



**PENDUGAAN MODEL ANOMALI MAGNETIK
STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN DESA KLAKAH
KABUPATEN LUMAJANG**

SKRIPSI

Oleh
Umi Mar'atus Sholihah
NIM 111810201047

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER**

2015



**PENDUGAAN MODEL ANOMALI MAGNETIK
STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN DESA KLAKAH
KABUPATEN LUMAJANG**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Fisika (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh
Umi Mar'atus Sholihah
NIM 111810201047

JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2015

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. kedua orang tua saya, Ibu Sulikah dan Bapak Kawi yang selalu memberikan do'a, dukungan, pengorbanan, dan kasih sayangnya kepada saya;
2. keenam saudara saya, Mudhofah, Mu'aziyah, Muntashiroh, Priyono, Susilowati, dan Nurul Mudzakir yang telah memberikan do'a, dukungan, pengorbanan dan kasih sayangnya begitu besar yang tidak bisa diungkapkan dengan kata-kata;
3. guru-guru TK Muslimat NU Banjaranyar, MI Al-Mu'awanah Banjaranyar, SMPN 2 Paciran, SMAN 1 Paciran, sampai Perguruan Tinggi yang telah memberikan ilmu dan pengalamannya;
4. Almamater yang saya banggakan Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
5. saudara-saudara saya di Pecinta Alam Mahasiswa MIPA (PALAPA) yang telah memberikan dukungan, serta semangat kepada saya.

MOTTO

Ilmu yang bermanfaat adalah ilmu yang dijadikan motivasi untuk melaksanakan ketaatan dan memelihara rasa takut kepada Allah SWT*)

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila kamu telah selesai (dari sesuatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain. Dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap.” **)

*) Ataillah, Ibnu. 2013. *Cahaya Nabawiy, Majalah Dakwah Islam Menuju Ridho Ilahi*. Edisi No.117.ISBN: Jakarta.

***) Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. *Al-Qur'an dan Terjemahannya*. Semarang: PT Kumudasmoro Grafindo.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Umi Mar'atus Sholihah

NIM : 111810201047

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Pendugaan Model Anomali Magnetik Struktur Bawah Permukaan Desa Klakah Kabupaten Lumajang” adalah benar-benar hasil karya bersama antara dosen pembimbing dan saya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Desember 2015

Yang menyatakan,

Umi Mar'atus Sholihah

111810201047

SKRIPSI

**PENDUGAAN MODEL ANOMALI MAGNETIK
STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN DESA KLAKAH
KABUPATEN LUMAJANG**

Oleh
Umi Mar'atus Sholihah
NIM 111810201047

Pembimbing

Pembimbing Utama : Supriyadi, S.Si., M.Si.

Pembimbing Anggota : Nurul Priyantari, S.Si., M.Si.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pendugaan Model Anomali Magnetik Struktur Bawah Permukaan Desa Klakah Kabupaten Lumajang” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal :

Tempat : Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember

Tim Penguji:

Ketua (DPU),

Sekretaris (DPA),

Supriyadi, S.Si. M.Si.

Nurul Priyantari, S.Si., M.Si.

NIP. 198204242006041001

NIP. 197003271997022001

Penguji I,

Penguji II,

Dr. Edy Supriyanto, S.Si., M.Si.

Endhah Purwandari, S.Si., M.Si.

NIP. 196712151998021001

NIP. 198111112005012001

Mengesahkan

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Prof. Drs. Kusno, DEA., Ph.D.

NIP. 196101081986021001

RINGKASAN

Pendugaan Model Anomali Magnetik Struktur Bawah Permukaan Desa Klakah Kabupaten Lumajang; Umi Mar'atus Sholihah; 111810201047; 2015; (86) halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Gunung Lamongan merupakan salah satu gunungapi aktif yang terletak di Jawa Timur. Gunung Lamongan terletak pada koordinat $7^{\circ} 59'$ LS dan $113^{\circ} 20,5'$ BT. Gunung Lamongan memiliki ranu atau danau (*maar*) yang tersebar disekeliling Gunung Lamongan. Salah satunya adalah Ranu Klakah yang terletak di Desa Klakah. Struktur bawah permukaan Desa Klakah (Ranu Klakah) dapat diketahui dengan menggunakan metode geofisika, salah satunya adalah metode magnetik. Metode magnetik merupakan salah satu metode yang sering digunakan untuk eksplorasi bawah permukaan. Metode magnetik bekerja berdasarkan sifat kemagnetan yang dimiliki oleh suatu jenis batuan penyusun struktur bawah permukaan bumi.

Penelitian diawali dengan penentuan lokasi titik pengukuran. Pengambilan data di setiap titik pengukuran menggunakan alat yang bernama *Proton Precession Magnetometer* (PPM) dan *Global Positioning System* (GPS). PPM berfungsi untuk mendapatkan intensitas medan magnetik total dari setiap titik, sedangkan GPS berfungsi sebagai penunjuk arah dan penentuan posisi titik pengukuran. Informasi yang didapatkan dari hasil pengukuran merupakan gabungan dari medan magnet utama bumi, medan magnet akibat pengaruh dari luar bumi, dan anomali medan magnet daerah penelitian. Untuk mendapatkan anomali medan magnet daerah penelitian, maka dilakukan koreksi harian dan koreksi *International Geomagnetic Reference Field* (IGRF). Anomali medan magnet yang sudah didapatkan kemudian dilakukan koreksi reduksi ke kutub. Hasil dari reduksi ke kutub kemudian dilakukan

upward continuation, upward yang telah dilakukan dimulai dari (100-2000) meter. Hasil dari *upward* berupa peta kontur anomali regional dan peta kontur anomali residual (lokal). Anomali lokal yang dilakukan sayatan untuk memodelkan struktur bawah permukaan Desa Klakah. Terdapat tiga sayatan yaitu lintasan AB, CD, EF.

Lintasan AB dengan jarak 804.1051 meter memiliki lima bentuk atau *body* penyusun Desa Klakah. Lapisan pertama batu pasir dengan suseptibilitas 0,0005 (dalam SI). Lapisan kedua jenis batuan diorit dengan suseptibilitas 0,0810 (dalam SI). Batuan diabas dengan suseptibilitas 0.0440 (dalam SI). Lapisan dasar batuan andesit dengan nilai suseptibilitas 0,10 (dalam SI).

Lintasan CD dengan panjang lintasan 2014.52 m memiliki lima benda penyusun yang terdiri dari diorite dengan nilai suseptibilitas sebesar 0.082 (dalam SI). Diatasnya terdapat batuan basal dengan nilai suseptibilitas sebesar 0.0659 (dalam SI). Sebelah kanan jarak 1390.4 m terdapat 3 jenis batuan lagi yaitu diabas, olivin, dan batu pasir. Diabas dengan nilai suseptibilitas 0.0440 (dalam SI). Diatasnya terdapat sisipan batu pasir dengan nilai suseptibilitas sebesar 0.0005 (dalam SI). Jenis batuan yang dekat dengan permukaan yaitu dengan nilai suseptibilitas 0.030 (dalam SI).

Lintasan EF sepanjang 3676.188 m memiliki lima bentuk penyusun yang terdiri dari batuan diorit terletak pada dasar lapisan yang memiliki suseptibilitas sebesar 0.082 (dalam SI). Lapisan di atasnya adalah kuarsit dengan suseptibilitas 0.0045 (dalam SI). Lapisan diatasnya yaitu jenis basal dengan suseptibilitas 0.0689 (dalam SI) yang berada disebelah kanan dan kiri Ranu Klakah. Kemudian batuan yang dekat dengan permukaan diduga sebagai batu pasir dengan suseptibilitas 0.0005 (dalam SI). Berdasarkan ketiga pemodelan yang dilakukan dan didukung dengan peta geologi daerah penelitian, dapat diketahui bahwasannya penyusun struktur bawah Desa Klakah terdiri dari batuan jenis basal dan andesit, yang mana batuan tersebut merupakan batuan hasil erupsi dari Gunung Lamongan.

PRAKATA

Puji Syukur kami panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya serta tidak lupa sholawat dan salam kepada junjungan Nabi Muhammad SAW sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Pendidikan S-1 Fisika dan mencapai gelar Sarjana Sains (S.Si.). Skripsi ini bertujuan mengetahui model anomali magnetik struktur bawah permukaan Desa Klakah Kabupaten Lumajang.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan serta bimbingan dari berbagai pihak. Dalam kesempatan kali ini penulis ingin menyampaikan ucapan rasa terima kasih dan penghargaan Bapak Supriyadi, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Ibu Nurul Priyantari, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Anggota, yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, koreksi dan saran hingga terselesaikannya skripsi ini dengan baik.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Supriyadi, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing penulis selama menjadi mahasiswa;
2. Bapak Dr. Edy Supriyanto, S.Si., M.Si., selaku penguji I dan Ibu Endhah Purwandari, S.Si., M.Si., selaku penguji II;
3. Bapak Agus Supriyanto, MT., dan Bapak Novi Avisena, M.Si. yang telah mengizinkan peneliti untuk mengikuti proyek serta melakukan penelitian;
4. seluruh staf pengajar di Jurusan Fisika yang telah mendidik dan memberikan ilmunya kepada penulis;
5. teman-teman penelitian Gunung Lamongan dari Universitas Islam Negeri Malang (Zahro, Fika, Icha, Nita, Naseh, Munir), Universitas Gadjah Mada (Ninik Agustin, Dyah Arum Arimurti, Galuh, Rizqi Prastowo, dan Agriyanzis Kusma), Universitas Jember (M. Shabirin, Rizal, Achmad Junaidi, Dedi Fahrizal);

6. sahabat yang telah menjadi guru saya, Tisa, Mifta, Nova, Devi, Novi, Asih dan Maria terima kasih atas ilmu dan saran yang selalu membantuku dengan tulus, dalam penyelesaian skripsi ini;
7. saudara-saudara di PALAPA, Oby, Baihaki, Nehemia, Wafi, Chadli, dan Nindy yang telah memberikan dukungan, menemani begadang untuk menyelesaikan skripsi ini ;
8. teman-teman seperjuanganku dalam pembimbingan di Geofisika, Manda, Rosa, Puput, Awan, Toto, terima kasih atas semangat, doa dan keceriaan yang kita lewati bersama;
9. semua teman-teman angkatan GP 2011, terima kasih kebersamaan, tawa, canda, duka dan semoga sukses selalu;
10. seluruh teknisi dan karyawan Jurusan Fisika (Narto, Budi, Anshori, Edy, Hadi, Taufiq, Pak Ji,), terima kasih atas bantuan yang diberikan;
11. teman-teman kos NH3, Ulvi, Mbak Rara, Merinda, Yona, terima kasih atas kebersamaan dan semangat yang diberikan;
12. serta semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Atas perhatian dan dukungannya, penulis menyampaikan terima kasih.

Jember, Desember 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Gunungapi	6
2.2 Gunung Lamongan	7
2.3 Medan Magnet	8
2.4 Suseptibilitas Magnetik	9

2.5 Medan Magnet Bumi	10
2.5.1 Medan magnet utama (<i>main field</i>)	10
2.5.2 Medan magnet luar (<i>external field</i>)	11
2.5.3 Medan magnet anomali.....	12
2.6 Metode Magntik	15
2.6.1 Koreksi <i>Diurnal</i> (Harian).....	16
2.6.2 KOreksi IGRF	16
2.7 Surfer	19
2.8 Magpick	20
2.9 Mag2DC	22
BAB 3. METODE PENELITIAN	25
3.1 Tempat Penelitian	25
3.2 Alat Penelitian	26
3.3 Diagram Kerja Penelitian	28
3.4 Pengambilan Data dan Pengolahan Data	29
3.4.1 Pengambilan Data Lapang	29
3.4.2 Pengolahan Data	31
3.5 Analisis Data	33
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Interpretasi Kualitatif	35
4.2 Interpretasi Kuantitatif	42
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	52
5.1 Kesimpulan	52
5.2 Saran	52
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN A	58
LAMPIRAN B	62
LAMPIRAN C	66
LAMPIRAN D	72

LAMPIRAN E	78
LAMPIRAN F	80
LAMPIRAN G	85

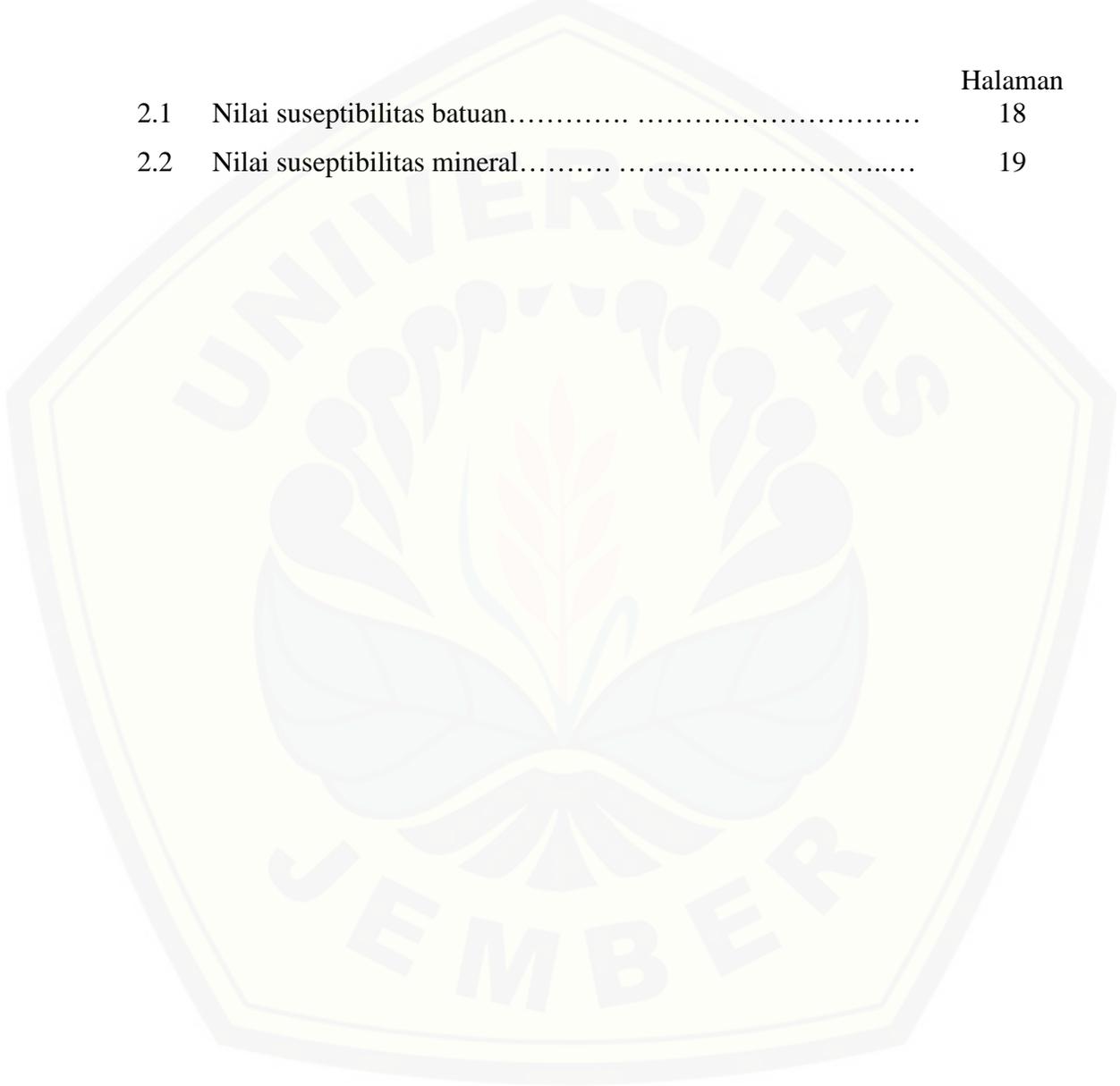


DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Elemen magnetik bumi	13
2.2 Anomali magnetik dari batuan	14
2.3 Contoh model <i>Mag2DC</i>	23
3.1 Peta lokasi penelitian Desa Klakah Kabupaten Lumajang.....	25
3.2 <i>Proton Precession Magnetometer</i> untuk pengukuran di setiap titik.....	26
3.3 <i>Proton Precession Magnetometer</i> untuk di <i>base station</i>	26
3.4 GPS Garmin.....	27
3.5 Diagram Kerja Penelitian.....	28
3.6 Lokasi sebaran titik pengukuran.....	30
4.1 Peta kontur anomali medan magnet total hasil pengukuran.....	36
4.2 Peta kontur anomali medan magnet setelah dilakukan koreksi harian dan IGRF.....	37
4.3 Peta kontur anomali hasil reduksi ke kutub.....	39
4.4 Peta kontur anomali regional pada ketinggian 700 meter.....	40
4.5 Peta kontur anomali residual pada ketinggian 700 meter.....	41
4.6 Peta sayatan penampang melintang lintasan AB, CD, EF.....	43
4.7 Peta model bawah permukaan lintasan AB.....	44
4.8 Peta model bawah permukaan lintasan CD.....	47
4.9 Peta model bawah permukaan lintasan EF.....	49

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Nilai suseptibilitas batuan.....	18
2.2 Nilai suseptibilitas mineral.....	19



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
LAMPIRAN	
A. TABEL DATA PENGAMATAN LAPANG METODE MAGNETIK	58
B. PENGOLAHAN DATA METODE MAGNETIK	62
C. PETA KONTUR ANOMALI HASIL <i>UPWARD</i> <i>CONTINUATION</i>	66
D. DATA MASUKAN UNTUK <i>SOFTWARE MAG2DC</i>.....	72
E. PETA GEOLOGI DAERAH PENELITIAN.....	78
F. CARA PENGOLAHAN DATA	80
G. FOTO PENELITIAN.....	85

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan yang memiliki banyak pulau. Selain itu Indonesia juga merupakan salah satu negara yang terdiri dari banyak gunung berapi aktif disamping Jepang, New Zealand, Italia, Hawaii, dan Filipina (Munir, 1996). Salah satu penyebab banyaknya gunungapi tersebut dimungkinkan karena Indonesia terletak diantara pertemuan tiga lempeng, yakni Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia, dan Lempeng Pasifik. Gunungapi di Indonesia berjumlah 129 gunung. Salah satunya adalah Gunungapi Lamongan, Gunung Lamongan termasuk dalam salah satu jajaran gunung aktif yang berada di Jawa Timur. Secara geografis letak Gunung Lamongan berada diantara Kabupaten Jember, Kabupaten Lumajang dan Kabupaten Probolinggo. Lebih tepatnya Gunung Lamongan terletak di Kecamatan Tiris Kabupaten Probolinggo dan Kecamatan Klakah Kabupaten Lumajang. Secara astronomi Gunungapi Lamongan terletak di koordinat $7^{\circ} 59' \text{ LS}$ dan $113^{\circ} 20,5' \text{ BT}$ dengan ketinggian puncaknya 1671 meter diatas permukaan laut (mdpl) (Administrator, 2012).

Gunung Lamongan memiliki beberapa ranu atau danau yang tersebar di Kabupaten Probolinggo dan Lumajang. Secara geografis Kabupaten Lumajang terletak antara $7^{\circ}52' - 8^{\circ} 23'$ Lintang Selatan dan $112^{\circ}50' - 113^{\circ}22'$ Bujur Timur (Anonim b, 2014). Kabupaten Lumajang terkenal dengan istilah “segitiga ranu”, artinya memiliki tiga buah ranu yang letaknya berdekatan. Ketiga ranu tersebut adalah Ranu Pakis, Ranu Klakah, dan Ranu Bedali. Salah satu desa di Kabupaten Lumajang yang memiliki ranu yaitu Desa Klakah yang terkenal dengan nama Ranu Klakah. Desa Klakah merupakan salah satu desa yang terletak di sebelah barat Gunung Lamongan. Perubahan struktur bawah permukaan dimungkinkan terjadi

akibat dari proses peristiwa meletusnya Gunungapi Lamongan. Untuk mengidentifikasi struktur bawah permukaan akibat peristiwa tersebut, dapat digunakan beberapa metode geofisika. Metode geofisika yang sering digunakan untuk menyelidiki struktur bawah permukaan antara lain: metode geolistrik, metode gaya berat, metode seismik, dan metode geomagnet atau magnetik. Secara umum pengukuran geofisika bertujuan untuk mengetahui parameter fisis batuan dan struktur geologi bawah permukaan. Untuk memperoleh informasi geologi yang lebih lengkap diperlukan beberapa penelitian geofisika yang saling melengkapi. Informasi tentang struktur bawah permukaan daerah prospek panas bumi salah satunya dapat dilakukan dengan menggunakan metode magnetik. Metode magnetik banyak digunakan dalam penentuan eksplorasi bawah permukaan (Sharma,1997).

Penelitian menggunakan metode magnetik pernah dilakukan oleh Hadi, *et al.*, (2010) di daerah Gunungapi Hulu Lais. Hadi membahas tentang pendugaan struktur bawah permukaan daerah prospek panas bumi Gunungapi Hulu Lais lereng utara. Berdasarkan model 2-D penampang lintang geomagnetik, struktur bawah permukaan daerah prospek panas bumi Gunungapi Hulu Lais lereng utara tersusun oleh batuan basalt, batuan andesit, dan endapan piroklastik. Penelitian serupa juga dilakukan oleh Kahfi dan Yulianto (2008) tentang identifikasi struktur lapisan bawah permukaan daerah manifestasi emas di daerah Garut, Jawa Barat. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah terdapat batuan porfiri yang merupakan prospek emas yang diinterpretasikan sebagai zona ubahan silisifikasi.

Metode magnetik mempunyai pengoperasian di lapangan yang relatif sederhana, mudah dan cepat jika dibandingkan dengan metode geofisika lainnya. Metode magnetik bekerja berdasarkan sifat-sifat magnetik batuan yang terdapat di bawah permukaan bumi. Metode magnetik mengukur intensitas medan magnetik total di suatu tempat (Wahyudi, 2001). Bumi disebut sebagai benda magnet raksasa yang tidak homogen. Salah satu ketidakhomogenan bumi disebabkan oleh perbedaan sifat-sifat kemagnetan bahan penyusunnya, terutama yang terletak dekat dengan permukaan yang mudah dirasakan pengaruhnya. Metode ini sangat efektif untuk

memisahkan anomali massa yang memiliki perbedaan konduktifitas dan suseptibilitas yang signifikan terhadap lingkungan sekitarnya (Telford *et al*, 1990). Kondisi bawah permukaan pada dasarnya memiliki nilai suseptibilitas batuan yang berbeda-beda. Perbedaan nilai tersebut yang akan menjadikan anomali yang berbeda-beda pula. Analisis anomali medan magnet digunakan untuk menginterpretasi suseptibilitas struktur geologi yang menonjol pada daerah penelitian.

Anomali magnetik yang didapatkan di lokasi penelitian yakni di Desa Klakah akan terlihat ketika data tersebut sudah diolah dalam suatu perangkat lunak. Perangkat lunak yang digunakan untuk mengetahui perbedaan anomali tersebut adalah *surfer*, *magPick*, dan *mag2DC*. *Surfer* dan *magpick* akan menampilkan suatu gambaran kontur dari anomali yang didapatkan dengan menggunakan faktor koreksi harian, koreksi IGRF (*International Geomagnetic Reference Field*), reduksi ke kutub, dan kontinuitas ke atas. Untuk mengetahui perbedaan suseptibilitas batuan yang didapatkan dari pengukuran di lapangan dapat dilakukan pemodelan. Pemodelan bawah permukaan diperoleh dengan menggunakan *software mag2DC*.

Pengolahan data menggunakan *mag2DC* pernah dilakukan oleh Perdana, *et al*. (Tanpa Tahun) di Desa Sukorejo Kabupaten Tulungagung. Perdana membahas tentang aplikasi metode geomagnet untuk identifikasi kromit dengan menggunakan *mag2DC*. Hasil yang didapatkan yaitu di area penelitian ditemukan batuan yang mengandung mineral kromit dengan nilai medan magnet lokal (sekitar 800 nT) dalam interpretasi *mag2DC* memiliki nilai 0,1083 dan 0,1184. Penelitian yang sama juga dilakukan oleh Sehad dan Raharjo (2013) tentang pendugaan model anomali magnetik bawah permukaan Desa Darmakradenan Kabupaten Banyumas. Hasil yang didapatkan adalah daerah penelitian memiliki sumberdaya alam batu gamping serta diperkirakan terdapat mineral emas dalam endapan alluvial tua dalam formasi tapak dan formasi halang.

Pemodelan menggunakan *mag2DC* akan menghasilkan tampilan jenis batuan penyusun yang terdapat di bawah permukaan. Sehingga dapat dijadikan sebagai salah satu alasan bahwa *mag2DC* merupakan salah satu *software* yang tepat untuk

pemodelan struktur bawah permukaan. Dengan demikian hasil pemodelan yang akan didapatkan bisa digunakan untuk menginterpretasikan jenis batuan penyusun Desa Klakah.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, dapat diambil rumusan masalah yaitu bagaimana model anomali magnetik struktur bawah permukaan yang didapatkan di Desa Klakah Kabupaten Lumajang?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Pengambilan data menggunakan metode *Base Rover*.
2. Pengolahan data menggunakan perangkat lunak *surfer*, *magPick*, dan model bawah permukaan diperoleh menggunakan perangkat lunak *mag2DC* dengan faktor *diurnal* harian, koreksi IGRF (*International Geomagnetic Reference Field*), reduksi ke kutub, dan kontinuasi ke atas.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari diadakannya penelitian ini yaitu mengetahui model anomali magnetik struktur bawah permukaan yang didapatkan di Desa Klakah Kabupaten Lumajang.

1.5 Manfaat

Manfaat dilakukannya penelitian ini yaitu dapat memberikan informasi tentang model struktur bawah permukaan Desa Klakah Kabupaten Lumajang. Informasi tersebut dapat berupa kemungkinan potensi yang tersimpan dibawah permukaan Desa Klakah.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gunungapi

Gunungapi adalah lubang kepundan atau rekahan dalam kerak bumi tempat keluarnya cairan magma atau cairan lainnya ke permukaan bumi. Material yang dierupsikan ke permukaan bumi umumnya membentuk kerucut terpancung (Departemen Energi dan SDM. Tanpa Tahun). Koesoemadinata dan Hardjono (1977) menyatakan bahwa gunungapi adalah lubang atau saluran yang menghubungkan satu wadah berisi bahan yang disebut magma dengan permukaan bumi. Suatu ketika bahan tersebut ditempatkan melalui saluran bumi dan sering terhimpun disekelilingnya sehingga membangun suatu kerucut yang dinamakan kerucut gunungapi. Sedangkan menurut Matahelemual (1982), gunungapi (vulkan) adalah suatu bentuk timbunan dimuka bumi, pada umumnya berupa suatu kerucut raksasa, kerucut terpacung, kubah, ataupun bukit yang diakibatkan oleh penerobosan magma ke permukaan bumi. Gunungapi terbentuk karena adanya gerakan magma sebagai arus konveksi, dimana arus tersebut menyebabkan gerakan dari kerak bumi, kerak samudra atau *oceanic* dan kerak benua atau *continental*.

Schieferdecker (1959), mendefinisikan gunungapi (*volcano*) adalah “*a place at the surface of the earth where magmatic material from the depth erupts or has erupted in the past, usually forming a mountain, more or less conical in shape with a crater in the top*” (sebuah tempat di permukaan bumi dimana bahan magma dari dalam bumi keluar atau sudah keluar pada masa lampau, biasanya membentuk suatu gunung, kurang lebih berbentuk kerucut yang mempunyai kawah di bagian puncaknya).

Tipe-tipe gunungapi antara lain:

1. Tipe Perisai (*Shield Vulcanoos Type*) atau Tipe Hawaii

Gunungapi ini terbentuk oleh aliran magma cair encer, sehingga jika magma keluar dari kepunden meleleh ke semua arah dalam jumlah yang besar dan menutupi daerah yang sangat luas. Erupsi gunung ini lemah, akibatnya lereng gunungapi ini landai dan tingginya tidak terlalu tinggi dibanding diameternya. Contohnya adalah gunung-gunung di Hawaii seperti Mauna Lao dan Kilauea (Munir, 1996).

2. Tipe Kerucut Piroklastik (*Cinder cone type*)

Gunungapi yang tersusun oleh material piroklastik berupa bom, lapili, abu, kerikil, dan pasir. Magmanya bersifat asam, lebih kental dan banyak mengandung gas sehingga erupsinya eksplosif atau meledak. Bentuk dari gunung ini juga seperti kerucut dengan lereng curam. Hampir gunungapi di Indonesia memiliki bentuk gunung ini (Munir, 1996).

3. Tipe Maar

Gunungapi ini terbentuk karena terjadi letusan eksplosif sebuah dapur magma yang relatif kecil dan dangkal. Bentuk gunung ini biasanya melingkar, erupsinya lemah dan menghasilkan berupa gas sehingga di sekitar lubang kepundan habis terkikis oleh gas dan biasanya meninggalkan lubang besar seperti kubangan. Contohnya yaitu gunungapi Lamongan (Munir, 1996).

4. Tipe Kaldera (*Caldera Type*)

Terbentuk akibat letusan yang sangat besar sehingga bagian atas terpancung dan membentuk kawah yang lebar lebih dari 2 km.

5. Tipe Strato (*Strato Type, Composite Volcano Type*)

Terbentuk oleh muntahan material gunungapi berupa piroklastik yang berselingan dengan lava.

6. Tipe Kubah Lava (*Lava Dome Type*)

Material yang dikeluarkan berupa lava yang bersifat kental yang membentuk badan gunungapi tersebut, kelerengan umumnya simetri (Anonim a. Tanpa Tahun).

Menurut Kusumadinata (1979) akibat benturan ketiga lempeng, yakni Lempeng Eurasia yang bergerak ke arah tenggara, Lempeng Indo-Australia yang bergerak ke arah utara, dan Lempeng Pasifik yang bergerak ke arah barat. Indonesia memiliki 129 buah gunungapi atau kurang lebih 13% dari jumlah gunungapi di seluruh dunia yang tersebar memanjang dari Aceh sampai Sulawesi Utara melalui Pegunungan Bukit Barisan, Jawa, Bali, Nusa Tenggara, dan Maluku. Gunungapi tersebut terbagi atas tiga golongan yang berdasarkan tingkat aktivitasnya, yaitu :

1. Golongan A, gunungapi yang pernah meletus atau memperlihatkan kenaikan aktivitas magmatik dihitung sejak tahun 1600, jumlahnya 76.
2. Golongan B, gunungapi yang memperlihatkan aktivitas fumarola tetapi sejak tahun 1600 tidak meletus, jumlahnya 29.
3. Golongan C, lapangan solfatar atau fumarola tetapi tidak memperlihatkan bentuk gunungapi, jumlahnya 24.

2.2 Gunung Lamongan

Gunung Lamongan termasuk dalam salah satu jajaran gunung aktif yang berada di Jawa Timur. Secara geografis letak Gunung Lamongan berada diantara Kabupaten Jember, Kabupaten Lumajang dan Kabupaten Probolinggo. Lebih tepatnya Gunung Lamongan terletak di Kecamatan Tiris Kabupaten Probolinggo dan Kecamatan Klakah Kabupaten Lumajang. Secara astronomi Gunungapi Lamongan terletak di koordinat $7^{\circ} 59' \text{ LS}$ dan $113^{\circ} 20,5' \text{ BT}$ dengan ketinggian puncaknya 1671 meter di atas permukaan laut (mdpl) (Administrator, 2012). Gunung Lamongan yang bertipe A, mempunyai karakter letusan sangat unik yaitu:

1. Jika terjadi aktivitas maka pusat aktivitasnya selalu di samping kawah utama yang berada di puncak.
2. Selain itu, dikelilingi oleh tidak kurang dari 60 pusat erupsi parasitik yang terdiri dari kerucut vulkanik dan maar.

(Anonim a, 2014).

Gunungapi Lamongan bertipe strato dan mempunyai ciri banyaknya ranu (danau) di sekeliling tubuh Gunung Lamongan. Tipe letusan dari Gunung Lamongan adalah tipe Stromboli dan tipe Volcano yang diselingi aliran lava pijar. Gunung Lamongan terakhir meletus tahun 1898 dan sampai dengan saat ini belum terjadi lagi letusan vulkanik. Di antara gunungapi di Indonesia yang terhitung aktif, Gunung Lamongan memiliki pusat-pusat erupsi parasitik yang paling banyak. Tidak kurang dari 60-an pusat erupsi parasitik yang terdiri dari kerucut vulkanik dan maar tersebar di sekeliling gunungapi tersebut. Gunung Lamongan merupakan sebuah gunung api yang cukup terkenal karena karakteristik yang dikelilingi oleh banyak maar, baik maar kering (*dry maar*) maupun yang telah terisi air dan menjadi danau (*water-filled maar*). Gunung Lamongan, atau biasa disebut *Lamongan Volcanic Field* (LVF) memiliki sekitar 61 kerucut sinder dan 29 maar (Carn, 2000).

2.3 Medan Magnet

Teori magnetik klasik dan modern memiliki perbedaan pada konsep dasarnya. Teori magnetik klasik adalah hampir sama dengan teori listrik dan teori gravitasi, konsepnya adalah titik kutub magnetik dianalogikan sebagai muatan listrik dan titik massa, dengan menyamakan hukum gaya antara kutub, muatan, atau massa. Satuan magnetik dalam *centimeter-gram-second* dan *electromagnetic units* (cgs dan emu). Konsep dasar gaya magnetik adalah gaya Coulomb dengan persamaan:

$$\vec{F} = \frac{p_1 p_2}{\mu r^2} \hat{r}_1 \quad (2.1)$$

dimana F adalah gaya (*dyne*) pada p_2 , kekuatan kutub p_1 dan p_2 dalam sentimeter, μ adalah permeabilitas magnetik (properti dalam medium), dan r_1 adalah arah vektor satuan dari p_1 ke p_2 . Sebuah medan magnet H didefinisikan sebagai gaya dalam suatu kutub:

$$\vec{H} = \vec{F}/p_2 = \frac{p_1}{\mu r^2} \hat{r}_1 \quad (2.2)$$

Sebuah kutub-kutub magnet diasumsikan sebagai dua kutub dengan kekuatan $+p$ dan $-p$ yang terpisah oleh sebuah jarak $2l$. Moment dipol magnetik didefinisikan sebagai berikut:

$$m = 2lp r_1 \quad (2.3)$$

m adalah sebuah vektor dalam arah vektor satuan r_1 yang bergerak dari kutub negatif menuju kutub positif.

Induksi medan magnet B adalah jumlah medan, mencakup efek dari magnetisasi. Dapat dituliskan:

$$\vec{B} = \mu_0 (\vec{H} + \vec{M}) = \mu_0 (1 + \chi) \vec{H} = \mu \mu_0 \vec{I} \quad (2.4)$$

$$\vec{B} = \vec{H} + 4\pi \vec{M} = (1 + 4\pi\chi) \vec{H} \approx \mu \vec{I} \quad (2.5)$$

Satuan induksi magnetik dalam geofisika eksplorasi menggunakan satuan gamma () dengan $1 = 10^{-9} \text{ T} = 1 \text{ nT}$ (Telford, *et al.* 1990).

2.4 Suseptibilitas Magnetik

Pada kemagnetan dikenal suatu sifat dasar, yaitu kerentanan magnet yang merupakan tingkat kemagnetan suatu benda untuk dapat termagnetisasi atau sering dikenal dengan istilah suseptibilitas magnetik (χ), dalam ruang hampa nilai $\chi=0$. Magnitudo suatu medan magnet bergantung pada kerentanan magnet tersebut. Jadi medan magnet tersebut dapat ditulis sebagai intensitas magnet dengan persamaan sebagai berikut :

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

dengan :

\vec{I} = intensitas magnetik (T)

χ = suseptibilitas magnetik

Suseptibilitas magnetik dalam emu (*electromagnetic units*) berbeda dengan dalam satuan SI oleh faktor 4 ,

$$\chi_{SI} = 4\pi\chi'_{emu} \quad (2.7)$$

Suseptibilitas kemagnetan (χ) merupakan parameter dasar yang digunakan dalam metode magnetik. Suseptibilitas magnetik bisa diartikan sebagai derajat kemagnetan suatu material. Harga χ pada batuan semakin besar apabila dalam batuan semakin banyak dijumpai mineral-mineral yang bersifat magnetik. Nilai suseptibilitas magnetik dalam ruang hampa bernilai nol karena hanya benda yang terwujud saja yang dapat termagnetisasi (Telford *et al.*, 1917).

Jika suatu benda berada dalam medan magnet, maka akan timbul medan magnet baru dalam benda (induksi) yang menghasilkan anomali medan magnet. Sehingga dengan adanya batuan yang didalamnya mengandung mineral magnetik, medan magnet normal bumi akan mengalami gangguan yang disebabkan oleh anomali medan magnet sebagai hasil magnetisasi batuan (Telford *et al.*, 1990).

2.5 Medan Magnet Bumi

Medan magnet bumi adalah suatu besaran vektor yang mempunyai besaran (*magnitude*) dan arah, yang dapat diuraikan menjadi komponen-komponennya. Medan magnet bumi timbul karena adanya arus listrik yang mengalir berputar di dalam inti luar yang membentang jari-jari (1.300-1.500) km. Secara garis besar medan magnet bumi dibagi menjadi tiga bagian yaitu:

2.5.1 Medan magnet utama (*main field*)

Medan magnet utama dapat didefinisikan sebagai medan rata-rata hasil pengukuran dalam jangka waktu yang cukup lama mencakup daerah dengan luas lebih dari 10^6 km². Medan magnet utama secara teoritis disebabkan oleh sumber

dalam bumi, magnetisasi permanen oleh aliran arus listrik atau arus listrik yang keluar dan masuk bumi. Medan utama ini tidak konstan terhadap waktu, dan perubahannya relatif lamban. Beberapa teori menganggap inti bumi tersusun oleh besi dan nikel, dua materi yang dikenal sebagai konduktor yang sangat baik. Adapun penyusun inti bumi adalah sumber magnetik yang merupakan dinamo berkonduktivitas tinggi dan bergerak dengan mekanisme yang kompleks, seperti arus atau senyawa kimia dan variasi termal beserta alirannya. Kombinasi gerak dan arus inilah yang menyebabkan terjadinya medan magnet.

2.5.2 Medan magnet luar (*external field*)

Pengaruh medan magnet luar berasal dari pengaruh luar bumi yang 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. Medan ini merupakan sebagian kecil dari medan utama, yaitu hanya 1% dari medan magnet bumi dan berasal dari luar bumi. Perbedaan waktu untuk medan ini lebih cepat daripada medan utama, beberapa efeknya adalah sebagai berikut :

- a) Perputarannya berdurasi 11 tahun dan berkorelasi dengan aktivitas matahari
- b) Variasi *diurnal* matahari mempunyai periode 24 jam dan mempunyai *range* 30nT dan berubah menurut garis lintang dan musim yang kemungkinan dipengaruhi oleh aksi matahari pada lapisan ionosfer.
- c) Mempunyai periode 25 jam (variasi *diurnal* bulan) dengan *range* kira-kira 2nT, yang diasosiasikan dengan interaksi bulan–ionosfer.
- d) Acak yaitu terdapat badai magnetik yang merupakan gangguan transien dengan amplitudo sebesar 1000 nT pada semua garis lintang. Pada puncak badai magnetik, praktis eksplorasi dengan metode magnetik tidak berguna (Telford *et al*, 1990).

2.5.3 Medan magnet anomali

Medan magnet anomali sering juga disebut medan magnet lokal (*crustal field*). Medan magnet ini dihasilkan oleh batuan yang mengandung mineral bermagnet seperti *magnetite*, *titanomagnetite* dan lain-lain yang berada di kerak bumi. Anomali medan magnet bumi adalah perbedaan nilai medan magnet antara hasil pengamatan dan medan teoritis seperti koreksi variasi harian dan koreksi IGRF. Anomali magnet terjadi karena terdapat variasi medan magnet kearah spasial secara regional. Berdasarkan sifat medan magnet bumi dan sifat kemagnetan bahan pembentuk batuan, maka bentuk anomali medan magnetik yang ditimbulkan oleh benda penyebabnya tergantung pada:

- a. Inklinasi medan magnet bumi di sekitar benda penyebab
- b. Geometri dari benda penyebab
- c. Kecenderungan arah *dipole-pole* magnet di dalam benda penyebab
- d. Orientasi arah *dipole-pole* magnet benda penyebab terhadap arah medan bumi (Reynolds, 1997).

Anomali medan magnet ini dihasilkan oleh batuan yang mengandung mineral bermagnet seperti *magnetite* (Fe_7S_8), *titanomagnetite* (Fe_2TiO_3) dan lain-lain yang berada di kerak bumi. Pada survei dengan menggunakan metode magnetik yang menjadi target dari pengukuran adalah perhitungan nilai variasi medan magnetik yang terukur di permukaan (anomali magnetik). 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 anomalnya bertambah besar. Demikian pula sebaliknya. Dalam survei magnetik, efek medan remanen akan diabaikan apabila anomali medan magnetik

kurang dari 25 % medan magnet utama bumi (Telford *et al*, 1990), sehingga dalam pengukuran anomali medan magnet berlaku :

$$H = H_{obs} - H_{IGRF} \pm H_{vh} \quad (2.8)$$

dengan:

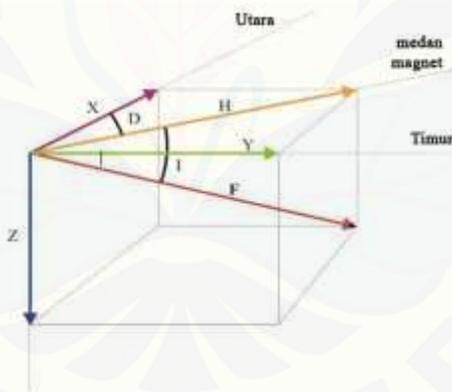
H = Anomali medan magnet (nT)

H_{obs} = Intensitas medan magnet total (nT)

H_{IGRF} = nilai medan magnet utama (nT)

H_{vh} = nilai medan magnet luar (nT)

Bumi diibaratkan sebagai sebuah magnet seferis yang sangat besar dengan suatu medan magnet yang mengelilinginya. Medan ini dihasilkan dari dua kutub magnet bumi. Sumbu *dipole* magnet bumi bergeser sebesar 11° dari sumbu rotasi bumi. Medan magnet bumi terkarakterisasi oleh parameter fisis yang dapat diukur yaitu arah dan intensitas kemagnetannya.



Gambar 2.1 Elemen magnetik bumi (sumber: Reynold, 1997)

Pada gambar 2.1 menjelaskan tentang arah medan magnet bumi yaitu sudut deklinasi D dan inklinasi I , yang diukur dalam derajat. Intensitas medan magnetik total F digambarkan dengan komponen horisontal H , komponen vertikal Z , dan komponen horisontal ke arah utara X dan ke arah timur Y .

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

2. Inklinasi(I), yaitu sudut antara medan magnetik total dengan bidang horizontal yang dihitung dari bidang horizontal menuju bidang vertikal ke bawah.
3. Intensitas Horizontal (H), yaitu besar dari medan magnetik total pada bidang horizontal.
4. Medan magnetik total (F), yaitu besar dari vektor medan magnetik total.

Secara matematis elemen magnetik bumi dapat dituliskan seperti:

$$F_e^2 = H_e^2 + Z_e^2 = X_e^2 + Y_e^2 + Z_e^2 \quad (2.9)$$

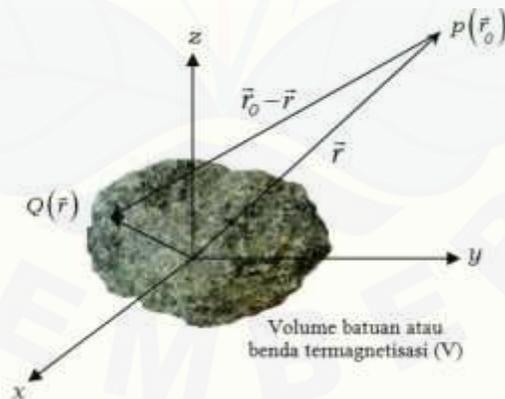
$$H_e = F_e \cos I$$

$$Z_e = F_e \sin I \quad (2.10)$$

$$X_e = H_e \cos D$$

$$Y_e = H_e \sin D$$

Menurut Telford *et al* (1990) suatu volume benda atau batuan yang terdiri atas mineral magnetik bisa dianggap sebagai dipol magnetik Gambar 2.2. Secara umum magnetisasi yang terjadi pada batuan tersebut tergantung dari rekam jejaknya selama berada di dalam medan magnetik utama bumi, sehingga nilai magnetisasinya tergantung dari induksi magnetik yang diterimanya dari medan magnetik utama bumi.



Gambar 2.2 Anomali magnetik dari batuan atau benda anomali bawah permukaan bumi (sumber: Telford *et al*, 1990)

2.6 Metode Magnetik

Metode magnetik merupakan salah satu metode geofisika yang sering digunakan untuk survei pendahuluan pada eksplorasi minyak bumi, gas bumi dan penyelidikan panas bumi. Eksplorasi menggunakan metode magnetik terdiri atas tiga tahap, yaitu: akuisisi data lapangan, *processing*, dan interpretasi. Setiap tahap terdiri dari beberapa perlakuan atau kegiatan. Pada tahap akuisisi, dilakukan penentuan titik pengamatan dan pengukuran dengan satu atau dua alat. Untuk koreksi data pengukuran dilakukan pada tahap *processing*. Koreksi pada metode magnetik terdiri atas koreksi harian (*diurnal*), koreksi *IGRF*, koreksi topografi (*terrain*) dan koreksi lainnya. Sedangkan untuk interpretasi dari hasil pengolahan data dengan menggunakan *software* magnetik yang kemudian diperoleh peta anomali magnetik (Blakely, 1995).

Metode magnetik pengukurannya berdasarkan pada anomali kemagnetan yang diakibatkan oleh adanya perbedaan kontras suseptibilitas atau permeabilitas magnetik tubuh jebakan dari daerah yang berada di sekelilingnya. Perbedaan permeabilitas relatif itu diakibatkan oleh adanya perbedaan distribusi mineral *ferromagnetic*, *paramagnetic* dan *diamagnetic*. Alat yang digunakan untuk mengukur anomali geomagnet yaitu magnetometer.

Sedangkan berdasarkan teorinya metode ini didasarkan pada perbedaan tingkat magnetisasi suatu batuan yang diinduksi oleh medan magnet bumi. Hal ini terjadi sebagai akibat adanya perbedaan sifat kemagnetan suatu material. Kemampuan untuk termagnetisasi tergantung dari suseptibilitas magnetik masing-masing batuan. Harga suseptibilitas ini sangat penting di dalam pencarian benda anomali karena sifat yang khas untuk setiap jenis mineral atau mineral logam. Harganya akan semakin besar bila jumlah kandungan mineral magnetik pada batuan semakin banyak (Reynold, 1997).

2.5.1 Koreksi *Diurnal* (Harian)

Koreksi *Diurnal* (*diurnal correction*) merupakan penyimpangan intensitas medan magnet bumi yang disebabkan oleh adanya perbedaan waktu pengukuran dan efek sinar matahari dalam satu hari. Koreksi harian adalah koreksi yang dilakukan terhadap data magnetik terukur untuk menghilangkan pengaruh medan magnet luar atau variasi harian. 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 mengurangi nilai variasi harian yang terekam pada waktu tertentu terhadap data medan magnetik yang akan dikoreksi, dapat dituliskan dalam persamaan :

$$H = H_{total} \pm H_{harian} \quad (2.11)$$

Dengan:

- H = Medan magnet luar/*IGRF* (nT)
- H_{total} = Nilai medan magnet total (nT)
- H_{harian} = Koreksi variasi harian (nT)

2.5.2 Koreksi *IGRF*

Koreksi *International Geomagnetic Reference Field* (*IGRF*) adalah koreksi yang dilakukan terhadap data medan magnet terukur untuk menghilangkan pengaruh medan utama magnet bumi. Koreksi ini dihitung oleh *International Association of Geomagnetism and Aeronomy* (*IAGA*) setiap 5 (lima) tahun sekali dan medan magnet ini juga merupakan fungsi posisi di permukaan bumi (Lowrie, 2006). Data hasil pengukuran medan magnetik pada dasarnya adalah kontribusi dari tiga komponen dasar, yaitu medan magnetik utama bumi, medan magnetik luar, dan medan anomali. Nilai medan magnetik utama tidak lain adalah nilai *IGRF*. Koreksi *IGRF* dapat dilakukan dengan cara mengurangi nilai *IGRF* terhadap nilai medan magnetik total yang telah terkoreksi harian pada setiap titik pengukuran pada posisi geografis yang

sesuai. Persamaan koreksinya (setelah dikoreksi harian) dapat dituliskan sebagai berikut :

$$H = H_{total} \pm H_{harian} - H_{IGRF} \quad (2.12)$$

Dengan:

H = Anomali medan magnetik (nT)

H_{total} = Nilai medan magnet total (nT)

H_{harian} = Koreksi variasi harian (nT)

H_{IGRF} = nilai IGRF (nT).

Berdasarkan kemagnetannya batuan dapat dibedakan menjadi beberapa bagian:

1. Batuan diamagnetik

Batuan yang atom-atom pembentuk batumannya memiliki elektron yang telah jenuh, yaitu tiap elektron berpasangan dan mempunyai spin berlawanan dalam setiap pasangan. Contohnya yaitu: batuan kuarsa, marmer, *graphite*, *rock salt*, dan *anhydrite* atau *gypsum*.

2. Batuan paramagnetik

Batuan yang memiliki nilai suseptibilitas yang positif dan kecil. Paramagnetik muncul dalam bahan yang atom-atomnya memiliki momen magnetik yang permanen yang berinteraksi satu sama lain secara sangat lemah. Contohnya yaitu: *Olivine*, *pyroxene*, *amphibole*, dan *biotite*.

3. Batuan ferromagnetik

Batuan yang didalamnya terdapat banyak kulit elektron yang hanya diisi oleh satu elektron sehingga mudah terinduksi oleh medan magnet luar. Memiliki nilai suseptibilitas yang positif dan sangat tinggi. Dalam bahan ini sejumlah kecil medan magnet luar menyebabkan derajat penyearahan yang tinggi pada momen dipol magnetik atomnya. Momen magnet ini

dapat bertahan sekalipun medan pemagnetannya telah hilang. Daerah ruang tempat momen dipol magnetik disearahkan ini disebut daerah magnetik (Siahaan, 2009).

Menurut Telford *et al* (1990), berikut ini adalah tabel nilai suseptibilitas berbagai macam batuan dan mineral:

Tabel 2.1 Nilai Suseptibilitas Batuan

Batuan	Tipe	Suseptibilitas X 10 ⁻³ (SI)	
		Range	Rata-rata
Sedimen	Dolomit	0-0,9	0,1
	Batu gamping	0-3	0,3
	Batu pasir	0-20	0,4
	Serpih	0,01-15	0,6
Metamorf	Amfibiolit		0,7
	Sekis	0,3-3	1,4
	Filit		1,5
	Gneiss	0,1-25	
	Kuarsit		4
	Serpentim		
Beku	Sabak	0-35	6
	Granit	0-50	2,5
	Riolit	0,2-35	
	Dolorit	1-35	17
	Augit-Sienit	30-40	
	Olivin-diabas		25
	Diabas	1-160	55
	Porfiri	0,3-200	60
	Gabro		70
	Basal	0,2-175	70
	Diorit	0,6-120	85
	Piroksenit		125
	Peridotit	90-200	150
Andesit		160	

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

Tabel 2.2 nilai Suseptibilitas Mineral

Tipe Mineral	Suseptibilitas X 10 ⁻³ (SI)	
	Range	Rata-rata
Grafit		0,1
Kuarsa		-0,01
Rock salt		-0,01
Gypsum		-0,01
Kalsit	-0,001- (-0,01)	
Batubara		0,002
Lempung		0,2
Kalkopirit		0,4
Spalerit		0,7
Kasiterit		0,9
Siderit	1-4	
Pirit	0,05-5	1,5
Limonit		2,5
Arsenopirit		3
Hematit	0,5-35	6,5
Kromit	3-110	7
Franklinit		430
Pirotit		1500
Ilmenit	300-3500	1800
Magnetit	1200-19200	6000

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

2.7 Surfer

Surfer merupakan suatu program pemetaan yang dapat dengan mudah melakukan interpolasi data hasil survei untuk membentuk kontur dan permukaan 3D (Yang *et al*, 2004). Terdapat dua belas metode interpolasi pada perangkat lunak ini, masing-masing memiliki fungsi spesifik dan parameter tersendiri (Vincentius dan Muhammad, 2009).

Metode *Minimum Curvatur* digunakan secara luas pada bidang ilmu kebumihan. Permukaan yang diinterpolasi dengan metode ini dapat dianalogikan dengan bidang elastis yang dihamparkan ke seluruh titik data sehingga hanya sedikit lekukan yang terjadi. *Minimum Curvature* membuat permukaan sehalus mungkin

untuk data yang diinterpolasi sehingga bukan merupakan interpolator yang eksak (Kecker, 1994).

2.8 *MagPick*

Menurut Tchernychev (1998), pengembangan *MagPick* dimulai pada tahun 1996. Ide awal adalah untuk menyediakan alat sederhana yang dapat digunakan operasi dasar bagi seorang penerjemah dengan seperti:

- Peta magnetik dilihat dengan penyesuaian dinamis dari skala warna sesuai dengan grid data minimum dan maksimum. Interval data juga bisa dipersempit sesuai yang diinginkan.
- *Zoom* peta dari bagian yang berbeda dan sekarang dalam jendela terpisah. Perubahan otomatis skala warna untuk menyesuaikan berbagai data dalam jendela tertentu;
- Menyederhanakan *magnetic picking*, hal ini dilakukan dengan memungkinkan pengguna untuk memilih dua titik dengan *mouse* dan menyimpannya dalam file. Dalam banyak kasus lokasi benda magnetik memiliki medan magnet minimum dan maksimum, karena itu dua poin yang diperlukan untuk memperkirakan lokasi.
- *Advanced magnetic picking*. Pengguna dapat memilih daerah minimum dan maksimum, dan program akan secara otomatis menemukan posisi yang tepat.
- Pilihan penghapusan untuk menghapus *picks* yang telah dibuat.

Pengembangan lebih lanjut dari *MagPick* dilanjutkan pada November-Januari tahun 1997-1998. Banyak fitur baru yang diterapkan:

1. medan magnet regional diperhitungkan sebagai fungsi linear koordinat. Hal ini memungkinkan penggunaan program langsung pada medan magnet yang terukur, tanpa mengurangi medan utama bumi.

2. Hasil inversi disajikan sebagai tabel elektronik (lembar kerja). Beberapa bentuk sederhana manipulasi seperti penghapusan, pembacaan, penghancuran, dan lain-lain dilaksanakan.
3. Informasi tambahan dalam bentuk garis, poligon, titik yang dilengkapi dengan keterangan, klip dapat ditarik di atas peta magnetik.
4. Penjelasan medan oleh kontur dilengkapi dengan keterangan.
5. Pembalikan berdasarkan profil dapat dilakukan. Ini berarti bahwa semua (atau sebagian) dari profil yang melintasi jendela dapat digunakan untuk memperkirakan posisi sumber magnetik. Kurva yang diplot dihitung dan diamati untuk melihat kualitas dari solusi.
6. Tanda titik pada grafik atau tampilan peta profil ditambahkan. Tanda pada profil secara otomatis muncul pada tampilan peta dan *visa versa*. Dengan demikian lokasi ruang poin yang menarik dapat dengan mudah ditemukan.
7. Percetakan / *preview* pada printer *postscript* dilaksanakan.

MagPick kemudian digunakan untuk mengolah data daerah pelabuhan Hamburg yang dikumpulkan selama musim panas - musim gugur tahun 1997. Beberapa tempat diperiksa oleh penyelam, sebagian besar kasus sumber magnetik ditemukan sekitar 30 cm (dalam pesawat) dari titik diprediksi. Jadi *MagPick* terbukti menjadi alat yang baik untuk interpretasi magnetik.

Beberapa koreksi yang dapat dilakukan dalam pengoperasian menggunakan *magPick* adalah:

1. Reduksi ke kutub

Reduksi ke kutub dilakukan dengan mengubah arah medan magnet yang awalnya *dipole* menjadi *monopole*, untuk memperjelas anomali medan magnet. Hal tersebut dilakukan dengan cara membuat sudut inklinasi benda menjadi 90° dan deklinasinya 0° . Dengan demikian anomali monopol yang dihasilkan berasal dari sumber yang sama. Reduksi ke kutub ini dilakukan dengan menggunakan *software Magpick* (Fathohah *et al*, 2014).

2. Kontinuasi

Pada umumnya anomali medan magnet yang terukur pada topografi masih terletak pada ketinggian yang tidak teratur. Kemudian dilakukan pengangkatan (kontinuasi). Kontinuasi terdiri dari dua jenis yaitu, kontinuasi ke atas (*upward*) dan ke bawah (*downward*). Kontinuasi yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah *Upward Continuation*, dimana kontinuasi ini berfungsi untuk men-*smoothing* peta anomali dengan cara menaikkan bidang pengamat ke atas dari *body* anomali. Tujuannya untuk mendominasi anomali yang terbaca pada peta anomali magnetik total.

Upward Continuation atau kontinuasi ke atas adalah proses reduksi data magnetik terhadap ketinggian. Cara ini diharapkan dapat menekan noise-noise frekuensi dengan benda-benda magnetik disekitarnya. Penentuan nilai ketinggian dilakukan tergantung dari efek yang ingin dihilangkan atau ditampilkan. Proses kontinuasi tidak boleh menghilangkan *body* anomali yang ada. Karena target dari proses ini adalah untuk menentukan *body* anomali dari peta anomali yang sudah ada (Lita, 2012).

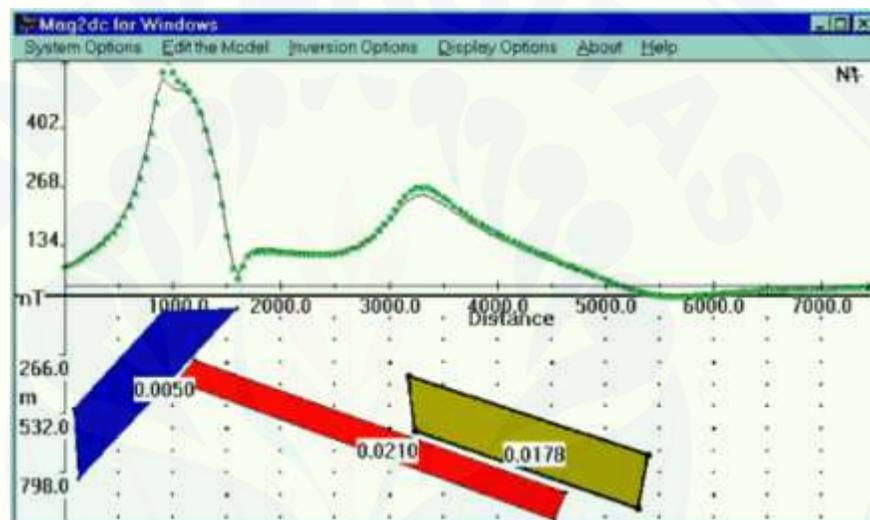
2.9 Mag2DC

Mag2DC adalah *software* untuk memodelkan *magnetic*, *resistivity* dan *gravity* data. *Mag2DC* memiliki kelebihan dan kekurangan seperti:

- Kelebihan:
 1. *Software* ini sangat simpel dan mudah digunakan.
 2. Kita dapat memodelkan *magnetic*, *resistivity* dan *gravity* data secara cepat.
- Kekurangan:
 1. Kurang fleksibel,
 2. Merupakan *software* yang sudah tua,
 3. Mudah *crash*, atau bentrok dengan *software* lain dalam satu komputer.

Adapun langkah-langkah penggunaan *mag2DC* adalah:

1. *Mag2DC* dapat memodelkan *forward modeling* dan *inversion* dari data magnetik. Contoh model dapat dilihat seperti Gambar 2.3, berdasarkan gambar tersebut dapat diketahui bahwa tampilan dari *mag2DC* akan memberikan informasi mengenai jenis batuan penyusun bawah permukaan beserta nilai susceptibilitasnya, kedalaman dari bawah permukaan, jarak sayatan data yang telah dilakukan sayatan, serta nilai medan magnetnya.



Gambar 2.3 Contoh model *mag2DC*, (Sumber : Asa, 2008)

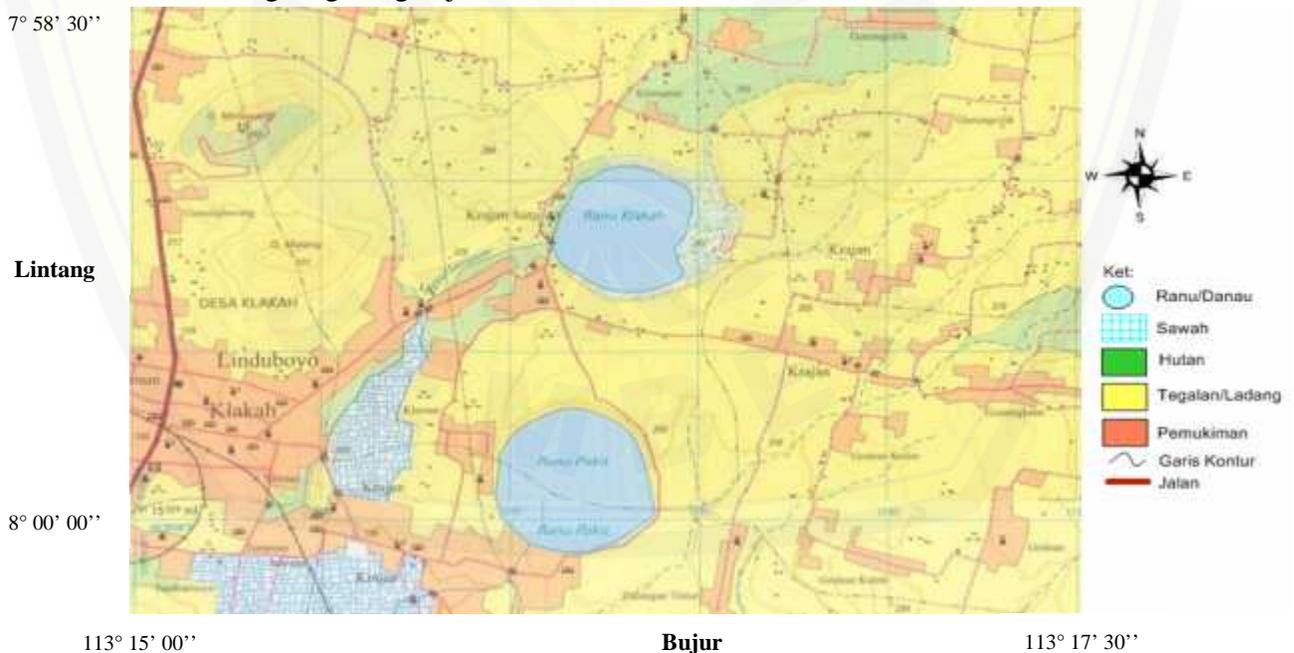
2. *Mag2DC* dapat menampilkan *body* penyusun dari model yang memiliki kepekaan atau *cxz susceptibilities*. Warna pada model sesuai dengan nilai susceptibilitas yang dimiliki model, warna-warna dingin mewakili nilai yang rendah, sedangkan warna-warna panas mewakili nilai yang tinggi. Skala warna abu-abu kadang juga dipakai. *Bearing* dari profil ditunjukkan oleh kompas yang terletak di sudut kanan atas monitor.
3. Untuk mengubah properti dari suatu *body*, kecuali bentuk dan *remanence*, cukup dengan men-*double click* mouse pada target. Maka *dialog box* akan segera muncul.

4. Nomor dari *body* ditunjukkan di kiri atas *dialog box*. Untuk mengubah property dari *body* sebelum/sesudah *body* yang ditampilkan saat ini, tekan tombol *spin*.
5. Ada beberapa jalan untuk merubah *body properties*. Sebagai contohnya, untuk merubah kepekaan, masukkan nilai yang baru kemudian tekan tombol *calculate*. Sehingga, model akan dihitung dan digambar kembali. Cara lain adalah dengan, menekan *spinbutton* kemudian nilai kepekaan akan bertambah, kenaikan tersebut ditunjukkan pada *box* di samping kepekaan, kemudian mengkalkulasi dan membaharui model. Pengurangan kepekaan dan pembaharuan model dapat dilakukan dengan menggunakan cara yang sama. Kenaikan atau penurunan jumlah dapat diubah sesuai dengan keinginan.
6. Cara lain untuk memodifikasi kepekaan adalah dengan menekan *invert button*, kepekaan diubah secara matematika agar diperoleh data yang lebih baik. Ini adalah suatu proses *iterative*, dan *inversion* akan diproses sebanyak 10 iterasi (Asa, 2008).

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Desa Klakah Kecamatan Klakah Kabupaten Lumajang. Desa ini terletak di sebelah barat Gunungapi Lamongan seperti yang terlihat di Gambar 3.1. Lokasi penelitian terdapat dua buah ranu yaitu Ranu Klakah dan Ranu Pakis, akan tetapi yang menjadi fokus tempat penelitian yaitu Ranu klakah. Kondisi secara umum Desa Klakah yaitu tergolong dataran tinggi sehingga terdapat beberapa daerah untuk sampai di lokasi penelitian harus jalan kaki. Kondisi wilayah Desa Klakah banyak dijumpai area persawahan atau ladang pertanian. Lokasi penelitian juga berada di daerah hutan, pemukiman, persawahan, dan lebih banyak di daerah tegalan. Sebelah timur Ranu Klakah dikelilingi oleh persawahan, sebelah barat berbatasan langsung dengan jalan.

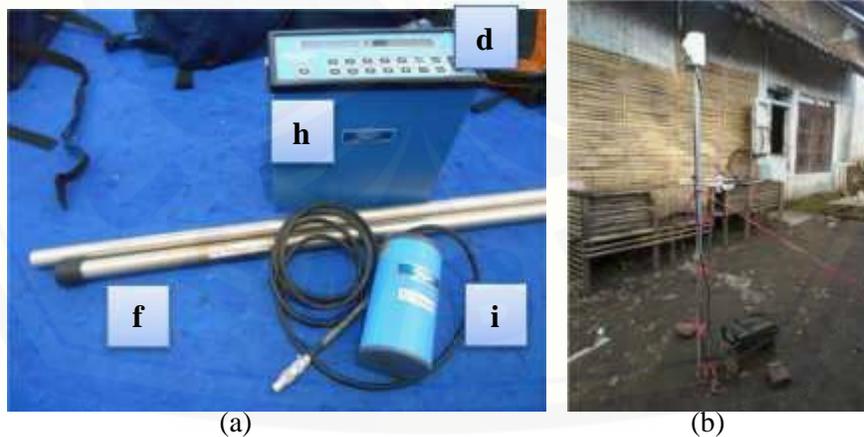


Gambar 3.1 Peta lokasi penelitian Desa Klakah Kecamatan Klakah Kabupaten Lumajang (Sumber: Badan Kordinasi Survei dan Pemetaan Nasional, 1999).

3.2 Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam metode magnetik ini adalah:

1. *Proton Precession Magnetometer* (PPM), digunakan untuk mengukur medan magnet total. Gambar dari PPM terlihat dalam Gambar 3.2. PPM yang digunakan terdiri dari buah alat PPM, yang mana satu alat digunakan untuk melakukan pengukuran di setiap titik (sebagai *rover*) dan alat yang satunya digunakan untuk pemasangan di *base station*. Adapun spesifikasi dari PPM yang digunakan adalah:
 - a. Tipe : GEOMETRICS G-856 Memory-Mag™ PPM
 - b. Resolusi : 0.1 gamma
 - c. Ketelitian : ± 1 gamma pada skala penuh
 - d. *Display* : 6 digit untuk tampilan harga magnetik lapangan
 - e. Toleransi gradien : hingga 1800 gamma/meter
 - f. Sumber daya : 9 buah baterai kering (13,5 Volt DC)
 - g. Jangkauan suhu : - 20 °C sampai dengan + 50 °C
 - h. *Console* : (18 x 27 x 9) cm dan memiliki massa 2,7 kg
 - i. Sensor : (9 x 13) cm dan memiliki massa 1,8 kg
 - j. *Stuff* : (3 cm x 2,5 m) dan memiliki massa 1 kg



Gambar 3.2 *Proton Precession Magnetometer*, (a) untuk pengukuran di setiap titik, (b) untuk pengukuran di *base station*

2. GPS (*Global Positioning System*) adalah sistem satelit navigasi dan penentuan posisi yang dimiliki dan dikelola oleh Amerika Serikat. GPS ini memiliki fungsi untuk menentukan suatu posisi manapun di planet bumi ini berdasarkan 4 faktor yaitu *latitude, longitude, altitude and time*.

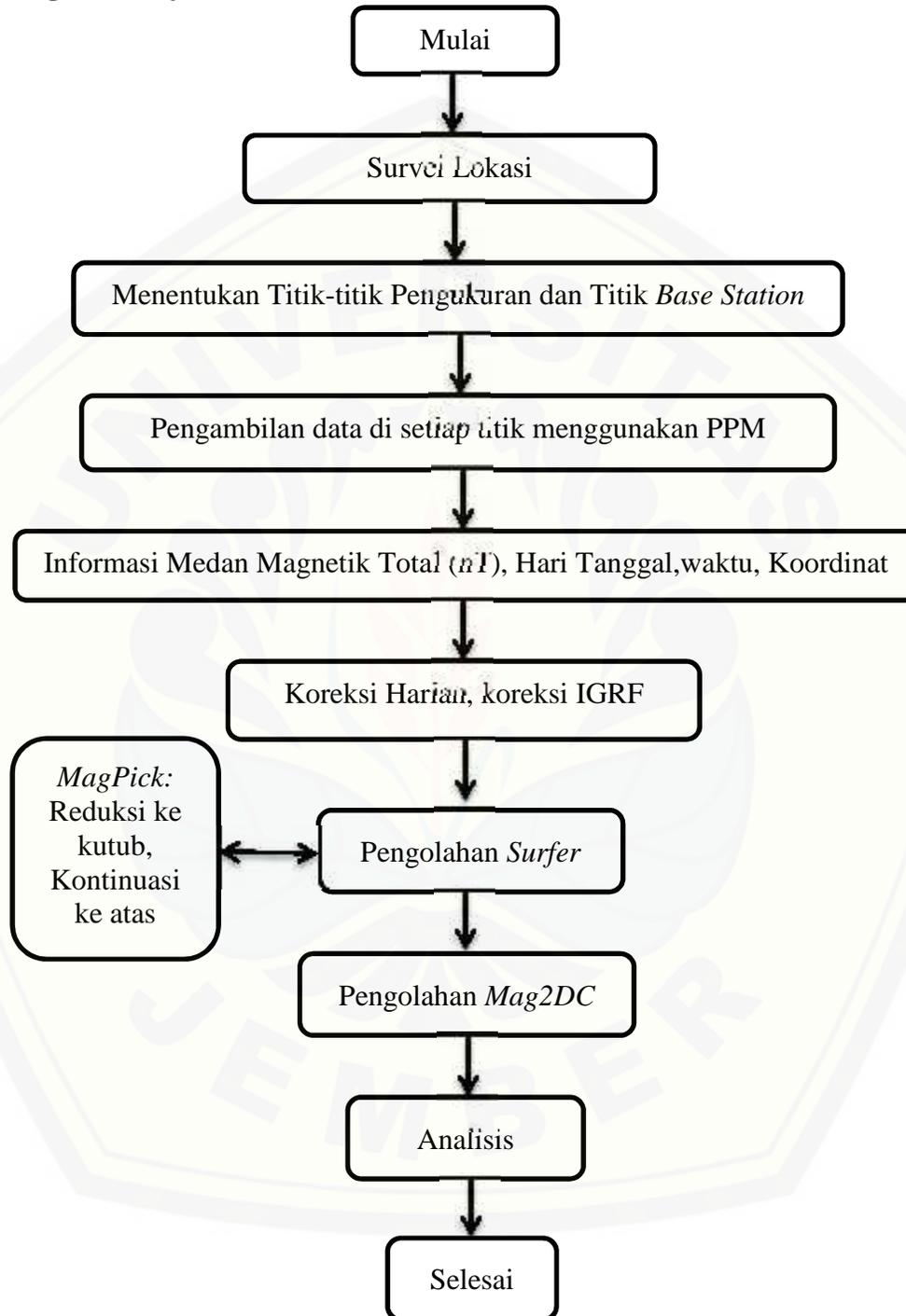


Gambar 3.3 GPS Garmin

Pengolahan data menggunakan beberapa *Software*, yaitu:

1. *Microsoft Office (Excel)*.
2. *Software Surfer 11.0*.
3. *MagPick*
4. *Mag2DC*

3.3 Diagram Kerja Penelitian



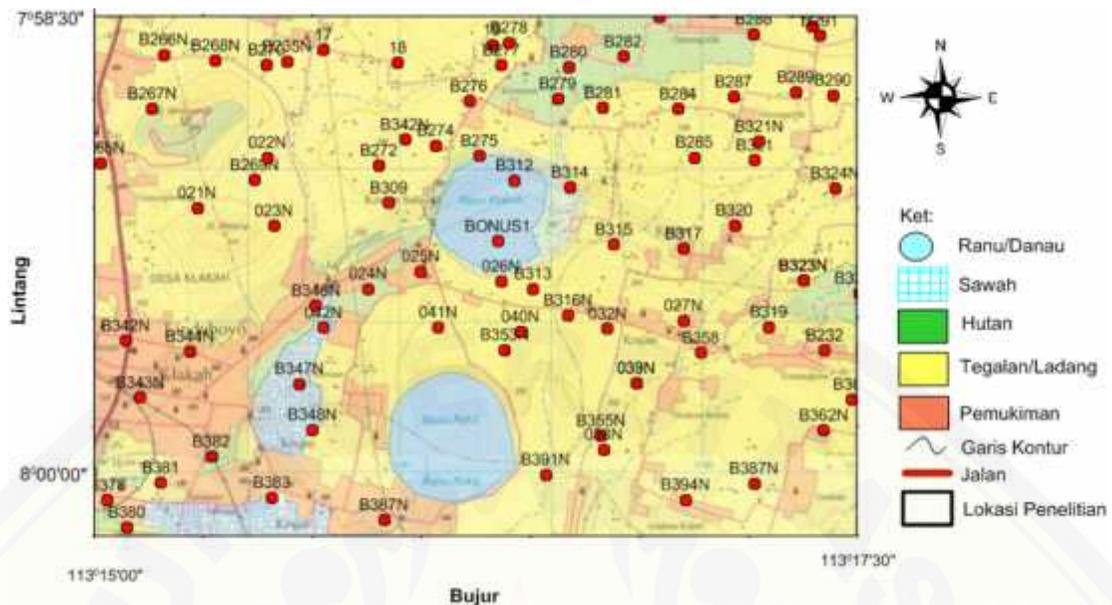
Gambar 3.4 Diagram kerja penelitian

3.4 Pengambilan dan Pengolahan Data

Pada penelitian ini menggunakan dua prosedur yakni pengambilan data lapang dan pengolahan data. Pengambilan data lapang menggunakan metode geomagnetik dengan menggunakan PPM (*Proton Precession Magnetometer*). Pengolahan data dalam penelitian ini menggunakan beberapa tahapan yakni pengolahan data dengan perangkat lunak *surfer*, *magPick*, dan yang terakhir menggunakan *mag2DC*. Adapun prosedur pengambilan data lapang dan pengolahan data adalah:

3.4.1 Pengambilan Data Lapang

Metode yang digunakan dalam pengambilan data lapang yaitu metode geomagnetik. Pengambilan data menggunakan alat PPM (*Proton Precession Magnetometer*). Sebelum pengambilan data di lapang dilakukan penentuan titik-titik pengukuran dan titik *base station*. Titik *base station* terletak pada koordinat $7^{\circ} 58' 12''$ Lintang Selatan dan $113^{\circ} 27' 3''$ Bujur Timur. Penentuan titik pengukuran dilakukan secara acak (*random*). Banyaknya titik-titik yang terdapat dalam daerah penelitian tergantung dengan luasnya daerah penelitian. Semakin banyak titik-titik yang digunakan maka akan semakin baik data yang didapat dengan istilah lain data bawah permukaan akan semakin akurat, karena jika titik-titik yang ditentukan terlalu sedikit *software* akan melakukan interpolasi sendiri terhadap daerah yang tidak ada titiknya. Titik yang digunakan dalam penelitian berjumlah 80 titik pengukuran, dengan di sekitar Ranu Klakah titik yang ditentukan mengelilingi Ranu Klakah. Hal ini dimaksudkan karena Ranu Klakah merupakan salah satu ranu yang terisi dengan air, jadi untuk mengetahui struktur bawah permukaan Ranu Klakah dilakukan pengukuran disekeliling Ranu Klakah. Adapun titik pengukuran yang telah ditentukan seperti dalam Gambar 3.6



Gambar 3.5 Lokasi sebaran titik pengukuran

Kemudian akan dilakukan pengambilan data di setiap titik yang telah ditentukan. Teknik yang dilakukan untuk pengambilan data yaitu teknik *base rover*. Teknik *base rover* merupakan salah satu teknik pengambilan data magnetik dengan menggunakan dua buah alat PPM, satu alat diletakkan di *base station* dan alat lainnya digunakan untuk pengambilan data di titik yang telah ditentukan (*rover*). Proses pengambilan data yaitu dengan memasang alat PPM pada daerah *base station* terlebih dahulu, kemudian mengatur dan mengkalibrasi alat sensor magnet di *base station*. PPM yang terpasang di *base station* akan merekam intensitas magnetik pada daerah tersebut tiap lima detik. Data yang terbaca di *base station* bertujuan sebagai koreksi hasil pengukuran pada titik pengamatan terhadap adanya variasi medan magnet harian.

Kemudian melakukan pengukuran pada daerah yang sudah ditentukan titiknya seperti terlihat dalam Gambar 3.5 untuk mendapatkan nilai intensitas medan magnetik dan posisi pada daerah tersebut. Pengukuran dilakukan dengan cara berada pada posisi yang sudah ditentukan titiknya. Untuk bisa sampai pada titik-titik yang telah ditentukan dapat digunakan alat *Global Positioning System* (GPS). Proses pengambilan data tidak harus sesuai dengan nomor titik yang telah ditentukan,

pengambilan data dapat dilakukan dengan mengunjungi terlebih dahulu titik yang posisinya dekat dengan *base station*. GPS tersebut akan memberikan arah sesuai dengan titik yang akan dikunjungi. Kemudian tiap daerah yang digunakan sebagai tempat pengukuran juga diukur menggunakan GPS. Pengukuran menggunakan GPS bertujuan untuk mendapatkan posisi koordinat yang baru dari tiap titiknya. Pengukuran menggunakan PPM dilakukan dengan cara menghubungkan alat PPM dengan sensor tiangnya. Setelah kedua alat tersebut tersambung akan terbaca nilai intensitas medan magnet titik tersebut. Saat melakukan pengukuran harus diusahakan terhindar dari benda-benda yang memiliki nilai kemagnetan seperti *hand phone*, *tower signal hand phone*, SUTET, dan tiang listrik. Hal ini dilakukan supaya tidak ada pengaruh medan elektromagnetik dari benda-benda tersebut. Pengukuran pada satu titik dilakukan sebanyak lima kali pengukuran dengan berpindah-pindah tempat. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat dalam tiap titiknya. Dengan demikian setiap pengukuran di satu titik akan didapatkan nilai intensitas medan magnet total dan posisi tempat pengukuran.

3.4.2 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan *Microsoft Excel*, *surfer*, *magPick*, dan *mag2DC*. Berdasarkan data yang didapatkan dari pengukuran di tiap titik dan pengukuran di *base station*. Data yang didapatkan dari pengukuran berupa data nilai intensitas medan magnetik total suatu daerah dan posisinya serta intensitas medan magnetik harian yang diperoleh dari *base station*. Untuk mendapatkan nilai intensitas medan magnet diambil nilai intensitas medan magnet yang sering muncul dalam satu titik pengukuran, sehingga di setiap titik didapatkan satu nilai intensitas medan magnet. Data yang terbaca pada alat di *base station* digunakan sebagai koreksi harian. Untuk mendapatkan data koreksi tersebut dilakukan dengan cara mencari waktu yang sama antara alat PPM di *base station* dan alat yang digunakan pengukuran di tiap

titik. Koreksi harian merupakan penyimpangan nilai medan magnetik yang diakibatkan adanya perbedaan waktu dan posisi matahari dalam satu hari.

Langkah selanjutnya yaitu dilakukan koreksi IGRF (*International Geomagnetic Reference Field*). Koreksi IGRF dilakukan untuk menghilangkan pengaruh medan utama magnet bumi. Koreksi ini bersifat global untuk mendapatkan anomali magnetik lokal pada daerah penelitian. Pencarian nilai IGRF di setiap titik dapat dicari di internet dengan alamat website <http://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/#igrfwmm>. Nilai IGRF akan ditemukan dengan memasukkan koordinat dan waktu yang didapatkan saat pengukuran ke alamat tersebut. Kemudian akan didapatkan anomali medan magnetik total daerah penelitian. Anomali inilah yang akan digunakan untuk analisis data selanjutnya. Untuk mendapatkan anomali ini didapatkan dengan persamaan:

$$H = H_{total} \pm H_{harian} - H_{IGRF} \quad (3.1)$$

Dengan:

H = Anomali medan magnetik (nT)

H_{total} = Nilai medan magnet total (nT)

H_{harian} = Koreksi variasi harian (nT)

H_{IGRF} = nilai IGRF (nT).

Setelah diperoleh nilai anomali medan magnetik total, data kemudian diolah menggunakan *software surfer* 11.0. Pengolahan data menggunakan *surfer* akan didapatkan tampilan 2D peta kontur anomali dan dalam bentuk *grid*. Parameter yang dimasukkan dalam *surfer* adalah anomali medan magnet dan koordinat dari setiap titik pengukuran. Peta kontur tersebut akan menampilkan nilai medan magnet beserta koordinatnya sesuai dengan data yang telah dimasukkan dalam *surfer*.

Selanjutnya peta kontur anomali dalam bentuk *grid* diolah menggunakan *software MagPick* dengan dilakukan koreksi reduksi ke kutub dan kontinuasi ke atas. Reduksi ke kutub dilakukan untuk mengubah arah yang awalnya dipol menjadi monopul yang fungsinya untuk memperjelas anomali medan magnet. Hal tersebut dilakukan dengan cara membuat sudut inklinasi benda menjadi 90 derajat dan sudut

deklinasinya 0 derajat. Dengan demikian anomali medan magnetik yang didapatkan akan berasal dari sumber yang sama. Selanjutnya dilakukan koreksi kontinuitas ke atas. Kontinuitas dilakukan dari data yang sudah tereduksi ke kutub. Koreksi ini dilakukan untuk menghilangkan pengaruh lokal yang berasal dari sumber-sumber permukaan dan memperjelas pengaruh anomali regional. Semakin tinggi kontinuitas ke atas yang dilakukan, maka pengaruh informasi lokal akan semakin hilang. Penentuan kontinuitas ke atas diberhentikan apabila nilai medan magnet sudah konstan ketika dilakukan kontinuitas.

Kemudian akan didapatkan peta kontur anomali regional dan residual hasil dari kontinuitas ke atas. Kontur anomali residual yang didapatkan dibuka menggunakan *surfer* untuk dilakukan sayatan (*slacing*). Sayatan dilakukan pada kontur yang menunjukkan klosur yang berdekatan (dipilih dua klosur yang paling mendominasi daerah penelitian) pada anomali tersebut. Sayatannya dapat berupa garis horisontal, vertikal, maupun diagonal. Hasil sayatan tersebut berupa jarak sayatan dan nilai anomali medan magnet. Data hasil sayatan tersebut kemudian digunakan untuk melakukan pemodelan.

Tahapan yang terakhir dari penelitian ini dilakukan pemodelan 2D. Pemodelan inversi 2D dapat dilakukan menggunakan *software Mag2DC*. Data yang didapatkan dari sayatan dimodelkan menggunakan *Mag2DC*. Sayatan yang dilakukan akan menghasilkan data berupa intensitas medan magnetik serta jarak sayatan. Dari data tersebut dapat dilakukan pemodelan untuk mengetahui kandungan struktur bawah permukaan daerah penelitian.

3.5 Analisis Data

Data pertama yang berupa intensitas medan magnetik bumi diolah menggunakan *software Surfer* untuk menggambarkan kontur anomali yang menunjukkan nilai intensitas medan magnet di setiap garisnya. Data tersebut kemudian digunakan untuk memetakan anomali intensitas medan magnet berdasarkan

metode magnetik. Peta kontur anomali magnetik dapat dimodelkan dengan *software Mag2DC*. Data hasil sayatan kemudian sebagai input pada *software Mag2DC* untuk mendapatkan model bawah permukaan. Hasil dari pemodelan menggunakan *Mag2DC* dianalisis struktur bawah yang terkandung di bawah permukaan daerah penelitian. Interpretasi akan dilakukan ketika sudah mendapatkan hasil dari pengolahan menggunakan *Mag2DC*. Interpretasi yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah interpretasi kuantitatif. Interpretasi ini bertujuan untuk menentukan bentuk geometri dan jenis benda anomali secara lebih dengan anggapan benda tersebut termagnetisasi secara serba sama (homogen).

Berdasarkan hasil interpretasi yang dilakukan. Kemudian dilakukan langkah mencocokkan pemodelan yang memiliki nilai susceptibilitas dengan referensi tentang jenis batuan seperti dalam Tabel 2.1 dan Tabel 2.2. Selain itu juga dapat dilakukan dengan membandingkan hasil pemodelan dengan peta geologi daerah Kabupaten Probolinggo.