	3		45225.3
4	G003	687700.8	9106406.0	483	9	40	30		45191.6
5	G004	687708.5	9106409.3	486	9	42	14		45177.7
6	G005	687711.8	9106409.3	485	9	43	5		45204.7
7	G006	687711.8	9106409.3	486	9	46	10		45192.4
8	G007	687714.0	9106408.2	487	9	48	12		45193.2
9	G008	687712.9	9106408.2	486	9	51	17		45353.9
10	G009	687716.3	9106412.6	488	9	53	59		45314.2
11	G010	687718.4	9106407.1	488	9	54	40		45420.9
12	G011	687716.2	9106407.1	492	9	56	45		45496.4
13	G012	687716.2	9106407.1	492	9	58	33		45301.5
14	G013	687712.9	9106407.1	494	10	0	37		45376.4
15	G014	687712.9	9106407.1	495	10	1	17		45265.5
16	G015	687709.6	9106404.9	495	10	7	23		45157.1
17	G016	687700.8	9106400.5	495	10	9	29		45085.2
18	G017	687698.6	9106399.4	493	10	10	50		45475.0
19	G018	687697.5	9106404.9	497	10	12	43		45315.0
20	G019	687693.1	9106403.8	497	10	14	37		45233.9
21	G020	687696.4	9106399.4	495	10	16	26		44777.9
22	G021	687690.9	9106400.5	497	10	18	11		45594.0
23	G022	687693.1	9106408.3	498	10	20	5		45289.6
24	G023	687694.2	9106407.2	504	10	22	59		45242.9
25	G024	687695.3	9106408.3	504	10	25	47		45241.5
26	G025	687697.5	9106407.1	508	10	27	33		45215.0
27	G026	687698.6	9106407.1	506	10	28	26		45223.7
28	G027	687699.7	9106408.2	480	10	30	13		45188.3
29	G028	687703.0	9106403.8	494	10	32	1		45107.2
30	G029	687708.5	9106401.6	510	10	35	50		45322.6

31	G030	687718.4	9106406.0	513	10	37	44	45290.3
32	G031	687724.0	9106409.2	516	10	39	37	45366.2
33	G032	687698.1	9106409.2	511	10	41	21	45409.8
34	G033	687732.8	9106410.3	510	10	42	15	45418.7
35	G034	687732.8	9106414.7	508	10	46	9	45402.7
36	G035	687738.3	9106415.8	506	10	49	58	45552.6
37	G036	687743.8	9106415.8	503	10	51	47	45611.2
38	G037	687743.8	9106419.1	506	10	53	36	45666.1
39	G038	687750.5	9106432.4	497	10	55	25	45586.5
40	G039	687759.3	9106432.3	489	10	57	14	45363.2
41	G040	687752.7	9106425.7	494	10	59	9	45359.6
42	G041	687751.6	9106433.5	500	11	0	59	45486.8
43	G042	687749.4	9106433.5	512	11	2	48	45554.0
44	G043	687748.3	9106425.7	518	11	4	32	45627.1
45	G044	687754.9	9106423.5	502	11	6	24	45308.8
46	G045	687759.3	9106420.2	496	11	9	13	45264.7
47	G046	687682.2	9106437.1	509	11	11	5	45387.4
48	G047	687754.9	9106436.8	511	11	13	52	45363.4
49	G048	687743.9	9106435.7	521	11	15	43	45356.4
50	G049	687758.3	9106441.2	516	11	17	34	45299.7
51	G050	687756.1	9106440.1	518	11	19	22	45286.5
52	G051	687759.4	9106437.9	515	11	21	16	45221.3
53	G052	687760.5	9106436.7	516	11	23	8	45266.6
54	G053	687769.3	9106435.6	502	11	25	51	45197.9
55	G054	687770.4	9106432.3	502	11	27	46	45173.5
56	G055	687771.5	9106433.4	502	11	29	33	45148.5
57	G056	687767.1	9106435.6	503	11	45	2	45134.3
58	G057	687768.2	9106434.5	503	11	47	54	45176.8
59	G058	687769.3	9106435.6	503	11	49	48	45249.0
60	G059	687772.6	9106437.8	468	11	51	35	45291.2
61	G060	687777.0	9106434.5	488	11	53	27	45389.7
62	G061	687777.0	9106434.5	489	11	55	13	45285.7
63	G062	687777.0	9106432.3	498	11	57	7	45169.8
64	G063	687780.3	9106446.6	499	11	59	52	45128.7
65	G064	687781.5	9106456.6	518	12	1	43	45176.4
66	G065	687776.0	9106461.0	512	12	3	33	45162.7
67	G066	687779.3	9106453.3	504	12	5	21	45140.3
68	G067	687799.1	9106446.5	506	12	7	12	45174.9
69	G068	687793.6	9106448.8	502	12	9	8	45182.9
70	G069	687792.5	9106452.1	501	12	11	54	45135.3
71	G070	687790.3	9106452.1	501	12	13	41	45216.1

72	G071	687783.7	9106458.8	497	12	15	38	45185.2
73	G072	687782.6	9106458.8	498	12	17	28	45091.9
74	G073	687784.8	9106458.8	498	12	19	17	45165.8
75	G074	687779.2	9106448.8	499	12	21	9	45196.9
76	G075	687790.3	9106456.5	496	12	23	44	45245.4
77	G076	687789.2	9106452.1	496	12	25	36	45084.9
78	G077	687790.3	9106457.6	495	12	27	20	45128.4
79	G078	687791.4	9106459.8	494	12	29	11	45027.3
80	G079	687790.3	9106456.5	494	12	31	2	45054.2
81	G080	687785.9	9106457.7	500	12	33	55	45069.2
82	G081	687787.0	9106456.5	500	12	35	46	45087.3
83	G082	687781.5	9106452.1	500	12	37	37	45147.6
84	G083	687789.2	9106456.5	500	12	39	22	45078.9
85	G084	687788.1	9106454.3	500	12	41	13	45098.6
86	G085	687788.1	9106453.2	500	12	43	6	45082.2
87	G086	687790.3	9106456.5	500	12	45	51	45049.6
88	G087	687789.2	9106456.5	500	12	47	40	45028.7
89	G088	687792.5	9106458.7	501	12	48	31	45114.3
90	G089	687798.1	9106465.3	501	12	50	12	45096.5
91	G090	687790.3	9106467.6	501	12	52	5	45004.3
92	G091	687790.3	9106459.8	501	12	54	57	45115.3
93	G092	687791.4	9106460.9	501	12	56	49	45171.7
94	G093	687793.6	9106464.3	501	12	58	39	45213.4
95	G094	687797.0	9106469.8	501	13	0	28	45230.1
96	G095	687798.1	9106469.8	501	13	2	19	45262.4
97	G096	687803.6	9106469.7	501	13	4	9	45255.0
98	G097	687804.7	9106470.8	501	13	6	58	45202.8
99	G098	687806.9	9106473.1	501	13	8	40	45254.3
100	G099	687806.9	9106471.9	501	13	10	29	45241.5
101	G100	687804.7	9106480.8	501	13	12	10	45225.3
102	G101	687807.0	9106486.3	501	13	14	1	45218.8
103	G102	687808.1	9106485.2	501	13	16	5	45226.1
104	G103	687815.8	9106485.2	501	13	18	56	45246.4
105	G104	687815.8	9106484.1	501	13	20	48	45241.5
106	G105	687812.4	9106476.3	500	13	24	35	45249.1
107	G106	687819.1	9106484.1	500	13	26	29	45268.0
108	G107	687823.5	9106485.1	500	13	28	20	45268.0
109	G108	687846.7	9106496.1	504	14	31	13	45250.7
110	G109	687850.0	9106495.0	501	14	32	56	45188.2
111	G110	687846.7	9106496.1	499	14	34	41	45129.7
112	G111	687843.4	9106493.9	498	14	35	59	44958.7

113	G112	687840.1	9106497.2	499	14	38	2	45155.0
114	G113	687831.2	9106489.5	498	14	39	5	44928.3
115	G114	687825.7	9106490.7	501	14	41	47	45102.4
116	G115	687826.8	9106490.7	501	14	42	16	45175.2
117	G116	687823.5	9106488.5	502	14	42	43	45173.3
118	G117	687821.3	9106488.5	501	14	43	14	45182.1
119	G118	687818.0	9106484.1	499	14	43	48	45197.4
120	G119	687818.0	9106479.6	498	14	44	21	45195.5
121	G120	687814.6	9106477.4	500	14	44	52	45183.9
122	G121	687808.0	9106476.4	498	14	45	24	45171.9
123	G122	687804.7	9106473.1	496	14	45	56	45185.7
124	G123	687804.7	9106469.7	496	14	46	44	45161.1
125	G124	687804.7	9106470.8	495	14	47	47	45155.4
126	G125	687805.8	9106469.7	497	14	48	21	45136.9
127	G126	687796.9	9106460.9	494	14	49	11	45131.1
128	G127	687794.7	9106462.0	497	14	50	20	45154.0
129	G128	687794.7	9106459.8	497	14	50	50	45139.8
130	G129	687794.7	9106458.7	496	14	51	41	45158.6
131	G130	687792.5	9106452.1	493	14	51	54	45167.9
132	G131	687789.2	9106451.0	497	14	52	50	45186.1
133	G132	687788.1	9106451.0	496	14	53	24	45136.8
134	G133	687788.1	9106451.0	497	14	53	51	45133.9
135	G134	687784.7	9106446.6	500	14	54	25	45157.2
136	G135	687782.5	9106444.4	504	14	54	58	45133.4
137	G136	687779.2	9106440.0	505	14	55	38	45148.2
138	G137	687776.9	9106424.5	502	14	55	59	45200.2
139	G138	687772.6	9106435.6	505	14	56	45	45253.7
140	G139	687766.0	9106437.8	515	14	57	40	45257.6
141	G140	687766.0	9106438.9	523	14	58	43	45253.2
142	G141	687763.8	9106435.6	514	14	59	25	45262.0
143	G142	687758.2	9106432.3	516	15	0	5	45238.0
144	G143	687761.5	9106426.8	506	15	0	50	45228.4
145	G144	687759.3	9106426.8	509	15	1	44	45247.3
146	G145	687752.7	9106423.5	514	15	2	24	45238.8
147	G146	687752.7	9106422.4	513	15	3	7	45320.8
148	G147	687748.3	9106420.2	509	15	4	16	45411.7
149	G148	687743.9	9106420.2	511	15	5	16	45302.9
150	G149	687741.6	9106416.9	508	15	6	9	45167.8
151	G150	687736.1	9106419.2	506	15	6	43	45218.5
152	G151	687729.5	9106420.3	509	15	7	45	45215.7
153	G152	687729.5	9106417.0	510	15	8	37	45223.8

154	G153	687724.0	9106413.7	511	15	9	22	45228.5
155	G154	687720.7	9106411.5	509	15	10	3	45224.4
156	G155	687718.4	9106406.0	507	15	10	54	45167.4
157	G156	687718.4	9106407.1	500	15	11	31	45175.9
158	G157	687716.2	9106408.2	501	15	12	6	45203.3
159	G158	687711.8	9106404.9	500	15	12	53	45247.4
160	G159	687707.4	9106401.6	500	15	13	28	45327.8
161	G160	687704.1	9106400.5	498	15	14	18	45375.6
162	G161	687700.8	9106401.6	498	15	14	55	45360.8
163	G162	687694.2	9106406.1	504	15	16	41	45198.3
164	G163	687689.8	9106405.0	504	15	21	21	45195.1
165	G164	687697.5	9106407.1	504	15	22	1	45227.0
166	G165	687698.6	9106406.0	501	15	22	47	45295.8
167	G166	687699.7	9106406.0	500	15	23	45	45255.9
168	G167	687700.8	9106404.9	500	15	25	16	45196.2
169	G168	687703.0	9106402.7	500	15	26	22	45151.1
170	G169	687703.0	9106402.7	500	15	27	16	45226.0
171	G170	687711.8	9106408.2	497	15	28	0	45297.2
172	G171	687818.0	9106494.0	498	15	35	36	45292.4
173	G172	687820.2	9106496.2	498	15	37	32	45288.0
174	G173	687834.5	9106489.5	501	15	38	9	45141.5
175	G174	687840.1	9106492.8	502	15	39	59	45157.2
176	G175	687834.6	9106498.4	501	15	43	52	45116.0
177	G176	687833.4	9106492.8	503	15	44	53	45346.6
178	G177	687840.1	9106498.4	503	15	45	35	45263.9
179	G178	687844.5	9106497.2	500	15	46	30	45280.3
180	G179	687853.3	9106498.3	497	15	30	45	45244.6
181	Base	687782.8	9106501.9	509	17	38	51	44894.2

b. Hari kedua (Kamis, 05 Maret 2020)

No.	Nama Titik	Posisi (UTM)		Elevasi	Waktu			Intensitas Medan Magnet Total
		Bujur	Lintang		Z	Jam	Menit	
182	Base hari 2	687782.8	9106501.9	509	8	21	9	44914.27
183	G180	687859.9	9106498.3	495	8	27	37	45277.53
184	G181	687870.9	9106491.6	495	8	30	14	45292.20
185	G182	687857.7	9106496.1	495	8	31	20	45294.00
186	G183	687857.7	9106499.4	495	8	32	5	45234.55

187	G184	687861.0	9106499.4	493	8	33	1	45225.45
188	G185	687864.3	9106491.6	493	8	33	50	45278.35
189	G186	687864.3	9106490.5	491	8	34	53	45363.00
190	G187	687862.1	9106496.0	495	8	35	47	45196.90
191	G188	687868.7	9106498.2	490	8	36	31	45182.45
192	G189	687870.9	9106496.0	496	8	37	2	45263.87
193	G190	687872.0	9106499.3	494	8	38	0	45282.70
194	G191	687873.2	9106500.4	494	8	38	20	45190.40
195	G192	687878.7	9106501.5	499	8	39	33	45172.80
196	G193	687882.0	9106498.2	495	8	40	40	45234.35
197	G194	687882.0	9106498.2	496	8	41	51	45224.65
198	G195	687880.9	9106499.3	498	8	42	32	45153.35
199	G196	687875.4	9106500.4	493	8	43	21	45133.30
200	G197	687884.2	9106497.1	495	8	44	33	45169.30
201	G198	687890.8	9106497.0	499	8	45	42	45198.65
202	G199	687889.7	9106503.7	498	8	46	54	45158.20
203	G200	687893.0	9106495.9	495	8	47	45	45216.75
204	G201	687891.9	9106495.9	496	8	48	29	45259.18
205	G202	687893.0	9106499.2	501	8	49	26	45271.58
206	G203	687898.5	9106499.2	498	8	50	34	45245.65
207	G204	687899.6	9106499.2	498	8	51	45	45267.15
208	G205	687899.6	9106503.6	497	8	52	53	45245.53
209	G206	687908.4	9106498.1	498	8	53	33	45247.38
210	G207	687906.2	9106491.4	499	8	54	12	45153.80
211	G208	687904.0	9106500.3	497	8	55	36	45138.65
212	G209	687905.1	9106498.1	501	8	56	41	45212.65
213	G210	687902.9	9106495.9	501	8	57	54	45182.16
214	G211	687900.7	9106497.0	501	8	58	29	45191.45
215	G212	687901.8	9106498.1	502	8	59	13	45151.20
216	G213	687899.6	9106497.0	500	9	0	22	45233.85
217	G214	687899.6	9106493.7	499	9	1	34	45192.20
218	G215	687895.2	9106493.7	498	9	2	49	45222.60
219	G216	687896.3	9106499.2	500	9	3	53	45294.75
220	G217	687890.8	9106494.8	497	9	4	28	45221.85
221	G218	687893.0	9106493.7	498	9	5	32	45221.70
222	G219	687886.4	9106493.7	498	9	6	40	45210.85
223	G220	687890.8	9106497.0	501	9	7	51	45220.12
224	G221	687889.7	9106495.9	500	9	8	48	45274.15
225	G222	687891.9	9106493.7	502	9	10	28	45206.90
226	G223	687890.8	9106494.8	506	9	11	0	45140.58
227	G224	687888.6	9106498.1	505	9	11	32	45216.85

228	G225	687887.5	9106495.9	505	9	12	8	45074.30
229	G226	687886.4	9106495.9	505	9	13	19	45241.00
230	G227	687878.6	9106493.8	499	9	14	27	45148.47
231	G228	687878.6	9106489.3	498	9	15	39	44958.00
232	G229	687878.6	9106492.7	497	9	16	52	45007.30
233	G230	687875.3	9106496.0	496	9	17	59	45231.50
234	G231	687868.7	9106494.9	494	9	19	13	45311.60
235	G232	687866.5	9106492.7	497	9	20	20	45186.87
236	G233	687867.6	9106493.8	497	9	21	33	45220.33
237	G234	687864.3	9106497.1	496	9	22	41	45364.95
238	G235	687862.1	9106499.4	495	9	23	52	45343.48
239	G236	687864.3	9106496.0	501	9	25	0	45268.13
240	G237	687859.9	9106494.9	502	9	26	13	45341.64
241	G238	687857.7	9106497.2	501	9	27	27	45309.05
242	G239	687843.3	9106486.2	498	9	28	31	45270.40
243	G240	687840.0	9106482.9	496	9	29	59	45080.10
244	G241	687837.8	9106480.7	495	9	30	46	45058.95
245	G242	687841.1	9106478.4	495	9	32	4	45106.25
246	G243	687843.3	9106474.0	494	9	33	48	45164.60
247	G244	687845.5	9106469.6	493	9	35	11	45127.24
248	G245	687845.5	9106470.7	503	9	36	45	45193.27
249	G246	687849.9	9106470.7	503	9	37	33	45207.60
250	G247	687854.3	9106471.7	503	9	38	1	45210.24
251	G248	687854.3	9106470.6	501	9	39	20	45216.05
252	G249	687857.6	9106470.6	500	9	40	29	45216.50
253	G250	687860.9	9106477.2	496	9	41	36	45200.72
254	G251	687862.0	9106476.1	496	9	42	38	45146.55
255	G252	687866.4	9106476.1	496	9	43	31	45183.54
256	G253	687868.6	9106475.0	496	9	44	40	45226.60
257	G254	687870.8	9106476.1	496	9	45	48	45215.05
258	G255	687874.1	9106473.9	496	9	46	22	45211.20
259	G256	687873.0	9106473.9	496	9	47	58	45221.40
260	G257	687875.3	9106475.0	496	9	48	18	45193.40
261	G258	687877.4	9106471.6	496	9	49	13	45164.20
262	G259	687878.6	9106473.9	496	9	50	36	45154.92
263	G260	687883.0	9106478.3	496	9	51	5	45160.40
264	G261	687886.3	9106478.2	496	9	52	39	45183.20
265	G262	687886.3	9106480.5	496	9	53	51	45163.80
266	G263	687889.6	9106480.4	486	9	54	38	45170.00
267	G264	687886.3	9106484.9	498	9	56	18	45178.80
268	G265	687887.5	9106492.6	498	9	57	20	45249.55

269	G266	687889.7	9106492.6	499	9	59	32	45292.93
270	G267	687881.9	9106486.0	496	10	0	50	45198.95
271	G268	687881.9	9106484.9	496	10	1	33	45189.50
272	G269	687881.9	9106484.9	496	10	2	2	45195.25
273	G270	687876.4	9106483.8	495	10	2	45	45204.60
274	G271	687876.4	9106488.2	495	10	3	38	45222.52
275	G272	687874.2	9106486.0	496	10	4	20	45213.80
276	G273	687874.2	9106486.0	496	10	5	5	45194.40
277	G274	687873.1	9106487.2	495	10	5	35	45170.95
278	G275	687854.4	9106487.2	497	10	6	42	45126.20
279	G276	687862.1	9106490.5	497	10	7	30	45109.50
280	G277	687861.0	9106487.2	497	10	8	35	45095.30
281	G278	687859.9	9106487.2	497	10	9	14	45099.00
282	G279	687855.5	9106491.6	501	10	10	42	45096.88
283	G280	687854.4	9106488.3	500	10	11	24	45087.96
284	G281	687853.3	9106487.2	499	10	12	1	45092.12
285	G282	687845.5	9106480.6	500	10	12	40	45097.90
286	G283	687844.4	9106485.1	499	10	13	23	45105.93
287	G284	687843.3	9106486.2	500	10	13	52	45130.05
288	G285	687844.4	9106488.4	496	10	15	0	45210.47
289	G286	687848.8	9106486.1	493	10	15	24	45218.48
290	G287	687854.4	9106486.1	492	10	16	6	45220.12
291	G288	687855.5	9106486.1	494	10	16	40	45219.16
292	G289	687858.8	9106486.1	493	10	17	23	45214.15
293	G290	687859.9	9106486.1	493	10	18	6	45269.55
294	G291	687863.2	9106485.0	494	10	19	9	45187.20
295	G292	687862.0	9106480.6	494	10	20	2	45123.40
296	G293	687858.8	9106483.9	496	10	20	38	45097.70
297	G294	687856.6	9106485.0	499	10	21	8	45093.90
298	G295	687851.0	9106483.9	500	10	21	41	45097.10
299	G296	687849.9	9106483.9	499	10	21	50	45111.90
300	G297	687849.9	9106486.1	499	10	22	23	45126.27
301	G298	687846.6	9106481.7	498	10	23	50	45143.80
302	G299	687846.6	9106477.3	500	10	24	45	45157.07
303	G300	687846.6	9106476.2	500	10	25	5	45151.95
304	G301	687849.9	9106476.2	500	10	26	30	45150.75
305	G302	687853.2	9106477.3	499	10	27	2	45139.75
306	G303	687852.1	9106477.3	500	10	28	26	45131.95
307	G304	687852.1	9106477.3	501	10	29	58	45134.27
308	G305	687855.4	9106479.5	500	10	30	29	45148.40
309	G306	687859.8	9106481.7	499	10	31	47	45148.40

310	G307	687890.7	9106490.4	493	10	32	8	45262.50
311	G308	687889.6	9106487.1	495	10	32	59	45182.53
312	G309	687890.7	9106482.7	496	10	33	34	45259.24
313	G310	687892.9	9106483.8	496	10	34	25	45308.25
314	G311	687892.9	9106487.1	498	10	35	15	45175.45
315	G312	687892.9	9106489.3	496	10	36	32	45241.25
316	G313	687896.2	9106479.3	495	10	37	0	45206.50
317	G314	687895.1	9106480.4	495	10	37	25	45158.00
318	G315	687895.1	9106481.5	495	10	38	17	45173.80
319	G316	687895.1	9106484.8	495	10	38	50	45356.60
320	G317	687897.3	9106484.8	499	10	39	25	45343.40
321	G318	687899.6	9106488.1	500	10	41	4	45166.93
322	G319	687899.6	9106489.3	499	10	41	38	45146.93
323	G320	687899.6	9106491.5	500	10	42	0	45230.30
324	G321	687901.8	9106490.4	499	10	43	0	45209.35
325	G322	687901.8	9106488.1	499	10	44	15	45133.40
326	G323	687901.8	9106485.9	497	10	45	0	45131.05
327	G324	687900.6	9106484.8	496	10	45	38	45221.80
328	G325	687903.9	9106480.4	503	10	46	20	45212.95
329	G326	687905.0	9106480.4	503	10	47	0	45151.50
330	G327	687903.9	9106478.2	503	10	47	28	45151.30
331	G328	687902.8	9106481.5	503	10	48	37	45185.07
332	G329	687902.8	9106483.7	503	10	49	45	45182.07
333	G330	687901.7	9106480.4	500	10	50	20	45146.55
334	G331	687898.4	9106478.2	500	10	51	0	45147.80
335	G332	687899.5	9106481.5	499	10	51	28	45183.47
336	G333	687898.4	9106482.6	501	10	52	1	45227.55
337	G334	687896.2	9106478.2	500	10	52	45	45161.95
338	G335	687892.9	9106480.4	500	10	53	33	45191.05
339	G336	687887.4	9106478.2	498	10	54	19	45225.44
340	G337	687886.3	9106476.0	501	10	55	0	45179.45
341	G338	687884.1	9106476.0	500	10	55	28	45172.08
342	G339	687881.9	9106479.4	502	10	56	3	45172.85
343	G340	687881.9	9106477.2	505	10	56	35	45261.27
344	G341	687883.0	9106478.3	504	10	57	0	45231.15
345	G342	687873.1	9106480.5	504	10	57	38	45223.60
346	G343	687869.7	9106475.0	505	10	58	8	45230.40
347	G344	687866.5	9106485.0	502	10	58	50	45219.65
348	G345	687863.2	9106480.6	506	10	59	19	45132.60
349	G346	687862.0	9106475.0	502	10	59	55	45133.73
350	G347	687863.1	9106475.0	503	11	0	57	45165.30

351	G348	687864.2	9106479.4	503	11	16	46	45153.25
352	G349	687865.4	9106481.7	505	11	17	35	45211.75
353	G350	687870.9	9106480.5	504	11	18	25	45214.60
354	G351	687868.6	9106477.2	503	11	13	15	45153.60
355	G352	687870.9	9106479.4	505	11	20	20	45160.18
356	G353	687870.9	9106482.7	505	11	21	29	45210.60
357	G354	687875.3	9106482.7	504	11	22	19	45205.40
358	G355	687874.2	9106482.7	504	11	23	28	45150.30
359	G356	687876.4	9106482.7	506	11	24	30	45152.23
360	G357	687878.6	9106489.3	506	11	25	1	45191.47
361	G358	687881.9	9106488.2	505	11	26	27	45185.80
362	G359	687881.9	9106482.7	504	11	27	2	45144.18
363	G360	687883.0	9106483.8	503	11	28	45	45139.65
364	G361	687881.9	9106488.2	505	11	29	29	45178.15
365	G362	687881.9	9106484.9	504	11	30	8	45176.92
366	G363	687883.0	9106479.4	502	11	31	17	45129.25
367	G364	687886.3	9106481.6	502	11	32	2	45134.73
368	G365	687886.3	9106487.1	501	11	33	45	45175.25
369	G366	687887.4	9106486.0	501	11	34	1	45187.16
370	G367	687888.5	9106483.8	499	11	35	40	45137.50
371	G368	687889.6	9106481.6	498	11	36	32	45145.80
372	G369	687887.4	9106487.1	498	11	37	13	45205.28
373	G370	687864.2	9106468.4	500	11	38	6	45112.00
374	G371	687860.9	9106471.7	498	11	39	53	45113.20
375	G372	687856.5	9106467.3	492	11	40	41	45118.43
376	G373	687857.6	9106468.4	494	11	41	35	45115.73
377	G374	687851.0	9106469.5	494	11	42	24	45129.67
378	G375	687846.6	9106469.6	494	11	43	12	45130.77
379	G376	687845.4	9106461.8	496	11	44	1	45173.20
380	G377	687845.4	9106462.9	495	11	45	12	45158.80
381	G378	687841.0	9106458.5	496	11	46	20	45161.33
382	G379	687838.8	9106456.3	497	11	47	31	45160.83
383	G380	687836.6	9106455.2	498	11	48	42	45158.47
384	G381	687832.2	9106456.4	497	11	49	43	45153.50
385	G382	687832.2	9106451.9	498	11	50	31	45173.70
386	G383	687830.0	9106453.0	499	11	51	13	45190.90
387	G384	687828.8	9106448.6	499	11	52	24	45162.03
388	G385	687826.6	9106446.4	500	11	53	35	45126.73
389	G386	687825.5	9106442.0	500	11	54	43	45151.70
390	G387	687824.4	9106442.0	500	11	55	22	45117.97
391	G388	687823.3	9106439.8	499	11	6	10	45109.83

392	G389	687822.2	9106437.6	497	11	7	13	45108.67
393	G390	687822.2	9106434.3	492	11	8	24	45108.67
394	G391	687817.8	9106432.1	496	11	9	36	45143.63
395	G392	687817.7	9106428.8	494	12	0	42	45136.03
396	G393	687817.7	9106428.8	496	12	1	30	45118.57
397	G394	687817.7	9106426.6	495	12	2	25	45084.60
398	G395	687826.4	9106402.2	494	12	3	15	45055.10
399	G396	687816.6	9106421.0	493	12	4	25	45089.77
400	G397	687816.6	9106418.8	495	12	5	35	45067.30
401	G398	687814.4	9106416.6	496	12	6	43	45076.23
402	G399	687813.3	9106414.4	496	12	7	25	45086.53
403	G400	687813.3	9106411.1	496	12	8	26	45060.73
404	G401	687813.2	9106408.9	496	12	9	27	45083.47
405	G402	687814.3	9106404.4	496	12	10	34	45068.93
406	G403	687813.2	9106401.1	497	12	11	46	45088.77
407	G404	687812.1	9106398.9	496	12	12	56	45096.17
408	G405	687811.0	9106395.6	495	12	13	7	45075.87
409	G406	687808.8	9106393.4	494	12	14	25	45071.73
410	G407	687807.7	9106389.0	494	12	15	36	45072.07
411	G408	687805.4	9106386.8	495	12	16	44	45074.03
412	G409	687804.3	9106384.6	495	12	17	33	45072.47
413	G410	687802.1	9106382.4	498	12	18	18	45096.57
414	G411	687801.0	9106381.3	496	12	19	27	45098.60
415	G412	687799.9	9106378.0	496	12	20	34	45098.27
416	G413	687794.4	9106375.8	495	12	21	47	45076.07
417	G414	687792.2	9106374.7	495	12	22	27	45080.43
418	G415	687789.9	9106371.4	498	12	23	18	45069.33
419	G416	687788.8	9106370.3	495	12	24	17	45054.00
420	G417	687783.3	9106373.6	497	12	25	25	45036.83
421	G418	687783.3	9106368.1	497	12	26	32	45025.94
422	G419	687777.8	9106367.0	496	12	27	43	45017.83
423	G420	687776.7	9106362.6	497	12	28	24	45015.15
424	G421	687776.7	9106359.3	496	12	29	18	45044.13
425	G422	687775.6	9106357.1	497	12	30	16	45024.77
426	G423	687774.4	9106354.8	497	12	31	23	45218.63
427	G424	687775.6	9106359.3	496	12	32	33	45179.10
428	G425	687768.9	9106358.2	496	12	33	44	45145.60
429	G426	687766.7	9106358.2	498	12	34	25	45128.03
430	G427	687764.5	9106360.4	495	12	35	19	45095.77
431	G428	687762.3	9106360.4	494	12	36	17	45092.77
432	G429	687759.0	9106363.8	495	12	37	24	45101.00

433	G430	687755.7	9106364.9	494	12	38	35	45086.30
434	G431	687753.5	9106364.9	494	12	39	46	45084.33
435	G432	687752.5	9106369.3	494	12	40	17	45133.00
436	G433	687749.2	9106369.3	494	12	41	20	45151.20
437	G434	687743.7	9106373.8	494	12	42	21	45167.97
438	G435	687742.6	9106372.7	494	12	43	32	45194.87
439	G436	687740.4	9106374.9	499	12	44	45	45154.93
440	G437	687738.1	9106373.8	498	12	45	28	45173.20
441	G438	687732.6	9106372.7	496	12	46	18	45168.83
442	G439	687730.4	9106373.8	497	12	47	20	45149.10
443	G440	687726.0	9106379.4	498	12	48	31	45121.27
444	G441	687726.1	9106382.7	497	12	49	43	45130.60
445	G442	687723.9	9106386.0	496	12	50	24	45173.00
446	G443	687719.5	9106388.3	495	12	51	17	45032.90
447	G444	687718.4	9106387.2	495	12	52	16	45088.10
448	G445	687712.9	9106391.6	494	12	53	24	45156.93
449	G446	687714.0	9106391.6	495	12	54	32	45235.57
450	G447	687714.0	9106390.5	494	12	55	41	45216.06
451	G448	687718.4	9106388.3	497	12	56	25	45144.73
452	G449	687719.5	9106391.6	500	12	57	16	45156.87
453	G450	687721.7	9106392.7	500	12	58	16	45179.63
454	G451	687723.9	9106393.8	495	12	59	27	45192.67
455	G452	687728.3	9106397.1	494	13	2	27	45191.30
456	G453	687729.4	9106393.7	494	13	3	40	45237.70
457	G454	687731.6	9106392.6	496	13	4	41	45181.80
458	G455	687729.4	9106393.7	498	13	5	20	45128.13
459	G456	687723.9	9106386.0	490	13	22	5	45164.40
460	G457	687726.1	9106387.1	490	13	23	20	45176.70
461	G458	687728.3	9106386.0	490	13	24	1	45163.20
462	G459	687727.2	9106384.9	490	13	25	20	45176.13
463	G460	687726.1	9106387.1	490	13	26	11	45183.53
464	G461	687726.1	9106388.2	495	13	27	32	45195.73
465	G462	687726.1	9106388.2	495	13	28	43	45192.88
466	G463	687731.6	9106389.3	493	13	29	37	45194.50
467	G464	687734.9	9106392.6	492	13	30	12	45292.37
468	G465	687734.9	9106392.6	492	13	31	30	45192.57
469	G466	687736.0	9106393.7	493	13	32	13	45120.87
470	G467	687742.6	9106392.6	493	13	33	25	45167.47
471	G468	687742.6	9106392.6	495	13	34	11	45139.23
472	G469	687743.7	9106392.6	494	13	35	15	45180.43
473	G470	687743.8	9106395.9	498	13	36	2	45161.77

474	G471	687743.8	9106400.3	501	13	37	20	45180.43
475	G472	687747.1	9106400.3	505	13	38	1	45185.33
476	G473	687747.1	9106400.3	505	13	39	20	45153.43
477	G474	687747.1	9106402.5	504	13	40	22	45168.40
478	G475	687746.0	9106403.6	502	13	41	18	45226.77
479	G476	687747.1	9106405.8	502	13	42	30	45359.27
480	G477	687753.7	9106404.7	500	13	43	10	45209.70
481	G478	687758.1	9106405.8	500	13	44	15	45127.27
482	G479	687761.4	9106405.8	500	13	45	45	45078.93
483	G480	687761.4	9106408.0	501	13	46	31	45062.87
484	G481	687761.4	9106409.1	501	13	47	35	45053.73
485	G482	687764.8	9106410.2	505	13	48	26	45086.40
486	G483	687767.0	9106410.2	505	13	49	30	45118.37
487	G484	687767.0	9106411.3	504	13	50	25	45128.40
488	G485	687768.1	9106412.4	504	13	51	27	45133.23
489	G486	687778.0	9106412.3	504	13	52	45	45089.33
490	G487	687782.4	9106414.5	504	13	53	10	45097.10
491	G488	687786.8	9106413.4	503	13	54	20	45200.38
492	G489	687785.7	9106413.4	503	13	55	33	45102.55
493	G490	687784.6	9106413.4	503	13	56	31	45090.35
494	G491	687784.6	9106415.6	504	13	57	29	45096.25
495	G492	687788.0	9106422.3	503	13	58	45	45114.13
496	G493	687791.3	9106424.5	503	13	59	54	45148.23
497	G494	687790.2	9106427.8	502	14	5	32	45149.53
498	G495	687791.3	9106428.9	501	14	6	16	45125.33
499	G496	687794.6	9106431.1	500	14	7	21	45119.90
500	G497	687795.7	9106432.2	500	14	9	42	45165.50
501	G498	687800.1	9106431.1	501	14	10	44	45182.70
502	G499	687802.3	9106429.9	502	14	11	56	45175.53
503	G500	687802.3	9106431.0	502	14	12	41	45173.53
504	G501	687803.4	9106432.1	502	14	13	36	45160.67
505	G502	687802.3	9106432.1	502	14	14	25	45158.37
506	G503	687797.9	9106438.8	504	14	15	17	45176.00
507	G504	687796.8	9106439.9	504	14	16	24	45211.87
508	G505	687796.8	9106441.0	504	14	17	32	45218.33
509	G506	687792.4	9106442.1	503	14	18	40	45183.33
510	G507	687800.2	9106444.3	504	14	19	51	45189.90
511	G508	687803.5	9106449.8	505	14	20	42	45182.30
512	G509	687803.5	9106452.1	504	14	21	36	45192.47
513	G510	687807.9	9106455.4	505	14	22	10	45194.80
514	G511	687807.9	9106456.5	505	14	23	0	45187.47

515	G512	687817.9	9106465.3	500	14	23	35	45222.80
516	G513	687819.0	9106464.2	500	14	24	12	45222.87
517	G514	687824.5	9106465.2	502	14	25	2	45173.40
518	G515	687822.3	9106468.6	502	14	25	45	45166.23
519	G516	687825.6	9106471.9	499	14	26	31	45169.60
520	G517	687826.7	9106470.8	500	14	27	42	45164.83
521	G518	687828.9	9106469.6	500	14	28	29	45160.30
522	G519	687830.0	9106470.7	500	14	29	18	45172.40
523	G520	687832.3	9106474.1	500	14	30	20	45155.20
524	G521	687835.6	9106474.0	500	14	31	26	45159.33
525	G522	687838.9	9106475.1	501	14	32	10	45144.70
526	G523	687840.0	9106478.4	503	14	33	12	45159.37
527	G524	687840.0	9106479.5	503	14	34	20	45190.53
528	G525	687841.1	9106479.5	501	14	35	23	45077.53
529	G526	687834.5	9106478.5	500	14	36	31	45079.20
530	G527	687835.6	9106477.4	499	14	38	40	45088.33
531	G528	687838.9	9106479.6	502	14	39	20	45100.67
532	G529	687829.0	9106477.4	505	14	40	30	45101.23
533	G530	687829.0	9106475.2	500	14	41	12	45097.17
534	G531	687829.0	9106474.1	500	14	42	5	45081.80
535	G532	687827.8	9106471.9	500	14	43	10	45068.80
536	G533	687823.4	9106466.3	500	14	44	46	45057.57
537	G534	687822.3	9106465.2	500	14	45	30	45055.97
538	G535	687819.0	9106463.0	501	14	46	25	45070.30
539	G536	687816.8	9106463.1	499	14	47	10	45098.93
540	G537	687817.9	9106460.8	500	14	48	12	45067.53
541	G538	687817.9	9106465.3	500	14	49	8	45065.10
542	G539	687820.1	9106467.5	500	14	50	4	45051.00
543	G540	687822.3	9106469.7	500	14	51	15	45056.43
544	G541	687824.5	9106471.9	502	14	52	7	45058.50
545	G542	687828.9	9106473.0	502	14	53	8	45070.63
546	G543	687831.2	9106474.1	502	14	54	5	45088.27
547	G544	687831.2	9106474.1	504	14	55	12	45093.10
548	G545	687835.6	9106475.1	500	14	56	10	45075.20
549	G546	687840.0	9106478.4	502	14	57	5	45043.50
550	G547	687838.9	9106471.8	503	14	58	20	45086.67
551	G548	687836.7	9106472.9	503	14	59	12	45145.27
552	G549	687835.6	9106471.8	500	15	0	31	45126.27
553	G550	687824.5	9106470.8	500	15	1	27	45119.70
554	G551	687823.4	9106466.3	500	15	2	40	45104.00
555	G552	687826.7	9106465.2	500	15	3	53	45104.80

556	G553	687814.6	9106462.0	500	15	4	27	45090.13
557	G554	687815.7	9106460.8	500	15	5	43	45051.60
558	G555	687814.6	9106458.6	500	15	6	31	45040.60
559	G556	687813.5	9106457.5	500	15	7	27	45049.57
560	G557	687812.3	9106456.4	500	15	8	11	45069.90
561	G558	687812.3	9106453.1	500	15	9	21	45081.18
562	G559	687810.1	9106450.9	500	15	10	25	45094.78
563	G560	687807.9	9106450.9	500	15	11	35	45092.40
564	G561	687805.7	9106448.7	500	15	12	43	45087.33
565	G562	687804.6	9106445.4	500	15	13	54	45078.37
566	G563	687803.5	9106444.3	500	15	14	45	45078.23
567	G564	687801.3	9106443.2	499	15	15	33	45078.98
568	G565	687803.5	9106441.0	499	15	16	26	45078.45
569	G566	687801.3	9106439.9	499	15	17	14	45069.38
570	G567	687800.1	9106436.6	499	15	18	3	45074.25
571	G568	687799.0	9106436.6	499	15	19	12	45109.17
572	G569	687799.0	9106437.7	499	15	20	23	45112.03
573	G570	687800.2	9106439.9	500	15	21	34	45090.87
574	G571	687800.2	9106441.0	499	15	22	42	45102.30
575	G572	687800.2	9106443.2	499	15	23	56	45108.30
576	G573	687802.4	9106446.5	499	15	24	43	45104.60
577	G574	687804.6	9106447.6	499	15	25	35	45104.00
578	G575	687804.6	9106450.9	499	15	26	24	45105.78
579	G576	687804.6	9106452.0	499	15	27	12	45113.35
580	G577	687807.9	9106455.4	499	15	28	5	45108.20
581	G578	687803.5	9106458.7	500	15	29	14	45092.57
582	G579	687819.0	9106457.5	500	15	30	23	45070.50
583	G580	687822.3	9106459.7	500	15	31	30	45062.93
584	G581	687822.3	9106461.9	500	15	32	41	45040.73
585	G582	687821.2	9106468.6	500	15	33	50	45045.37
586	G583	687823.4	9106468.6	500	15	34	42	45078.70
587	G584	687812.4	9106466.4	500	15	35	38	45073.53
588	G585	687810.2	9106463.1	500	15	36	27	45073.30
589	G586	687810.1	9106457.6	500	15	37	18	45084.83
590	G587	687807.9	9106458.7	500	15	38	9	45084.40
591	G588	687804.6	9106456.5	500	15	39	17	45104.73
592	G589	687799.1	9106455.4	500	15	40	24	45118.80
593	G590	687800.2	9106448.7	500	15	41	31	45126.70
594	G591	687802.4	9106446.5	500	15	42	42	45131.73
595	G592	687802.4	9106443.2	500	15	43	52	45097.73
596	G593	687802.4	9106441.0	500	15	44	40	45079.93

597	G594	687803.5	9106439.9	500	15	45	31	45092.47
598	G595	687804.6	9106438.8	500	15	46	23	45127.17
599	G596	687801.2	9106435.5	500	15	47	14	45119.07
600	G597	687800.1	9106433.3	500	15	48	5	45118.37
601	G598	687800.1	9106431.1	500	15	49	13	45135.47
602	G599	687799.0	9106431.1	499	15	50	22	45127.00
603	G600	687796.8	9106430.0	500	15	51	33	45144.07
604	G601	687795.7	9106426.6	499	15	52	43	45136.47
605	G602	687793.5	9106424.4	499	15	53	50	45128.37
606	G603	687791.3	9106422.2	500	15	54	45	45169.60
607	G604	687790.2	9106421.1	500	15	55	30	45178.57
608	G605	687790.1	9106418.9	500	15	56	27	45193.80
609	G606	687789.0	9106416.7	500	15	57	12	45193.37
610	G607	687787.9	9106413.4	500	15	58	7	45174.20
611	base akhir hari kedua	687782.8	9106501.9	500	16	20	5	44912.60

## 2. Koreksi Data

### a. Hari pertama (Rabu, 04 Maret 2020)

No.	Nama Titik	Terkoreksi harian	IGRF	H anomali (nT)
1	Base Awal	44911.60	44938.7	-27.1
2	G001	45286.03	44938.7	347.33
3	G002	45226.27	44938.7	287.57
4	G003	45192.67	44938.7	253.97
5	G004	45178.78	44938.7	240.08
6	G005	45205.81	44938.7	267.11
7	G006	45193.66	44938.7	254.96
8	G007	45194.53	44938.7	255.83
9	G008	45355.37	44938.7	416.67
10	G009	45315.73	44938.7	377.03
11	G010	45422.49	44938.7	483.79
12	G011	45497.97	44938.7	559.27
13	G012	45303.17	44938.7	364.47
14	G013	45378.16	44938.7	439.46
15	G014	45267.26	44938.7	328.56
16	G015	45159.05	44938.7	220.35
17	G016	45087.26	44938.7	148.56

18	G017	45477.11	44938.7	538.41
19	G018	45317.20	44938.7	378.50
20	G019	45236.17	44938.7	297.47
21	G020	44780.18	44938.7	-158.52
22	G021	45596.36	44938.7	657.66
23	G022	45292.02	44938.7	353.32
24	G023	45245.45	44938.7	306.75
25	G024	45244.08	44938.7	305.38
26	G025	45217.63	44938.7	278.93
27	G026	45226.44	44938.7	287.74
28	G027	45191.05	44938.7	252.35
29	G028	45110.03	44938.7	171.33
30	G029	45325.60	44938.7	386.90
31	G030	45293.36	44938.7	354.66
32	G031	45369.29	44938.7	430.59
33	G032	45412.95	44938.7	474.25
34	G033	45421.88	44938.7	483.18
35	G034	45405.98	44938.7	467.28
36	G035	45556.01	44938.7	617.31
37	G036	45614.70	44938.7	676.00
38	G037	45669.70	44938.7	731.00
39	G038	45590.16	44938.7	651.46
40	G039	45366.89	44938.7	428.19
41	G040	45363.35	44938.7	424.65
42	G041	45490.62	44938.7	551.92
43	G042	45557.85	44938.7	619.15
44	G043	45631.01	44938.7	692.31
45	G044	45312.84	44938.7	374.14
46	G045	45268.80	44938.7	330.10
47	G046	45391.51	44938.7	452.81
48	G047	45367.61	44938.7	428.91
49	G048	45360.67	44938.7	421.97
50	G049	45304.06	44938.7	365.36
51	G050	45290.98	44938.7	352.28
52	G051	45225.81	44938.7	287.11
53	G052	45271.13	44938.7	332.43
54	G053	45202.52	44938.7	263.82
55	G054	45178.20	44938.7	239.50
56	G055	45153.25	44938.7	214.55
57	G056	45139.65	44938.7	200.95
58	G057	45182.22	44938.7	243.52

59	G058	45254.45	44938.7	315.75
60	G059	45296.74	44938.7	358.04
61	G060	45395.31	44938.7	456.61
62	G061	45291.34	44938.7	352.64
63	G062	45175.55	44938.7	236.85
64	G063	45134.49	44938.7	195.79
65	G064	45182.29	44938.7	243.59
66	G065	45168.62	44938.7	229.92
67	G066	45146.28	44938.7	207.58
68	G067	45180.94	44938.7	242.24
69	G068	45189.08	44938.7	250.38
70	G069	45141.50	44938.7	202.80
71	G070	45222.43	44938.7	283.73
72	G071	45191.57	44938.7	252.87
73	G072	45098.36	44938.7	159.66
74	G073	45172.29	44938.7	233.59
75	G074	45203.49	44938.7	264.79
76	G075	45252.04	44938.7	313.34
77	G076	45091.64	44938.7	152.94
78	G077	45135.17	44938.7	196.47
79	G078	45034.08	44938.7	95.38
80	G079	45061.09	44938.7	122.39
81	G080	45076.14	44938.7	137.44
82	G081	45094.35	44938.7	155.65
83	G082	45154.67	44938.7	215.97
84	G083	45086.04	44938.7	147.34
85	G084	45105.84	44938.7	167.14
86	G085	45089.50	44938.7	150.80
87	G086	45057.00	44938.7	118.30
88	G087	45036.13	44938.7	97.43
89	G088	45121.76	44938.7	183.06
90	G089	45104.01	44938.7	165.31
91	G090	45011.88	44938.7	73.18
92	G091	45123.04	44938.7	184.34
93	G092	45179.51	44938.7	240.81
94	G093	45221.23	44938.7	282.53
95	G094	45238.02	44938.7	299.32
96	G095	45270.36	44938.7	331.66
97	G096	45263.02	44938.7	324.32
98	G097	45210.92	44938.7	272.22
99	G098	45262.44	44938.7	323.74

100	G099	45249.77	44938.7	311.07
101	G100	45233.63	44938.7	294.93
102	G101	45227.16	44938.7	288.46
103	G102	45234.56	44938.7	295.86
104	G103	45254.93	44938.7	316.23
105	G104	45250.12	44938.7	311.42
106	G105	45257.82	44938.7	319.12
107	G106	45276.73	44938.7	338.03
108	G107	45276.85	44938.7	338.15
109	G108	45261.65	44938.7	322.95
110	G109	45199.29	44938.7	260.59
111	G110	45140.79	44938.7	202.09
112	G111	44969.81	44938.7	31.11
113	G112	45166.23	44938.7	227.53
114	G113	44939.60	44938.7	0.90
115	G114	45113.76	44938.7	175.06
116	G115	45186.57	44938.7	247.87
117	G116	45184.64	44938.7	245.94
118	G117	45193.50	44938.7	254.80
119	G118	45208.82	44938.7	270.12
120	G119	45206.94	44938.7	268.24
121	G120	45195.36	44938.7	256.66
122	G121	45183.38	44938.7	244.68
123	G122	45197.20	44938.7	258.50
124	G123	45172.62	44938.7	233.92
125	G124	45166.91	44938.7	228.21
126	G125	45148.46	44938.7	209.76
127	G126	45142.69	44938.7	203.99
128	G127	45165.65	44938.7	226.95
129	G128	45151.46	44938.7	212.76
130	G129	45170.29	44938.7	231.59
131	G130	45179.58	44938.7	240.88
132	G131	45197.83	44938.7	259.13
133	G132	45148.55	44938.7	209.85
134	G133	45145.69	44938.7	206.99
135	G134	45168.95	44938.7	230.25
136	G135	45145.21	44938.7	206.51
137	G136	45159.99	44938.7	221.29
138	G137	45212.04	44938.7	273.34
139	G138	45265.55	44938.7	326.85
140	G139	45269.54	44938.7	330.84

141	G140	45265.09	44938.7	326.39
142	G141	45273.96	44938.7	335.26
143	G142	45249.98	44938.7	311.28
144	G143	45240.37	44938.7	301.67
145	G144	45259.32	44938.7	320.62
146	G145	45250.82	44938.7	312.12
147	G146	45332.92	44938.7	394.22
148	G147	45423.84	44938.7	485.14
149	G148	45315.08	44938.7	376.38
150	G149	45179.99	44938.7	241.29
151	G150	45230.69	44938.7	291.99
152	G151	45227.96	44938.7	289.26
153	G152	45236.07	44938.7	297.37
154	G153	45240.78	44938.7	302.08
155	G154	45236.72	44938.7	298.02
156	G155	45179.75	44938.7	241.05
157	G156	45188.25	44938.7	249.55
158	G157	45215.71	44938.7	277.01
159	G158	45259.78	44938.7	321.08
160	G159	45340.28	44938.7	401.58
161	G160	45388.03	44938.7	449.33
162	G161	45373.29	44938.7	434.59
163	G162	45210.83	44938.7	272.13
164	G163	45207.76	44938.7	269.06
165	G164	45239.68	44938.7	300.98
166	G165	45308.55	44938.7	369.85
167	G166	45268.67	44938.7	329.97
168	G167	45209.08	44938.7	270.38
169	G168	45163.96	44938.7	225.26
170	G169	45238.87	44938.7	300.17
171	G170	45310.08	44938.7	371.38
172	G171	45305.59	44938.7	366.89
173	G172	45301.26	44938.7	362.56
174	G173	45154.78	44938.7	216.08
175	G174	45170.54	44938.7	231.84
176	G175	45129.47	44938.7	190.77
177	G176	45360.06	44938.7	421.36
178	G177	45277.43	44938.7	338.73
179	G178	45293.89	44938.7	355.19
180	G179	45257.58	44938.7	318.88
181	Base	44911.60	44938.7	-27.10

b. Hari kedua (Kamis, 05 Maret 2020)

No.	Nama Titik	terkoreksi harian	IGRF	H anomali (nT)
182	Base hari 2	44914.27	44938.7	-24.43
183	G180	45277.56	44938.7	338.86
184	G181	45292.23	44938.7	353.53
185	G182	45294.04	44938.7	355.34
186	G183	45234.59	44938.7	295.89
187	G184	45225.49	44938.7	286.79
188	G185	45278.39	44938.7	339.69
189	G186	45363.05	44938.7	424.35
190	G187	45196.95	44938.7	258.25
191	G188	45182.50	44938.7	243.80
192	G189	45263.92	44938.7	325.22
193	G190	45282.76	44938.7	344.06
194	G191	45190.46	44938.7	251.76
195	G192	45172.86	44938.7	234.16
196	G193	45234.42	44938.7	295.72
197	G194	45224.72	44938.7	286.02
198	G195	45153.42	44938.7	214.72
199	G196	45133.38	44938.7	194.68
200	G197	45169.38	44938.7	230.68
201	G198	45198.74	44938.7	260.04
202	G199	45158.29	44938.7	219.59
203	G200	45216.84	44938.7	278.14
204	G201	45259.27	44938.7	320.57
205	G202	45271.67	44938.7	332.97
206	G203	45245.75	44938.7	307.05
207	G204	45267.26	44938.7	328.56
208	G205	45245.64	44938.7	306.94
209	G206	45247.49	44938.7	308.79
210	G207	45153.92	44938.7	215.22
211	G208	45138.77	44938.7	200.07
212	G209	45212.77	44938.7	274.07
213	G210	45182.29	44938.7	243.59
214	G211	45191.58	44938.7	252.88
215	G212	45151.33	44938.7	212.63
216	G213	45233.99	44938.7	295.29
217	G214	45192.34	44938.7	253.64

218	G215	45222.74	44938.7	284.04
219	G216	45294.90	44938.7	356.20
220	G217	45222.00	44938.7	283.30
221	G218	45221.85	44938.7	283.15
222	G219	45211.01	44938.7	272.31
223	G220	45220.28	44938.7	281.58
224	G221	45274.32	44938.7	335.62
225	G222	45207.07	44938.7	268.37
226	G223	45140.75	44938.7	202.05
227	G224	45217.03	44938.7	278.33
228	G225	45074.48	44938.7	135.78
229	G226	45241.18	44938.7	302.48
230	G227	45148.65	44938.7	209.95
231	G228	44958.19	44938.7	19.49
232	G229	45007.49	44938.7	68.79
233	G230	45231.70	44938.7	293.00
234	G231	45311.80	44938.7	373.10
235	G232	45187.07	44938.7	248.37
236	G233	45220.54	44938.7	281.84
237	G234	45365.16	44938.7	426.46
238	G235	45343.70	44938.7	405.00
239	G236	45268.36	44938.7	329.66
240	G237	45341.87	44938.7	403.17
241	G238	45309.28	44938.7	370.58
242	G239	45270.63	44938.7	331.93
243	G240	45080.34	44938.7	141.64
244	G241	45059.19	44938.7	120.49
245	G242	45106.50	44938.7	167.80
246	G243	45164.85	44938.7	226.15
247	G244	45127.50	44938.7	188.80
248	G245	45193.53	44938.7	254.83
249	G246	45207.87	44938.7	269.17
250	G247	45210.51	44938.7	271.81
251	G248	45216.32	44938.7	277.62
252	G249	45216.78	44938.7	278.08
253	G250	45201.00	44938.7	262.30
254	G251	45146.83	44938.7	208.13
255	G252	45183.83	44938.7	245.13
256	G253	45226.89	44938.7	288.19
257	G254	45215.34	44938.7	276.64
258	G255	45211.50	44938.7	272.80

259	G256	45221.70	44938.7	283.00
260	G257	45193.70	44938.7	255.00
261	G258	45164.51	44938.7	225.81
262	G259	45155.23	44938.7	216.53
263	G260	45160.71	44938.7	222.01
264	G261	45183.52	44938.7	244.82
265	G262	45164.12	44938.7	225.42
266	G263	45170.33	44938.7	231.63
267	G264	45179.13	44938.7	240.43
268	G265	45249.88	44938.7	311.18
269	G266	45293.28	44938.7	354.58
270	G267	45199.30	44938.7	260.60
271	G268	45189.85	44938.7	251.15
272	G269	45195.60	44938.7	256.90
273	G270	45204.95	44938.7	266.25
274	G271	45222.88	44938.7	284.18
275	G272	45214.16	44938.7	275.46
276	G273	45194.76	44938.7	256.06
277	G274	45171.31	44938.7	232.61
278	G275	45126.57	44938.7	187.87
279	G276	45109.87	44938.7	171.17
280	G277	45095.67	44938.7	156.97
281	G278	45099.38	44938.7	160.68
282	G279	45097.26	44938.7	158.56
283	G280	45088.34	44938.7	149.64
284	G281	45092.51	44938.7	153.81
285	G282	45098.29	44938.7	159.59
286	G283	45106.32	44938.7	167.62
287	G284	45130.44	44938.7	191.74
288	G285	45210.86	44938.7	272.16
289	G286	45218.88	44938.7	280.18
290	G287	45220.52	44938.7	281.82
291	G288	45219.56	44938.7	280.86
292	G289	45214.55	44938.7	275.85
293	G290	45269.96	44938.7	331.26
294	G291	45187.61	44938.7	248.91
295	G292	45123.81	44938.7	185.11
296	G293	45098.12	44938.7	159.42
297	G294	45094.32	44938.7	155.62
298	G295	45097.52	44938.7	158.82
299	G296	45112.32	44938.7	173.62

300	G297	45126.69	44938.7	187.99
301	G298	45144.23	44938.7	205.53
302	G299	45157.50	44938.7	218.80
303	G300	45152.38	44938.7	213.68
304	G301	45151.19	44938.7	212.49
305	G302	45140.19	44938.7	201.49
306	G303	45132.39	44938.7	193.69
307	G304	45134.71	44938.7	196.01
308	G305	45148.85	44938.7	210.15
309	G306	45148.85	44938.7	210.15
310	G307	45262.96	44938.7	324.26
311	G308	45182.98	44938.7	244.28
312	G309	45259.70	44938.7	321.00
313	G310	45308.71	44938.7	370.01
314	G311	45175.92	44938.7	237.22
315	G312	45241.72	44938.7	303.02
316	G313	45206.97	44938.7	268.27
317	G314	45158.47	44938.7	219.77
318	G315	45174.28	44938.7	235.58
319	G316	45357.08	44938.7	418.38
320	G317	45343.88	44938.7	405.18
321	G318	45167.42	44938.7	228.72
322	G319	45147.42	44938.7	208.72
323	G320	45230.79	44938.7	292.09
324	G321	45209.84	44938.7	271.14
325	G322	45133.90	44938.7	195.20
326	G323	45131.55	44938.7	192.85
327	G324	45222.30	44938.7	283.60
328	G325	45213.46	44938.7	274.76
329	G326	45152.01	44938.7	213.31
330	G327	45151.81	44938.7	213.11
331	G328	45185.58	44938.7	246.88
332	G329	45182.58	44938.7	243.88
333	G330	45147.07	44938.7	208.37
334	G331	45148.32	44938.7	209.62
335	G332	45183.99	44938.7	245.29
336	G333	45228.08	44938.7	289.38
337	G334	45162.48	44938.7	223.78
338	G335	45191.58	44938.7	252.88
339	G336	45225.97	44938.7	287.27
340	G337	45179.99	44938.7	241.29

341	G338	45172.61	44938.7	233.91
342	G339	45173.39	44938.7	234.69
343	G340	45261.81	44938.7	323.11
344	G341	45231.69	44938.7	292.99
345	G342	45224.14	44938.7	285.44
346	G343	45230.95	44938.7	292.25
347	G344	45220.20	44938.7	281.50
348	G345	45133.15	44938.7	194.45
349	G346	45134.28	44938.7	195.58
350	G347	45165.86	44938.7	227.16
351	G348	45153.86	44938.7	215.16
352	G349	45212.36	44938.7	273.66
353	G350	45215.22	44938.7	276.52
354	G351	45154.20	44938.7	215.50
355	G352	45160.80	44938.7	222.10
356	G353	45211.23	44938.7	272.53
357	G354	45206.03	44938.7	267.33
358	G355	45150.93	44938.7	212.23
359	G356	45152.86	44938.7	214.16
360	G357	45192.11	44938.7	253.41
361	G358	45186.44	44938.7	247.74
362	G359	45144.82	44938.7	206.12
363	G360	45140.30	44939.7	201.60
364	G361	45178.81	44940.7	240.11
365	G362	45177.58	44941.7	238.88
366	G363	45129.91	44942.7	191.21
367	G364	45135.40	44943.7	196.70
368	G365	45175.92	44944.7	237.22
369	G366	45187.83	44945.7	249.13
370	G367	45138.18	44946.7	199.48
371	G368	45146.48	44947.7	207.78
372	G369	45205.96	44948.7	267.26
373	G370	45112.69	44949.7	173.99
374	G371	45113.89	44950.7	175.19
375	G372	45119.13	44951.7	180.43
376	G373	45116.43	44952.7	177.73
377	G374	45130.37	44953.7	191.67
378	G375	45131.47	44954.7	192.77
379	G376	45173.91	44955.7	235.21
380	G377	45159.51	44956.7	220.81
381	G378	45162.05	44957.7	223.35

382	G379	45161.55	44958.7	222.85
383	G380	45159.19	44959.7	220.49
384	G381	45154.23	44960.7	215.53
385	G382	45174.43	44961.7	235.73
386	G383	45191.63	44962.7	252.93
387	G384	45162.77	44963.7	224.07
388	G385	45127.47	44964.7	188.77
389	G386	45152.44	44965.7	213.74
390	G387	45118.71	44966.7	180.01
391	G388	45110.41	44967.7	171.71
392	G389	45109.24	44968.7	170.54
393	G390	45109.25	44969.7	170.55
394	G391	45144.22	44970.7	205.52
395	G392	45136.79	44971.7	198.09
396	G393	45119.33	44972.7	180.63
397	G394	45085.37	44973.7	146.67
398	G395	45055.87	44974.7	117.17
399	G396	45090.54	44975.7	151.84
400	G397	45068.08	44976.7	129.38
401	G398	45077.02	44977.7	138.32
402	G399	45087.32	44978.7	148.62
403	G400	45061.52	44979.7	122.82
404	G401	45084.26	44980.7	145.56
405	G402	45069.73	44981.7	131.03
406	G403	45089.57	44982.7	150.87
407	G404	45096.97	44983.7	158.27
408	G405	45076.67	44984.7	137.97
409	G406	45072.55	44985.7	133.85
410	G407	45072.88	44986.7	134.18
411	G408	45074.84	44987.7	136.14
412	G409	45073.29	44988.7	134.59
413	G410	45097.39	44989.7	158.69
414	G411	45099.43	44990.7	160.73
415	G412	45099.10	44991.7	160.40
416	G413	45076.90	44992.7	138.20
417	G414	45081.27	44993.7	142.57
418	G415	45070.18	44994.7	131.48
419	G416	45054.85	44995.7	116.15
420	G417	45037.68	44996.7	98.98
421	G418	45026.79	44997.7	88.09
422	G419	45018.69	44998.7	79.99

423	G420	45016.01	44999.7	77.31
424	G421	45045.00	45000.7	106.30
425	G422	45025.63	45001.7	86.93
426	G423	45219.50	45002.7	280.80
427	G424	45179.97	45003.7	241.27
428	G425	45146.48	45004.7	207.78
429	G426	45128.91	45005.7	190.21
430	G427	45096.65	45006.7	157.95
431	G428	45093.65	45007.7	154.95
432	G429	45101.89	45008.7	163.19
433	G430	45087.20	45009.7	148.50
434	G431	45085.23	45010.7	146.53
435	G432	45133.90	45011.7	195.20
436	G433	45152.11	45012.7	213.41
437	G434	45168.88	45013.7	230.18
438	G435	45195.78	45014.7	257.08
439	G436	45155.85	45015.7	217.15
440	G437	45174.12	45016.7	235.42
441	G438	45169.76	45017.7	231.06
442	G439	45150.03	45018.7	211.33
443	G440	45122.20	45019.7	183.50
444	G441	45131.53	45020.7	192.83
445	G442	45173.94	45021.7	235.24
446	G443	45033.84	45022.7	95.14
447	G444	45089.04	45023.7	150.34
448	G445	45157.88	45024.7	219.18
449	G446	45236.52	45025.7	297.82
450	G447	45217.02	45026.7	278.32
451	G448	45145.68	45027.7	206.98
452	G449	45157.83	45028.7	219.13
453	G450	45180.60	45029.7	241.90
454	G451	45193.64	45030.7	254.94
455	G452	45192.28	45031.7	253.58
456	G453	45238.68	45032.7	299.98
457	G454	45182.79	45033.7	244.09
458	G455	45129.12	45034.7	190.42
459	G456	45165.45	45035.7	226.75
460	G457	45177.75	45036.7	239.05
461	G458	45164.25	45037.7	225.55
462	G459	45177.18	45038.7	238.48
463	G460	45184.59	45039.7	245.89

464	G461	45196.80	45040.7	258.10
465	G462	45193.95	45041.7	255.25
466	G463	45195.57	45042.7	256.87
467	G464	45293.44	45043.7	354.74
468	G465	45193.65	45044.7	254.95
469	G466	45121.95	45045.7	183.25
470	G467	45168.55	45046.7	229.85
471	G468	45140.32	45047.7	201.62
472	G469	45181.53	45048.7	242.83
473	G470	45162.86	45049.7	224.16
474	G471	45181.53	45050.7	242.83
475	G472	45186.44	45051.7	247.74
476	G473	45154.54	45052.7	215.84
477	G474	45169.51	45053.7	230.81
478	G475	45227.88	45054.7	289.18
479	G476	45360.38	45055.7	421.68
480	G477	45210.82	45056.7	272.12
481	G478	45128.39	45057.7	189.69
482	G479	45080.06	45058.7	141.36
483	G480	45064.00	45059.7	125.30
484	G481	45054.87	45060.7	116.17
485	G482	45087.54	45061.7	148.84
486	G483	45119.51	45062.7	180.81
487	G484	45129.55	45063.7	190.85
488	G485	45134.38	45064.7	195.68
489	G486	45090.49	45065.7	151.79
490	G487	45098.26	45066.7	159.56
491	G488	45201.53	45067.7	262.83
492	G489	45103.71	45068.7	165.01
493	G490	45091.52	45069.7	152.82
494	G491	45097.42	45070.7	158.72
495	G492	45115.30	45071.7	176.60
496	G493	45149.40	45072.7	210.70
497	G494	45150.73	45073.7	212.03
498	G495	45126.53	45074.7	187.83
499	G496	45121.10	45075.7	182.40
500	G497	45166.71	45076.7	228.01
501	G498	45183.92	45077.7	245.22
502	G499	45176.75	45078.7	238.05
503	G500	45174.76	45079.7	236.06
504	G501	45161.89	45080.7	223.19

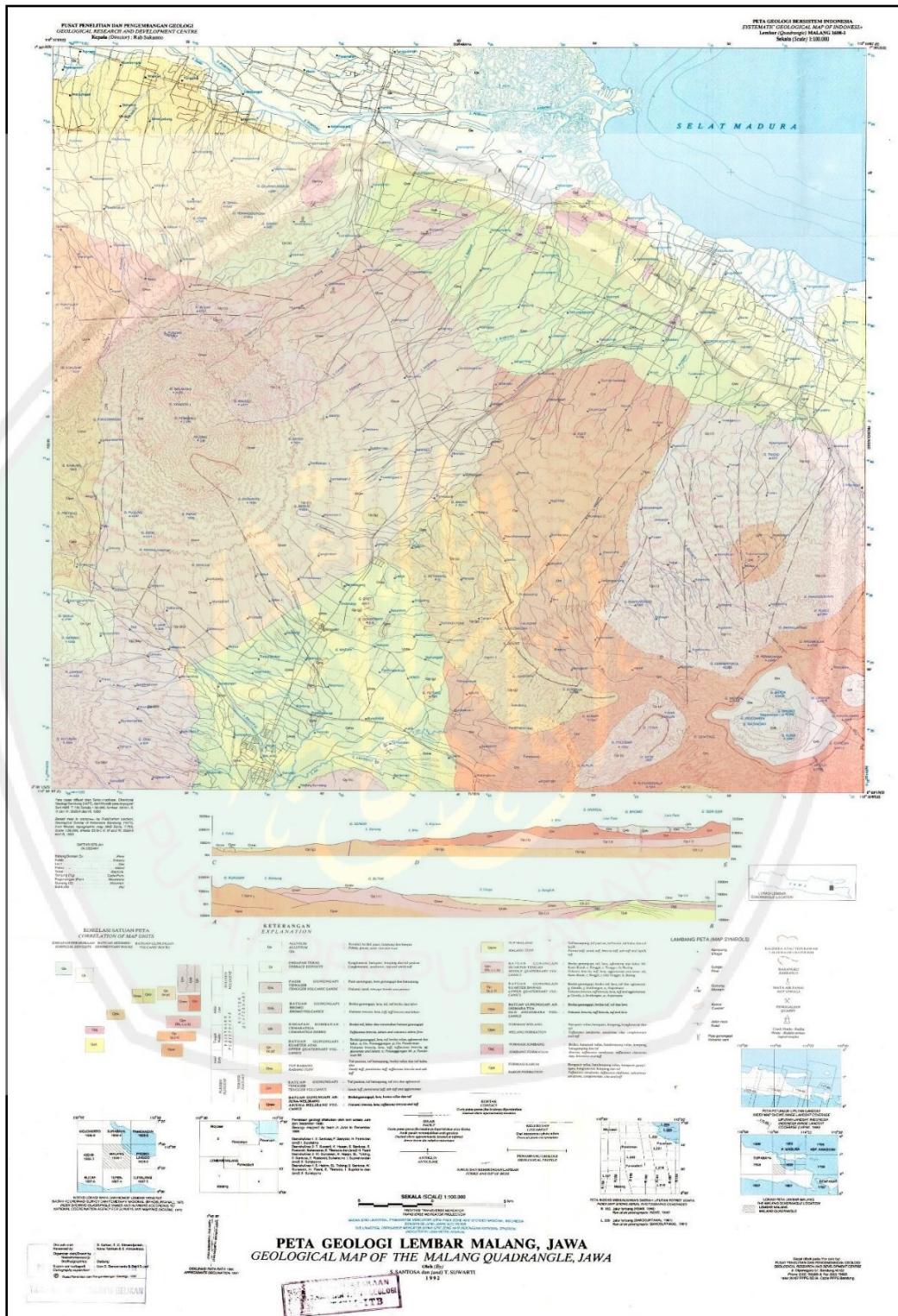
505	G502	45159.60	45081.7	220.90
506	G503	45177.23	45082.7	238.53
507	G504	45213.10	45083.7	274.40
508	G505	45219.57	45084.7	280.87
509	G506	45184.58	45085.7	245.88
510	G507	45191.15	45086.7	252.45
511	G508	45183.55	45087.7	244.85
512	G509	45193.72	45088.7	255.02
513	G510	45196.06	45089.7	257.36
514	G511	45188.73	45090.7	250.03
515	G512	45224.06	45091.7	285.36
516	G513	45224.13	45092.7	285.43
517	G514	45174.67	45093.7	235.97
518	G515	45167.50	45094.7	228.80
519	G516	45170.87	45095.7	232.17
520	G517	45166.11	45096.7	227.41
521	G518	45161.58	45097.7	222.88
522	G519	45173.68	45098.7	234.98
523	G520	45156.48	45099.7	217.78
524	G521	45160.62	45100.7	221.92
525	G522	45145.99	45101.7	207.29
526	G523	45160.66	45102.7	221.96
527	G524	45191.83	45103.7	253.13
528	G525	45078.84	45104.7	140.14
529	G526	45080.51	45105.7	141.81
530	G527	45089.65	45106.7	150.95
531	G528	45101.98	45107.7	163.28
532	G529	45102.55	45108.7	163.85
533	G530	45098.49	45109.7	159.79
534	G531	45083.13	45110.7	144.43
535	G532	45070.13	45111.7	131.43
536	G533	45058.90	45112.7	120.20
537	G534	45057.30	45113.7	118.60
538	G535	45071.64	45114.7	132.94
539	G536	45100.28	45115.7	161.58
540	G537	45068.88	45116.7	130.18
541	G538	45066.45	45117.7	127.75
542	G539	45052.35	45118.7	113.65
543	G540	45057.79	45119.7	119.09
544	G541	45059.86	45120.7	121.16
545	G542	45072.00	45121.7	133.30

546	G543	45089.63	45122.7	150.93
547	G544	45094.47	45123.7	155.77
548	G545	45076.57	45124.7	137.87
549	G546	45044.88	45125.7	106.18
550	G547	45088.05	45126.7	149.35
551	G548	45146.65	45127.7	207.95
552	G549	45127.66	45128.7	188.96
553	G550	45121.09	45129.7	182.39
554	G551	45105.40	45130.7	166.70
555	G552	45106.20	45131.7	167.50
556	G553	45091.54	45132.7	152.84
557	G554	45053.01	45133.7	114.31
558	G555	45042.01	45134.7	103.31
559	G556	45050.98	45135.7	112.28
560	G557	45071.32	45136.7	132.62
561	G558	45082.60	45137.7	143.90
562	G559	45096.20	45138.7	157.50
563	G560	45093.83	45139.7	155.13
564	G561	45088.77	45140.7	150.07
565	G562	45079.80	45141.7	141.10
566	G563	45079.66	45142.7	140.96
567	G564	45080.42	45143.7	141.72
568	G565	45079.90	45144.7	141.20
569	G566	45070.82	45145.7	132.12
570	G567	45075.70	45146.7	137.00
571	G568	45110.62	45147.7	171.92
572	G569	45113.49	45148.7	174.79
573	G570	45092.33	45149.7	153.63
574	G571	45103.77	45150.7	165.07
575	G572	45109.77	45151.7	171.07
576	G573	45106.07	45152.7	167.37
577	G574	45105.48	45153.7	166.78
578	G575	45107.25	45154.7	168.55
579	G576	45114.83	45155.7	176.13
580	G577	45109.69	45156.7	170.99
581	G578	45094.06	45157.7	155.36
582	G579	45071.99	45158.7	133.29
583	G580	45064.43	45159.7	125.73
584	G581	45042.24	45160.7	103.54
585	G582	45046.87	45161.7	108.17
586	G583	45080.21	45162.7	141.51

587	G584	45075.05	45163.7	136.35
588	G585	45074.81	45164.7	136.11
589	G586	45086.35	45165.7	147.65
590	G587	45085.92	45166.7	147.22
591	G588	45106.26	45167.7	167.56
592	G589	45120.33	45168.7	181.63
593	G590	45128.23	45169.7	189.53
594	G591	45133.27	45170.7	194.57
595	G592	45099.27	45171.7	160.57
596	G593	45081.48	45172.7	142.78
597	G594	45094.01	45173.7	155.31
598	G595	45128.72	45174.7	190.02
599	G596	45120.62	45175.7	181.92
600	G597	45119.92	45176.7	181.22
601	G598	45137.03	45177.7	198.33
602	G599	45128.56	45178.7	189.86
603	G600	45145.63	45179.7	206.93
604	G601	45138.04	45180.7	199.34
605	G602	45129.94	45181.7	191.24
606	G603	45171.18	45182.7	232.48
607	G604	45180.15	45183.7	241.45
608	G605	45195.38	45184.7	256.68
609	G606	45194.95	45185.7	256.25
610	G607	45175.79	45186.7	237.09
611	base akhir hari kedua	44914.27	45187.7	-24.43

## LAMPIRAN 2

Gambar Peta Geologi Lembar Malang

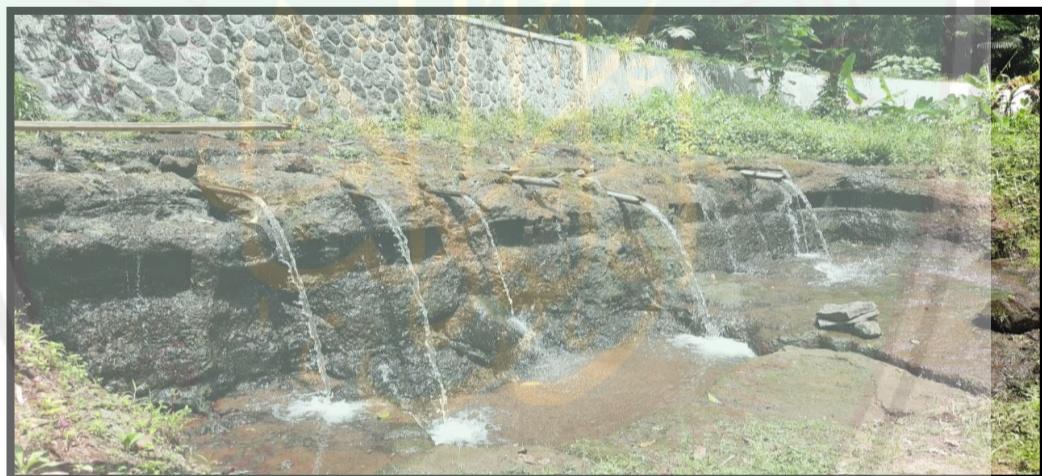


### **LAMPIRAN 3**

Dokumentasi Pengambilan Data Geomagnetik



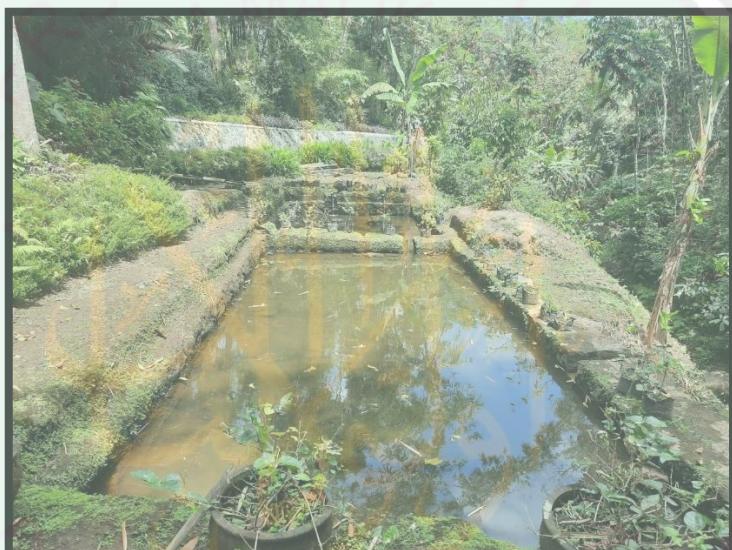
Singkapan Kolam Petirtaan 1



Singkapan Kolam Petirtaan 2



Singkapan Kolam 3



Singkapan Kolam 4 dan 5



Sinngkapan Kolam 6



Singakapan Kolam 7



Kegiatan Pengambilan Data Geomagnet



Tim Pengambilan data dan Juru Kunci



#### LAMPIRAN 4



#### KEMENTERIAN AGAMA RI UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

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

#### BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama	: Moh. Aditia Guntara
NIM	: 14640016
Fakultas/ Jurusan	: Sains dan Teknologi/ Fisika
Judul Skripsi	: Pemetaan Struktur Bawah Permukaan Situs Arkeologi Petirtaan Ngawonggo Kecamatan Tajinan Kabupaten Malang Menggunakan Metode Magnetik
Pembimbing I	: Drs. Abdul Basid, M.Si
Pembimbing II	: Ahmad Abtokhi, M. Pd

NO.	TANGGAL	MATERI	TANDA TANGAN
1	20 Januari 2020	Konsultasi Bab I	
2	03 Februari 2020	Konsultasi Bab II dan III	
3	07 Februari 2020	Konsultasi Bab I, II, III, dan Acc	
4	22 September 2020	Konsultasi Data Hasil Bab IV	
5	02 Oktober 2020	Konsultasi Pembahasan Bab IV	
6	08 Oktober 2020	Konsultasi Kajian Agama	
7	12 Oktober 2020	Konsultasi Bab IV dan V	
8	21 Oktober 2020	Konsultasi kajian agama dan Acc	
9	01 Desember 2020	Konsultasi semua Bab, Abstrak dan Acc	

Malang, 02 Desember 2020

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Fisika

