



**PEMODELAN ANOMALI MAGNETIK STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN
DESA RANUBEDALI RANUYOSO LUMAJANG DENGAN PENDEKATAN
BENDA BERBENTUK PERSEGI**

SKRIPSI

Oleh:
Rizal Al Quderi
NIM 111810201024

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2015**



**PEMODELAN ANOMALI MAGNETIK STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN
DESA RANUBEDALI RANUYOSO LUMAJANG DENGAN PENDEKATAN
BENDA BERBENTUK PERSEGI**

SKRIPSI

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

Oleh

Rizal Al Quderi
NIM 111810201024

JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2015

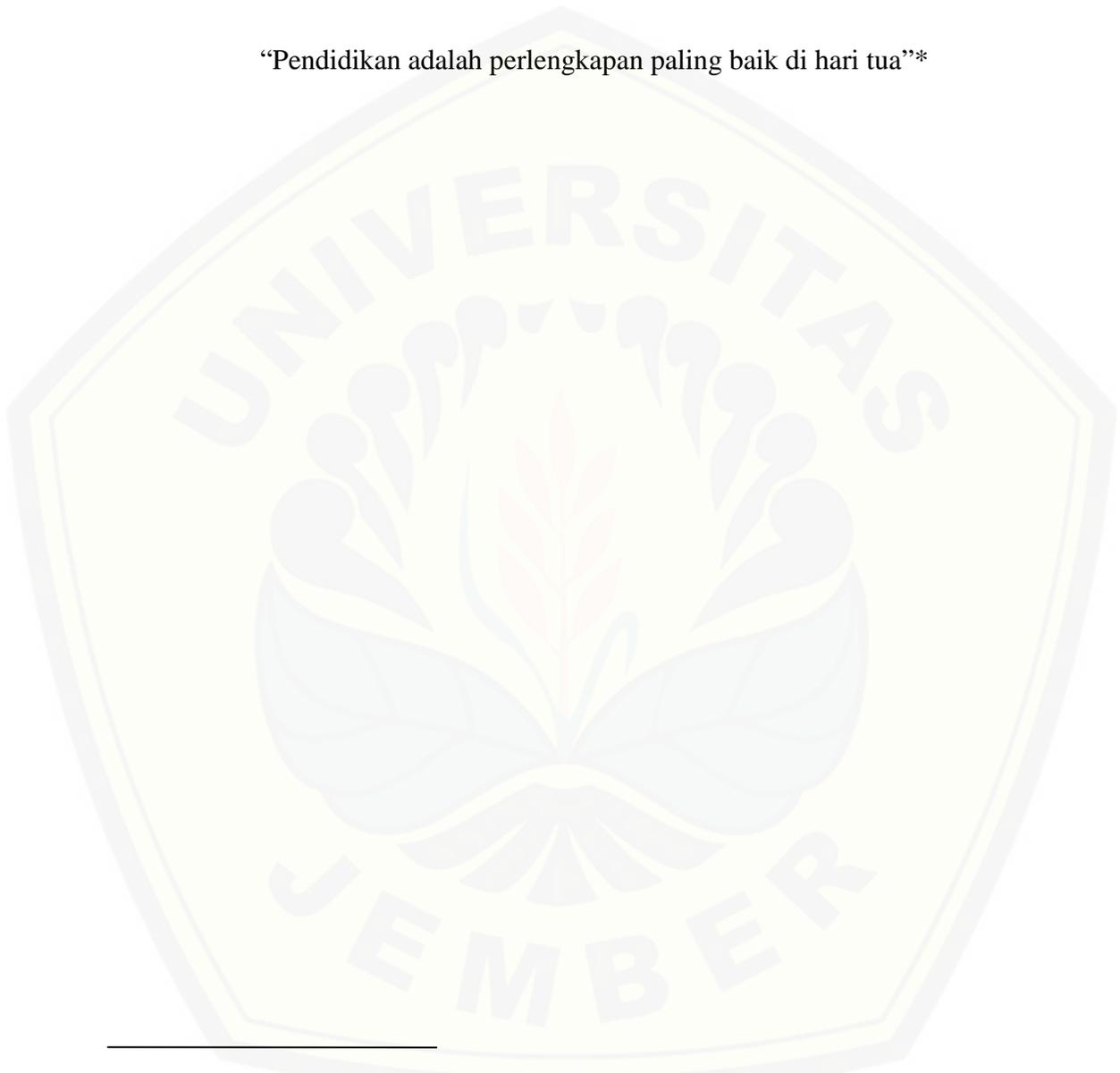
PERSEMBAHAN

Dengan menyebut nama Allah SWT yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang serta shalawat senantiasa terhaturkan kepada Nabi Muhammad SAW dengan segala kerendahan hati dan rasa syukur mengucapkan Alhamdulillah, Tugas Akhir/ Skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua tercinta Rustam (Alm) dan Rusmawati, terima kasih atas doa, cinta, kasih sayang, perhatian dan pengorbanan yang telah diberikan, semoga Allah SWT melimpahkan kasih sayang-Nya;
2. Adik tercinta Rheza Al Quderi yang selalu memberi semangat dan dukungan dalam menyelesaikan Skripsi ini;
3. Dosen pembimbing yang senantiasa membimbing dan membantu dalam menyelesaikan skripsi, Supriyadi, S.Si.,M.Si. dan Nurul Priyantari, S.Si.,M.Si, terima kasih untuk waktu, bimbingan, nasihat dan doanya;
4. seluruh Bapak/Ibu Guru dan Dosen-dosen, terimakasih telah memberikan ilmu, dukungan dan bimbingan dengan penuh kesabaran;
5. teman-teman laboratorium Geofisika, terimakasih atas motivasi dan persaudaraanya;
6. teman-teman seperjuangan angkatan 2011 (GP 11), terima kasih yang tak terhingga untuk semua dukungan, motivasi, ilmu dan semangat persaudaraan serta doanya;
7. Almamater Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

MOTTO

“Pendidikan adalah perlengkapan paling baik di hari tua”*



*⁾ Aristoteles dalam Smith,L dan Raeper, W. 2000. *Ide Filsafat dan Agama*.
Yogyakarta: Kanisius.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Rizal Al Quderi

NIM : 111810201024

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “*Pemodelan Anomali Magnetik Struktur Bawah Permukaan Desa Ranubedali Ranuyoso Lumajang dengan Pendekatan Benda Berbentuk Persegi*” adalah benar-benar hasil karya 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.

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian bersama dosen dan mahasiswa dan hanya dapat dipublikasikan dengan mencantumkan nama dosen pembimbing.

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, 15 Desember 2015

Yang menyatakan,

Rizal Al Quderi

111810201024

SKRIPSI

**PEMODELAN ANOMALI MAGNETIK STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN
DESA RANUBEDALI RANUYOSO LUMAJANG DENGAN PENDEKATAN
BENDA BERBENTUK PERSEGI**

Oleh

Rizal Al Quderi

111810201024

Pembimbing:

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

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

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “*Pemodelan Anomali Magnetik Struktur Bawah Permukaan Desa Ranubedali Ranuyoso Lumajang dengan Pendekatan Benda Berbentuk Persegi*” telah diuji dan disahkan pada :

Hari, tanggal :

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

Tim Penguji:

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota

Supriyadi, S.Si., M.Si
NIP 19820424200604003

Nurul Priyantari, S.Si., M.Si
NIP 197003271997022001

Dosen Penguji I,

Dosen Penguji II,

Ir. Misto, M.Si
NIP 195911211991031002

Endhah Purwandari, S.Si.,M.Si
198111112005012001

Mengesahkan,
Dekan Fakultas MIPA,

Prof.Drs. Kusno.DEA.,Ph.D
NIP 19610181986021001

RINGKASAN

Pemodelan Anomali Magnetik Struktur Bawah Permukaan Desa Ranubedali Ranuyoso Lumajang dengan Pendekatan Benda Berbentuk Persegi; Rizal Al Quderi, 111810201024; 2015: 68 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Gunung Lemongan adalah sebuah gunung api bagian dari Pegunungan Tengger dan kelompok Pegunungan Iyang-Argopuro. Gunung Lemongan merupakan gunung api bertipe strato dan memiliki kawah bernama Lemongan. Secara geografis Gunung Lemongan terletak pada posisi $7^{\circ}59'$ LS dan $113^{\circ}20,5'$ BT dan secara administrasi termasuk dalam wilayah Kabupaten Lumajang. Terdapat 115 desa yang berada di sekitar Gunung Lemongan, salah satunya adalah Desa Ranubedali. Desa Ranubedali Kecamatan Ranuyoso merupakan desa paling ujung utara sebagai pintu masuk dari kabupaten lain seperti Probolinggo, Pasuruan, Malang, Surabaya dan lainnya. Luas wilayahnya 98.42 km^2 , dengan letak koordinat $7^{\circ}56'55''$ LS, $113^{\circ}15'37''$ BT. Desa Ranubedali memiliki salah satu segitiga ranu dari Gunung Lemongan yakni Ranu Bedali yang memiliki ketinggian sekitar 700 meter dari permukaan laut dengan luas ranu (danau) 25 Ha dan kedalaman 28 meter.

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus 2014 dengan luasan daerah 5000 km^2 . Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui struktur bawah permukaan dari daerah penelitian menggunakan metode geofisika geomagnetik. Pemodelan struktur bawah permukaan menggunakan pemodelan numerik dengan pendekatan benda berbentuk persegi. Pengambilan data magnetik pada daerah penelitian menggunakan 57 titik yang tersebar di Desa Ranubedali dan Ranu Bedali Ranuyoso Lumajang. Data yang didapatkan dari hasil pengukuran selanjutnya dilakukan proses koreksi dan filtrasi yakni koreksi harian, koreksi IGRF, *reduction to pole*, serta proses filtrasi berupa *upward continuation*. Data yang dihasilkan berupa

tampilan kontur anomali magnetik daerah penelitian yang selanjutnya dilakukan *slicing* untuk garis AB dan CD untuk mendapatkan data input untuk membuat pemodelan struktur bawah permukaan menggunakan pemodelan numerik.

Hasil dari pengolahan data berupa sebaran data magnetik pada daerah Desa Ranubedali dan Ranu Bedali Ranuyoso Lumajang menunjukkan rentang -3200 nT sampai dengan 400 nT. Setelah mengalami *upward* 25 meter menunjukkan rentang -2800 nT sampai dengan 400 nT. Hasil setelah *upward* 50 meter menunjukkan rentang -2600 nT sampai dengan 300 nT. Dari hasil sebaran data magnetik tersebut didapatkan nilai susceptibilitas dengan rentang $0,7 \times 10^{-3}$ (SI) sampai dengan $1,4 \times 10^{-3}$ (SI) dengan jenis batuan yang mendominasi adalah batuan sedimen serpih dan metamorf amfibiolit. Kurva *slicing* garis AB memiliki koordinat *latitude* $7^{\circ}94'51,1''$ sampai dengan $7^{\circ}95'61,8''$ serta *longitude* $113^{\circ}29'50,9''$ sampai dengan $113^{\circ}30'30,7''$ dengan puncak *minimum* kurva berada pada -2500 nT pada jarak -200 m serta *maximum* kurva terletak pada jarak 0 nT pada jarak 400 m serta kurva *slicing* garis CD memiliki koordinat *latitude* $7^{\circ}95'51,1''$ sampai dengan $7^{\circ}95'51,3''$ serta *longitude* $113^{\circ}26'50,9''$ sampai dengan $113^{\circ}28'60,7''$ puncak *minimum* kurva berada pada -2000 nT pada jarak 600 m sedangkan *maximum* kurva -1000 nT pada jarak -1000 m. Kurva *slicing* AB memiliki dapat didekati oleh dua model benda persegi di bawah permukaan dengan dominasi batuan metamorf dan sedimen. Kurva hasil *slicing* CD memiliki koordinat dapat didekati oleh empat model benda persegi di bawah permukaan dengan dominasi batuan metamorf dan sedimen.

PRAKATA

Segala puji milik Allah SWT penggenggam alam semesta, yang senantiasa memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *“ Pemodelan Anomali Magnetik Struktur Bawah Permukaan Desa Ranubedali Ranuyoso Lumajang dengan Pendekatan Benda Berbentuk Persegi ”*, sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan program strata satu (S1) Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

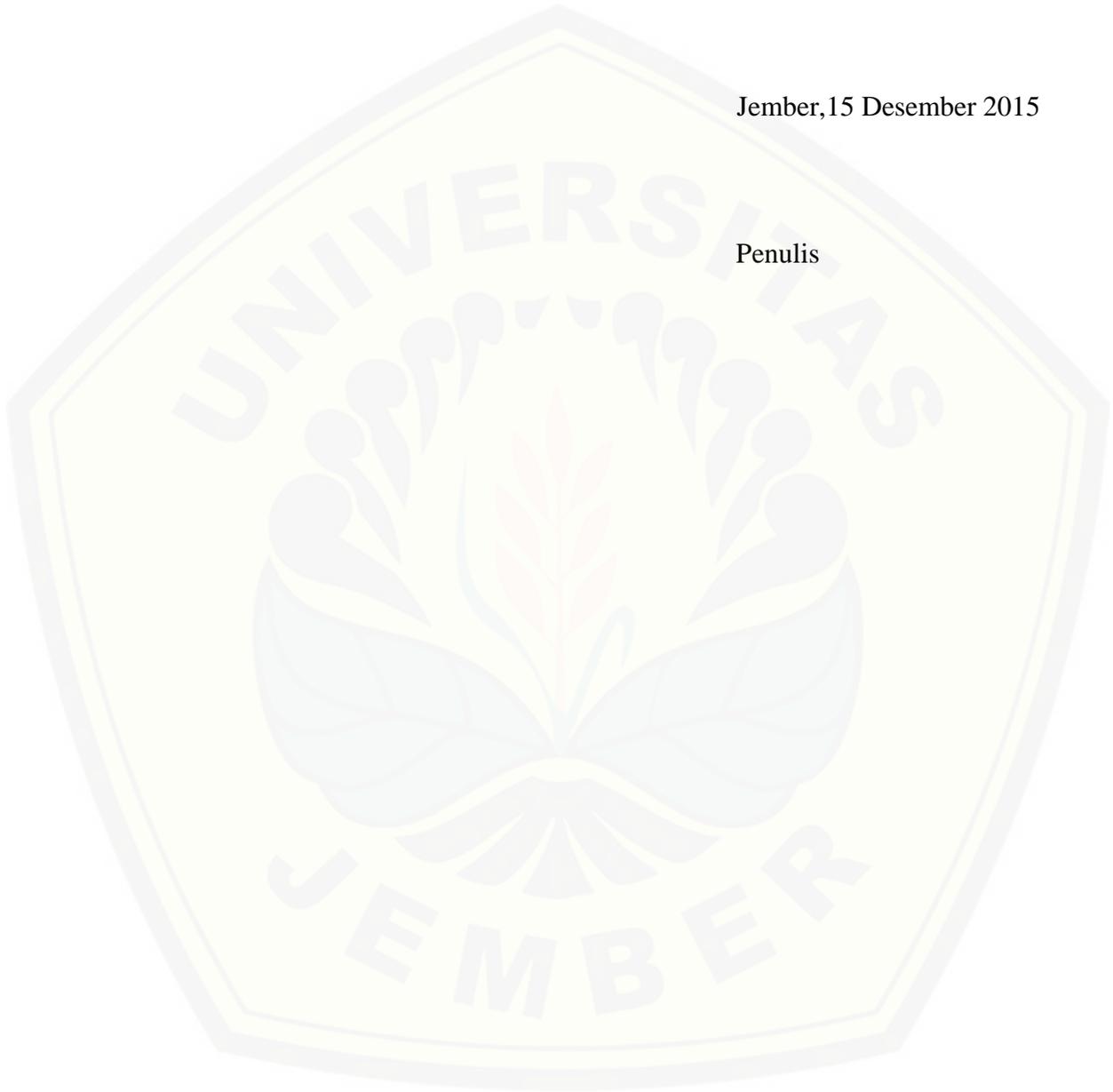
1. Supriyadi, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Nurul Priyantari, S.Si., M.Si, selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, perhatian, bimbingan dalam masa kuliah dan penulisan skripsi ini;
2. Ir. Misto, M.Si., selaku Dosen Penguji I, Endhah Purwandari, S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji II sekaligus Dosen pembimbing Akademik yang telah meluangkan waktu, pikiran, perhatian, bimbingan, kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini;
3. program beasiswa PHKI Universitas Jember yang telah memberikan dukungan materi selama masa kuliah;
4. rekan-rekan seperjuangan angkatan 2011 (GP 11), rekan-rekan Geofisika Universitas Jember serta saudara-saudara PALAPA yang telah membantu dan memberikan semangat.
5. seluruh dosen dan staf Jurusan Fisika FMIPA Universitas Jember terima kasih atas didikan dan bantuan hingga saat ini;
6. semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dalam penyusunannya, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak

demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak khususnya bidang Geofisika.

Jember, 15 Desember 2015

Penulis



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia terletak pada pertemuan tiga lempeng utama pembentuk kerak bumi yaitu Lempeng Eurasia yang bergerak ke arah tenggara, Lempeng Indo-Australia yang bergerak ke arah utara serta Lempeng Pasifik yang bergerak ke arah barat. Akibat dari pertemuan lempeng tersebut mengakibatkan kepulauan Indonesia banyak memiliki gunung berapi maupun yang tidak berapi dengan jumlah sebanyak 129 gunung. Salah satu gunung tersebut adalah Gunung Lemongan yang terletak di Kabupaten Lumajang Jawa Timur. Gunung Lemongan adalah sebuah gunung api bagian dari Pegunungan Tengger dan kelompok Pegunungan Iyang-Argopuro. Gunung Lemongan merupakan gunung api bertipe strato dan memiliki kawah bernama Lemongan. Secara geografis Gunung Lemongan terletak pada posisi $7^{\circ}59'$ LS dan $113^{\circ}20,5'$ BT dan secara administrasi termasuk dalam wilayah Kabupaten Lumajang. Gunung Lemongan termasuk tipe A mempunyai karakter letusan sangat unik yaitu jika terjadi kegiatan maka pusat kegiatannya selalu disamping kawah utama yang berada di puncak, selain itu Gunung Lemongan juga memiliki 60 pusat erupsi parasitik yang terdiri dari kerucut vulkanik dan maar. Gunung Lemongan memiliki ketinggian 1.721 mdpl.

Desa Ranu Bedali Kecamatan Ranuyoso merupakan kecamatan paling ujung utara sebagai pintu masuk dari kabupaten lain seperti Probolinggo, Pasuruan, Malang, Surabaya dan lainnya. Bentuk wilayahnya datar sampai berombak dimana 10% berombak sampai berbukit, 60% berbukit sampai bergunung dan 30% yang merupakan lahan non sawah dengan luas 9.795 Ha dengan jumlah penduduk 52.262 jiwa. Kecamatan Ranuyoso mempunyai 11 desa, 54 dusun, 56 RW dan 285 RT. Luas wilayahnya 98.42 km^2 , dengan letak koordinat $7^{\circ}56'55''$ LS, $113^{\circ}15'37''$ BT. Desa Ranu Bedali memiliki salah satu segitiga ranu dari Gunung Lemongan yakni Ranu

Bedali yang memiliki ketinggian sekitar 700 meter dari permukaan laut dengan luas ranu (danau) 25 Ha dan kedalaman 28 meter. Keunikan dari danau ini terletak pada permukaan airnya yang berada jauh di bawah permukaan tanah, sehingga untuk mencapai daratan tepi danau dibutuhkan tenaga yang prima dan kehati-hatian yang tinggi. Hal ini dikarenakan dinding batu yang mengelilingi ranu terlihat sangat tegak. Tegaknya dinding ranu tersebut diakibatkan oleh adanya daya dan gaya yang cukup besar pada saat Gunung Lemongan memuntahkan material isi bumi pada zaman dahulu. Di Gunung Lemongan memiliki 27 ranu, namun hanya terdapat 2 ranu yang memiliki karakteristik dengan dinding tegak yang mengelilingi area ranu. Ranu tersebut adalah Ranu Bedali di Kecamatan Ranuyoso Lumajang dan Ranu Agung di Kecamatan Tiris Probolinggo.

Berdasarkan keunikan struktur Desa Ranubedali serta Ranu Bedali yang telah dijabarkan pada paragraf sebelumnya, maka diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui karakteristik batuan, struktur bawah permukaan serta kandungan mineral yang ada di bawah permukaan Ranu Bedali. Untuk mendapatkan informasi tersebut diperlukan tahapan. Penelitian sebelumnya pada umumnya menggunakan metode geofisika dengan basis magnetik bumi atau lebih sering dikenal dengan geomagnetik, sehingga tahapan yang akan dilakukan oleh penulis adalah tahapan tahapan yang ada dalam geofisika untuk memperoleh tujuan di atas.

Geofisika merupakan bagian dari ilmu geosains. Geosains terdiri dari empat bagian yakni geodesi, geografi, geologi dan geofisika (Bath, 1973). Metode Geofisika merupakan ilmu yang mempelajari tentang bumi dengan menggunakan pengukuran fisis di atas permukaan. Dari sisi lain, geofisika mempelajari semua isi bumi baik yang terlihat maupun tidak terlihat langsung oleh pengukuran sifat fisis (Dobrin dan Savit, 1988). Salah satu metode geofisika yang meneliti keadaan struktur bawah permukaan berdasarkan sifat kemagnetannya yaitu metode magnetik. Metode magnetik ini dapat memberikan perkiraan struktur patahan dengan melihat profil anomali magnetik pada daerah tersebut yang ditafsirkan dalam bentuk

distribusi bahan magnetik yang didasarkan pada pengukuran variasi intensitas medan magnetik di permukaan bumi. Metode ini dilakukan berdasarkan pada hasil pengukuran anomali geomagnetik yang diakibatkan oleh perbedaan kontras susceptibilitas, atau permeabilitas magnetik tubuh cebakan dari daerah di sekelilingnya. Metode magnetik sering digunakan dalam eksplorasi pendahuluan minyak bumi, panas bumi, batuan mineral dan dapat diterapkan pada pencarian prospeksi benda-benda arkeologi.

Struktur bawah permukaan bumi meliputi sistem perlapisan bumi sampai dengan kedalaman kurang dari 10 km yang banyak mengandung sumber daya alam, seperti minyak dan gas bumi, bahan-bahan tambang baik dangkal maupun dalam. Sedangkan struktur bumi yang lebih dari 10 km atau bahkan sampai inti bumi yang panas dan dinamis merupakan penyebab gerakan-gerakan bumi. Gerakan tersebut bahkan mampu menggerakkan kulit bumi dengan kuat sebagai gempa bumi dan menimbulkan aktivitas-aktivitas yang dapat mempengaruhi lingkungan hidup di dunia (Sismanto, tanpa tahun). Dalam mempelajari struktur bawah permukaan bumi Desa Ranubedali dan Ranu Bedali Kecamatan Ranuyoso Lumajang Jawa Timur, peneliti perlu memahami tentang interpretasi dan pemodelan struktur bawah permukaan. Interpretasi dan pemodelan struktur permukaan bumi adalah proses perhitungan balik atau penyelesaian *inverse* atau pembuatan model-model alternatif yang paling mungkin dengan penjelasan kualitatif dan kuantitatif, seperti posisi, kedalaman, dimensi, bentuk, dan parameter fisis yang terkandung serta dinamika sumber model anomali. Sesuai sifat data geofisika yang dinamis sebagai fungsi waktu maka diperlukan adanya pemodelan. Pemodelan pada umumnya dilakukan secara matematis dan melibatkan persamaan diferensial linear maupun non-linear sesuai dengan tingkat masalah yang dihadapi dan penyelesaiannya, oleh karena itu tidak jarang pemodelan juga dilakukan secara fisis.

Pemodelan struktur bawah permukaan dengan metode magnetik telah banyak digunakan oleh para peneliti untuk mengetahui struktur bawah permukaan suatu

daerah dengan meninjau sebaran data magnetik yang didapatkan pada pengukuran di lapangan. Salah satunya adalah penelitian yang dilakukan oleh Arif Ismul Hadi FMIPA Universitas Bengkulu dengan judul pendugaan struktur bawah permukaan Gunung Hulu Lais menggunakan geofisika metode magnetik pada tahun 2009. Penelitian ini dilakukan dengan cara mengambil data sebaran nilai magnetik dengan proton precession magnetometer, kemudian data tersebut diolah menggunakan *software surfer* untuk mengetahui nilai anomali magnetik yang ada pada tempat penelitian. Hasil dari *surfer* kemudian diolah kembali dengan melakukan digitasi kontur pada daerah yang memiliki nilai anomali magnetik. Berdasarkan profil anomali yang dihasilkan tersebut maka dapat dibuat model bawah permukaan yang sesuai. Pemodelan dibuat berdasarkan nilai anomali magnetik menggunakan *software* pada umumnya.

Pada penelitian kali ini peneliti akan melakukan pemodelan struktur bawah permukaan Desa Ranubedali dan Ranu Bedali. Sama halnya dengan penelitian di atas peneliti juga melakukan tahapan untuk langkah-langkah pemodelan. Namun pemodelan kali ini berbeda dengan teknik pemodelan pada penelitian Arif Ismul Hadi. Perbedaan terletak pada proses akhir yakni pemodelan pada penelitian ini menggunakan cara yang lebih mudah dengan pemrograman menggunakan pemodelan numerik. Harapannya pemodelan numerik ini menjadi jalan alternatif dalam memodelkan struktur bawah permukaan dengan hasil mendekati hasil pemodelan pada *software* pada umumnya.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari pembahasan di atas adalah sebagai berikut;

1. Bagaimanakah sebaran data magnetik pada Desa Ranu Bedali dan Ranu Bedali?
2. Bagaimanakah kurva yang dihasilkan dari data anomali magnetik pada Desa Ranu Bedali dan Ranu Bedali dari hasil digitasi kontur data anomali magnetik pada *software surfer*?
3. Bagaimanakah model struktur bawah permukaan yang sesuai anomali magnetik dengan menggunakan pendekatan pemodelan numerik benda berbentuk persegi?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan di dalam penelitian ini adalah:

1. Penelitian dilakukan di Ranu Bedali di wilayah Desa Ranubedali, Kecamatan Ranuyoso Lumajang Jawa Timur.
2. Metode yang digunakan adalah Metode Geomagnetik.
3. Pengolahan data menggunakan *software Surfer 11*, dan *MATLAB*.
4. Pemodelan struktur bawah permukaan menggunakan pemodelan numerik.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan investigasi sebaran data magnetik di Desa Ranubedali dan Ranu Bedali Ranuyoso Lumajang.
2. Mengetahui kurva yang dihasilkan dari data anomali magnetik pada Desa Ranubedali dan Ranu Bedali dari hasil digitasi kontur data anomali magnetik pada *software Surfer*.

3. Mengetahui model struktur bawah permukaan yang sesuai anomali magnetik dengan menggunakan pendekatan pemodelan numerik benda berbentuk persegi.

1.5 Manfaat

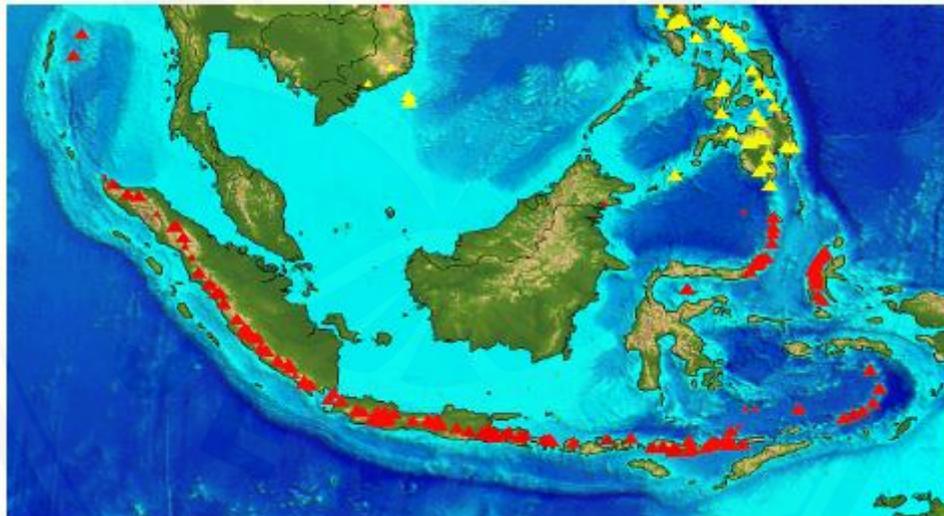
Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini dapat memberikan informasi data-data geofisika dari Desa Ranubedali dan Ranu Bedali antara lain, karakteristik batuan, pemodelan struktur bawah permukaan dan kandungan mineral yang ada di bawah permukaan Ranu Bedali. Selain itu juga bermanfaat dalam bidang analisis pemodelan struktur bawah permukaan dengan menggunakan pemodelan numerik



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gunung Api di Indonesia

Indonesia terletak pada pertemuan tiga lempeng utama pembentuk kerak bumi yaitu Lempeng Eurasia yang bergerak ke arah tenggara, Lempeng Indo-australia yang bergerak ke arah utara serta Lempeng Pasifik yang bergerak ke arah barat. Akibat pertemuan lempeng tersebut mengakibatkan Indonesia sangat rawan bencana (Zakaria,2008). Akibat benturan tiga lempeng tersebut, Indonesia memiliki 129 gunung api atau kurang lebih 13% dari jumlah gunung api di seluruh dunia yang tersebar memanjang di Aceh sampai Sulawesi Utara melalui Pegunungan Bukit Barisan, Jawa, Bali, Nusa Tenggara, dan Maluku (Koesoemadinata, 1979).



Gambar 2.1 Sebaran Gunung Api di Indonesia
(Sumber: Direktorat Vulkanologi Dan Mitigasi Bencana Geologi, 2006)

Gunung api terbentuk karena adanya gerakan magma sebagai arus konveksi, dimana arus tersebut menyebabkan gerakan dari kerak bumi yakni kerak samudera dan kerak benua atau daratan. Gerakan kerak tersebut juga disebut pergerakan antar lempeng (Matthews dan William, 1967).

2.2 Profil Gunung Lemongan dan Ranu Bedali

Gunung Lemongan adalah sebuah gunung api di Jawa Timur (di sekitar kawasan Kabupaten Lumajang), bagian dari Pegunungan Tengger dan kelompok Pegunungan Iyang-Argopuro puncaknya adalah Lemongan (1 761 mdpl). Gunung api Lemongan merupakan salah satu dari 127 gunung api aktif di Indonesia, secara geografis terletak pada Koordinat : $7^{\circ} 59'$ LS dan $113^{\circ} 20,5'$ BT sedangkan secara administratif termasuk Kecamatan Ranuyoso, Kabupaten Lumajang, Jawa Timur. Gunung api Lemongan bertipe strato yang berarti terbentuk oleh muntahan material gunung api berupa piroklastik yang berselingan dengan lava (Mulya dan Agung , 2004) dan mempunyai ciri banyaknya ranu (danau) di sekeliling tubuh Gunung Lemongan. Tipe letusan dari Gunung Lamongan adalah tipe stromboli dan tipe volcano yang diselingi aliran lava pijar (Direktorat Pusat Vulkanologi dan Matigasi Bencana Geologi, 2006).

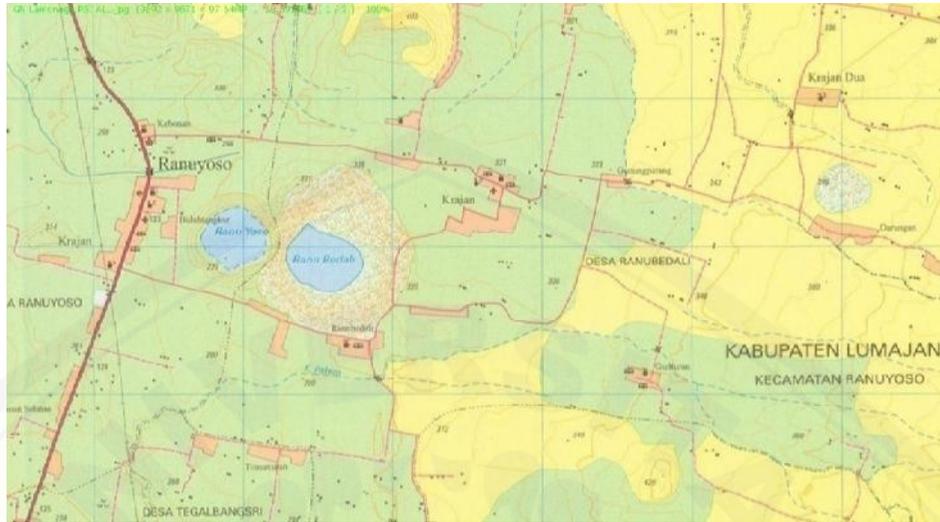
Gunung Lamongan terakhir meletus tahun 1898 dan sampai dengan saat ini belum terjadi lagi letusan vulkanik. Di antara gunung api di Indonesia yang terhitung aktif, Gunung Lemongan memiliki pusat-pusat erupsi parasitik yang paling banyak. Tidak kurang dari 60-an pusat erupsi parasitik yang terdiri dari kerucut vulkanik dan maar tersebar di sekeliling gunung api tersebut. Erupsi vulkanik parasitik terjadi pada waktu pra-sejarah dan belum pernah aktif lagi dalam waktu sejarah sampai sekarang. Penduduk di sekitar Gunung Lemongan sekurang-kurangnya telah enam kali mengalami kepanikan oleh guncangan beruntun dari gempa bumi lokal yang berlangsung beberapa hari, yang semula diperkirakan akan meletusnya Gunung Lemongan. Hal tersebut terjadi pada tahun 1925, 1978, 1985, 1988, 1989 dan

2005. Sampai dengan saat ini aktifitas Gunung api Lamongan dipantau dari Pos Pengamatan Gunung api di Gunung Meja, Kecamatan Klakah, Kabupaten Lumajang. Potensi bahaya erupsi Gunung Lamongan pada Kawasan Rawan Bencana II adalah beradius 3.5 km dari puncak, terlanda ancaman aliran lava, lontaran batu (pijar), hujan abu lebat dan aliran lahar. Pada Kawasan Rawan Bencana I adalah beradius 7 km dari puncak, terlanda aliran lahar dan kemungkinan dapat terkena perluasan aliran lava (Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, 2012).



Gambar 2.2 Gunung Lemongan Lumajang Jawa Timur
(Sumber: Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional, 1999)

Desa Ranubedali Kecamatan Ranuyoso yang merupakan kecamatan paling ujung utara sebagai pintu masuk dari kabupaten lain seperti Probolinggo, Pasuruan, Malang, Surabaya dan lainnya dengan bentuk wilayah datar sampai berombak:10%, berombak sampai berbukit:60%, Berbukit sampai bergunung:30%, yang merupakan lahan non sawah dengan luas 9.795 Ha dengan jumlah penduduk 52262 jiwa. Kecamatan Ranuyoso mempunyai 11 desa, 54 dusun, 56 RW dan 285 RT. Luas wilayah : 98.42 km², dengan letak koordinat 7°56'55"LS,113°15'37"BT. Desa Ranu Bedali memiliki salah satu segitiga ranu dari Gunung Lemongan yakni Ranu Bedali yang memiliki ketinggian sekitar 700 m dari permukaan laut dengan luas danau 25 Ha dan kedalaman 28 m. Keunikan dari danau ini terletak pada permukaan airnya yang berada jauh di bawah permukaan tanah, sehingga untuk mencapai daratan tepi danau dibutuhkan tenaga yang prima dan kehati-hatian yang tinggi. Hal ini dikarenakan dinding batu yang mengelilingi ranu ini terlihat sangat tegak dan diperkirakan terjadi daya dan gaya yang cukup besar untuk mengeluarkan material isi bumi dari muntahan Gunung Lemongan pada zaman dahulu. Ranu Bedali adalah salah satu dapur magma yang dimiliki Gunung Lemongan yang sekarang telah menjadi ranu (danau). Dari 27 ranu yang berada di sekitar Gunung Lemongan hanya terdapat 2 ranu yang memiliki karakteristik dengan dinding tegak yang mengelilingi area ranu. Ranu tersebut adalah Ranu Bedali di Kecamatan Ranuyoso Lumajang dan Ranu Agung di Kecamatan Tiris Probolinggo.

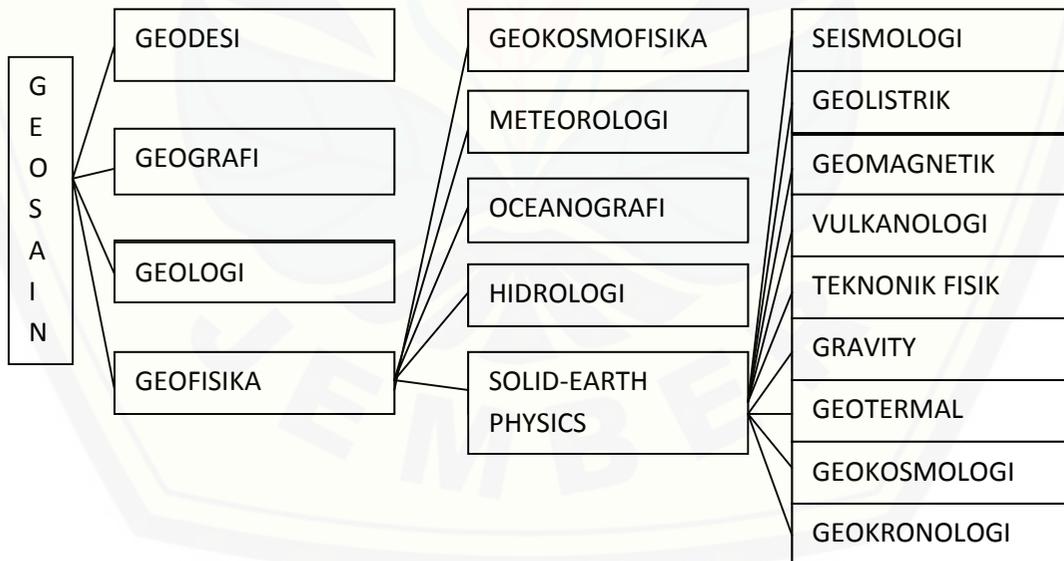


Gambar 2.3 Desa Ranu Bedali dan Ranu Bedali
(Sumber: Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional, 1999)

2.3 Pengertian Dasar Geofisika

Geofisika adalah ilmu yang menggunakan metode geofisika untuk mempelajari bumi (isi dan lingkungan bumi serta interaksinya, baik kondisi statik dan dinamikanya). Salah satu metode fisika yang dipakai geofisika sebagai dasar untuk mempelajari struktur bawah permukaan bumi dan penerapannya, besaran fisisnya yang diukur dan sumber penyebab anomalnya (Kirbani, 2003). Di dalam geofisika semua pengaruh lingkungan medium bumi (baik yang di dalam maupun yang di luar bumi) turut terukur oleh alat ukur sesuai kadarnya masing-masing, sehingga harus diadakan pemrosesan data yang sangat seksama untuk membuang gangguan yang tidak relevan terhadap target (Mugiono, 1986). Ketika kita akan melakukan kegiatan pengukuran dengan salah satu metode geofisika kita perlu melakukan “Rancangan Survei”. Rancangan survei adalah perencanaan sistematis semua aktivitas, sasaran, alat-alat utama dan alat bantu yang digunakan lengkap dengan lapangan daerah survei, pembiayaan dan sebagainya yang berkaitan dengan aspek keamanan, keselamatan, kesehatan, keberhasilan survei, jaminan mutu serta

hasilnya (Simanto, 2003). Menurut *Physics and Astronomy Classification Scheme (PACS)* yang dibuat oleh *American Institute of Physics (AIP)*, geofisika dibagi atas *solid earth physics, hydrospheric and atmospheric geophysics, geophysical observation, instrumentation dan techniques, physics ionosphere and magnetosphere* serta *solar sistem and planetesimal*. Di dalam bagian tersebut terdapat berbagai ilmu lagi yang jumlahnya mencapai seratus bidang lebih. Sedangkan menurut Bath pada tahun 1973 mengungkapkan bahwa geofisika merupakan bagian dari ilmu geosain, dan geosain terdiri dari geodesi, geografi, geologi, dan geofisika. Penjelasan di atas dapat diperhatikan pada gambar 2.4 di bawah ini tentang konsep geofisika. Bagan tersebut mempermudah kita dalam memahami cakupan tinjauan dari geofisika sebagai bagian dari geosain. Geofisika dapat diaplikasikan dalam *solid eart physics* dengan beberapa metode yakni: seismologi, geolistrik, geomagnet, vulkanologi, tektonik fisik, gravity, geothermal, geokosmologi dan geokronologi.



Gambar 2.4 Skema geofisika yang merupakan bagian dari geosains (Sumber: Bath, 1973).

2.4 Teori Dasar Metode Geomagnetik

2.4.1 Pengertian Dasar Metode Geomagnetik

Metode geomagnetik adalah merupakan metode pengolahan data potensial untuk memperoleh gambaran bawah permukaan bumi atau berdasarkan karakteristik magnetiknya. Metode ini didasarkan pada pengukuran intensitas medan magnet pada batuan yang timbul karena pengaruh dari medan magnet bumi saat batuan itu terbentuk. Kemampuan suatu batuan untuk dapat termagnetisasi sangat dipengaruhi oleh faktor suseptibilitas batuan. Objek pengamatan dari metode ini adalah benda yang bersifat magnetik, dapat berupa gejala struktur bawah permukaan ataupun batuan tertentu. Metode ini dapat dipakai sebagai *preliminary survey* untuk menentukan bentuk geometri dari bentuk basement, intrusi dan patahan.

2.4.2 Gaya Magnetik

Jika dua buah benda atau kutub magnetik terpisah pada jarak r maka gaya magnetik yang dihasilkan tercantum gaya coulomb (Telford,1976) antara kutub magnetik m_1 dan m_2 adalah sebagai berikut :

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

Dimana : \vec{F} = Gaya Magnet (N)

m_1 = massa benda 1 (kg)

m_2 = massa benda 2 (kg)

μ_0 = permeabilitas medium ruang hampa ($\frac{N}{A^2}$)

r = jarak antara m_1 dengan m_2 (meter)

Konstanta μ_0 adalah permeabilitas medium dalam ruang hampa tidak berdimensi dan berharga satu yang besarnya dalam SI adalah $4\pi \times 10^{-7} \left(\frac{N}{A^2} \right)$ \vec{F} adalah gaya magnetik pada m_2 , serta \vec{r} adalah vektor satuan berarah dari m_1 ke m_2 .

2.4.3 Kuat Medan Magnet

Kuat medan magnetik (\vec{H}) pada suatu titik dengan jarak r dari m_1 dan muatannya dapat didefinisikan sebagai gaya persatuan kuat kutub magnet dinyatakan sebagai :

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

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

2.4.4 Medan Magnet Bumi

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 :

- a) Deklinasi (D), yaitu sudut antara utara magnetik dengan komponen horizontal yang dihitung dari utara menuju timur.
- b) Inklinasi (I), yaitu sudut antara medan magnetik total dengan bidang horizontal yang dihitung dari bidang horizontal menuju bidang vertikal ke bawah.
- c) Intensitas Horizontal (H), yaitu besar dari medan magnetik total pada bidang horizontal.
- d) Medan magnetik total (F), yaitu besar dari vektor medan magnetik total. Medan magnet utama bumi berubah terhadap waktu.

Untuk menyeragamkan nilai-nilai medan utama magnet bumi, dibuat standar nilai yang disebut sebagai *International Geomagnetism Reference Field (IGRF)* yang diperbaharui setiap 5 tahun sekali. Nilai-nilai IGRF tersebut diperoleh dari hasil

pengukuran rata-rata pada daerah luasan sekitar 1 juta km² yang dilakukan dalam waktu satu tahun. Medan magnet bumi terdiri dari 3 bagian :

- 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 106 km².
- 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 magnet anomali medan magnet anomali sering juga disebut medan magnet lokal (*crustal field*). Medan magnet ini dihasilkan oleh batuan yang mengandung mineral bermagnet seperti magnetit, titanomag-netit dan lain-lain yang berada di kerak bumi.

Dalam survei dengan metode magnetik yang menjadi target dari pengukuran adalah 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, 1976).

2.4.5 Intensitas Kemagnetan

Sejumlah benda-benda magnet dapat dipandang sebagai sekumpulan benda magnetik. Apabila benda magnetik tersebut diletakkan dalam medan magnet luar, benda tersebut menjadi termagnetisasi karena induksi. Dengan demikian intensitas kemagnetan I adalah tingkat kemampuan menyearahkan momen-momen magnetik dalam medan magnet luar, atau didefinisikan sebagai momen magnet persatuan volume:

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

satuan magnetisasi dalam cgs adalah gauss atau $\text{emu}\cdot\text{cm}^{-3}$ dan dalam SI $\text{A}\cdot\text{m}^{-1}$ (Telford, 1976).

2.4.6 Momen Magnetik

Bila dua kutub magnet yang berlawanan mempunyai kuat kutub magnet dan keduanya terletak dalam jarak r , maka momen magnetik, dapat dituliskan sebagai:

$$\vec{M} = ml\hat{r} \quad (2.4)$$

dengan M adalah vektor dalam arah unit vektor r dari arah kutub negatif ke kutub positif. Arah momen magnetik dari atom bahan non magnetik adalah acak sehingga momen magnetik resultannya menjadi nol. Sebaliknya di dalam bahan-bahan magnetik arah momen magnetik atom-atom bahan itu teratur sehingga momen magnetik resultannya tidak menjadi nol. Momen magnet mempunyai satuan dalam cgs adalah $\text{gauss}\cdot\text{cm}^3$ atau emu dan dalam SI mempunyai satuan $\text{A}\cdot\text{m}^2$ (Mangatur, 2009).

2.4.7 Induksi Magnetik

Induksi magnetik yang didefinisikan sebagai medan total bahan yang diletakkan pada medan luar H akan menghasilkan medan tersendiri yakni H' yang meningkatkan nilai total medan magnetik bahan tersebut:

$$\vec{B} = \vec{H} + \vec{H}' \quad (2.5)$$

Hubungan medan sekunder $\vec{H} = 4\pi\vec{M}$, satuan \vec{B} dalam cgs adalah gauss, sedangkan dalam geofisika eksplorasi dipakai satuan gamma dan dalam SI adalah tesla (T) atau nanotesla (nT) (Telford, 1990).

2.4.8 Suseptibilitas

Suseptibilitas magnetik dapat diartikan sebagai derajat kemagnetan suatu benda. Harga k pada batuan semakin besar apabila dalam batuan semakin banyak dijumpai mineral mineral yang bersifat magnetik. Berdasarkan harga suseptibilitas k , benda-benda magnetik dapat dikategorikan sebagai diamagnetik, paramagnetik, ferromagnetik. Diamagnetik adalah benda yang mempunyai nilai k kecil dan negatif. Paramagnetik adalah benda magnetik yang mempunyai nilai k kecil dan positif. Sedangkan ferromagnetik adalah benda magnetik yang mempunyai nilai k positif dan besar (Kaufman dkk., 2009).

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

Tabel 2.1 Nilai suseptibilitas batuan dan mineral

Batuan	Tipe	Suseptibilitas (10^{-3})(SI)	
		Rentang nilai	Rata-rata
Sedimen	Dolomit	0-0,9	0,1
	Batu gamping	0-3	0,3
	Batu pasir	0-20	0,4
	Serpil	0,01-15	0,6
Metamorf	Amphibiolit		0,7
	Sakis	0,3-3	1,4
	Filit		1,5
	Gneiss	0,1-25	
	Kuarsit		4
	Serpentim		
	Sabak	0-35	6
Beku	Granit	0-50	2,5
	Riolit	0,2-35	
	Dolorit	1-35	17
	Augite – diabas	30-40	
	Olivin – diabas		25
	Diabas	1-160	55
	Phorpyry	0,3-200	60
	Gabro		70
	Basalt	0,2-175	70
	Diorit	0,6-120	85
	Piroksenit		125
	Peridotit	90- 200	150
	Andesit		160

Sumber : Telford (1990).

2.4.9 Koreksi Data Magnetik

Secara umum beberapa koreksi yang dilakukan dalam survei magnetik adalah sebagai berikut :

a) 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 terekan 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 terekan pada waktu tertentu terhadap data medan magnetik yang akan dikoreksi, dapat dituliskan dalam persamaan:

$$\Delta H = H_{obs} \pm \Delta H_{vh} \quad (2.6)$$

H_{obs} = harga medan magnet terukur (T)

ΔH_{vh} = variasi harian medan magnet terukur (T)

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. Jika nilai medan magnetik utama dihilangkan dengan koreksi harian, maka kontribusi medan magnetik utama dihilangkan dengan koreksi 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 :

$$\Delta H = H_{obs} \pm \Delta H_{vh} - H_{IGRF} \quad (2.7)$$

H_{obs} = harga medan magnet terukur (T)

ΔH_{vh} = variasi harian medan magnet terukur (T)

H_{IGRF} = medan utama magnet bumi (T)

Koreksi topografi dilakukan jika pengaruh topografi dalam survei magnetik sangat kuat. Koreksi topografi dalam survei geomagnetik tidak mempunyai aturan yang jelas. Salah satu metode untuk menentukan nilai koreksinya adalah dengan membangun suatu model topografi menggunakan pemodelan beberapa prisma segiempat (Suryanto, 1988). Ketika melakukan pemodelan, nilai suseptibilitas magnetik (k) batuan topografi harus diketahui, sehingga model topografi yang dibuat, menghasilkan nilai anomali medan magnetik (H_{top}) sesuai dengan fakta. Selanjutnya persamaan koreksinya (setelah dilakukan koreksi harian dan IGRF) dapat dituliskan sebagai

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

Δh_{top} = nilai dari koreksi topografi

Setelah semua koreksi dikenakan pada data-data medan magnetik yang terukur di lapangan, maka diperoleh data anomali medan magnetik total di topografi. Untuk mengetahui pola anomali yang diperoleh akan digunakan sebagai dasar dalam pendugaan model struktur geologi bawah permukaan yang mungkin, maka data anomali harus disajikan dalam bentuk peta kontur. Peta kontur terdiri dari garis-garis kontur yang menghubungkan titik-titik yang memiliki nilai anomali sama, yang diukur dari suatu bidang pembanding tertentu.

Untuk mempermudah proses pengolahan dan interpretasi data magnetik, maka data anomali medan magnetik total yang masih tersebar di topografi harus direduksi atau dibawa 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 (Blakely, 1995).

Pengangkatan 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 atau mengurangi 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 mengurangi anomali magnetik lokal yang bersumber dari benda magnetik atau struktur geologi yang menjadi target survei magnetik ini.

Dalam banyak kasus, data anomali medan magnetik yang menjadi target survei selalu bersuperposisi atau bercampur dengan anomali magnetik lain yang berasal dari sumber yang sangat dalam dan luas di bawah permukaan bumi. Anomali magnetik ini disebut sebagai anomali magnetik regional (Breiner, 1973). Untuk menginterpretasi anomali medan magnetik yang menjadi target survei, maka dilakukan koreksi efek regional, yang bertujuan untuk menghilangkan efek anomali magnetik regional dari data anomali medan magnetik hasil pengukuran. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk memperoleh anomali regional adalah pengangkatan ke atas hingga pada ketinggian-ketinggian tertentu, dimana peta kontur anomali yang dihasilkan sudah cenderung tetap dan tidak mengalami perubahan pola lagi ketika dilakukan pengangkatan yang lebih tinggi.

2.5 Proton Precession Magnetometer (PPM)

Dalam mengukur medan magnet bumi total, digunakan *proton precession magnetometer* yang menggunakan prinsip perhitungan frekuensi gerak presisi proton dalam pengaruh suatu medan magnet dengan persamaan Lemour:

$$\omega = g \cdot H \quad (2.8)$$

Keterangan:

ω = frekuensi Lemour (MHz)

g = rasio giromagnetik (MHzT^{-1})

H= medan magnet luar (T)

Bila medan magnet induksi pada kumparan dihilangkan maka inti atom hidrogen akan mengalami gerak presisi kembali ke keadaan semula. Frekuensi yang timbul akan sesuai dengan besar medan magnet bumi yang mempengaruhinya.



Gambar 2.5 Proton Precession Magnetometer
(Sumber: <http://georesults.com.au/product/geometrics-g-857-proton-magnetometer>)

2.6 Surfer

Surfer adalah 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, 2009).

Metode *Minimum Curvatur* digunakan secara luas pada bidang ilmu kebumihan. Permukaan yang diinterpolasi dengan metode ini dapat dianalogikan dengan bidang elastis yang disebarkan ke seluruh titik data sedemikian sehingga hanya sedikit lekukan yang terjadi. *Minimum Curvature* membuat permukaan sehalus mungkin untuk data yang diinterpolasi sehingga bukan merupakan interpolator yang eksak (Kecker, 1994).

2.7 MagPick

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

- Lihat peta magnetik dengan penyesuaian dinamis dari skala warna sesuai dengan grid data minimum dan maksimum. Mempersempit interval data yang juga bisa dicapai jika diinginkan.
- *Zoom* dari bagian yang berbeda dari peta dan sekarang mereka dalam jendela terpisah. Perubahan otomatis skala warna untuk menyesuaikan berbagai data dalam jendela tertentu.
- Untuk menyederhanakan atau dalam "memetik magnet". Hal ini dilakukan dengan memungkinkan pengguna untuk memilih dua titik dengan mouse dan menyimpannya dalam file. Dalam banyak kasus lokasi tubuh magnetic antara minimum dan maksimum medan magnet: karena itu dua poin yang diperlukan untuk memperkirakan lokasi.
- *Advanced* "memetik magnet". Pengguna memilih daerah mana minimum dan maksimum adalah program yang secara otomatis menemukan posisi yang tepat mereka.
- Pilihan penghapusan menghapus picks yang telah dibuat.

Pengembangan lebih lanjut dari *MagPick* dilanjutkan pada November-Januari 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 diukur, tanpa mengurangi lapangan utama bumi.
2. Hasil inversi disajikan sebagai tabel elektronik (lembar kerja). Beberapa bentuk sederhana manipulasi seperti penghapusan, membaca, kehancuran, dan lain-lain dilaksanakan.
3. Informasi tambahan dalam bentuk garis, poligon, titik beranotasi, klip dapat ditarik di atas peta magnetik.
4. Presentasi lapangan oleh kontur dijelaskan dikembangkan.
5. Pembalikan berdasarkan data profil dilaksanakan. Ini berarti bahwa semua (atau sebagian) dari profil melintasi jendela yang diberikan dapat digunakan untuk memperkirakan posisi sumber magnetik. Kurva dihitung dan diamati diplot untuk melihat kualitas dari solusi.
6. Titik tanda pada grafik / tampilan peta profil ditambahkan. Tanda pada profil secara otomatis muncul pada tampilan peta. 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 1997. Beberapa tempat diperiksa oleh penyelam di 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, dkk., 2014).

2. Kontinuasi

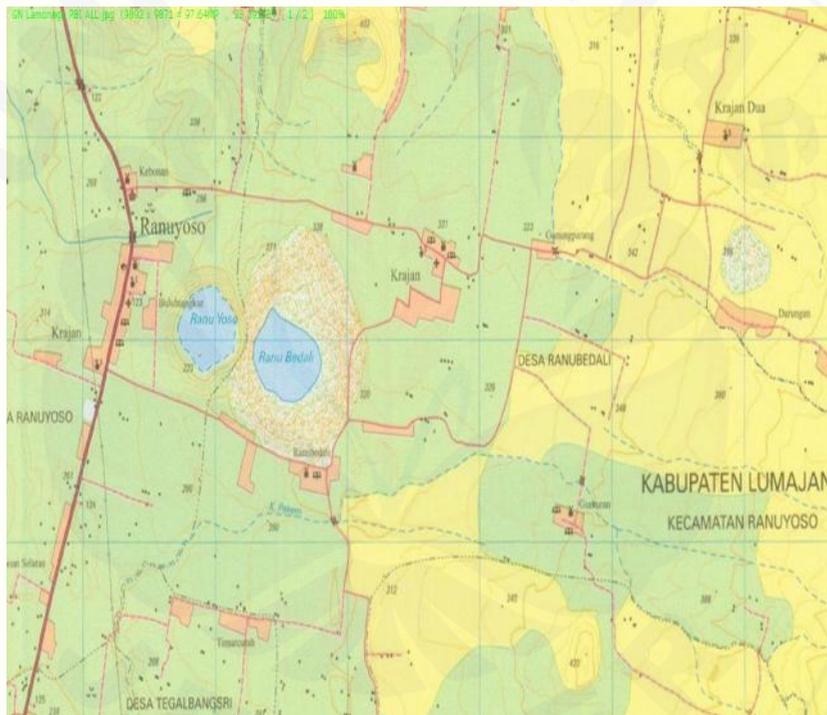
Pada umumnya anomali medan magnet yang terukur pada topografi yang masih terletak pada ketinggian yang tidak teratur. Kemudian dilakukan pengangkatan (kontinuasi). Kontinuasi terdiri dari dua jenis yaitu, kontinuasi ke atas (*upward*) dan ke bawah (*downward*). Kontinuasi yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah *upward continuation*, dimana kontinuitas ini berfungsi untuk mensmoothing peta anomali dengan cara menaikkan bidang pengamat ke atas dari bodi 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 bodi anomali yang ada. Karena target dari proses ini adalah untuk menentukan bodi anomali dari peta anomali yang sudah ada (Lita, 2012).

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat Pengambilan data dilakukan di Desa Ranubedali dan Ranu Bedali, Ranuyoso Kabupaten Lumajang. Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus 2014.



Gambar 3.1 Peta lokasi penelitian Desa Ranubedali dan Ranu Bedali, Ranuyoso, Lumajang (Sumber: Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional, 1999).

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui informasi sebaran nilai magnetik berdasarkan data anomali magnetik yang diperoleh dari hasil pengukuran lapangan. Data diperoleh berdasarkan pengambilan data pada lokasi penelitian dengan

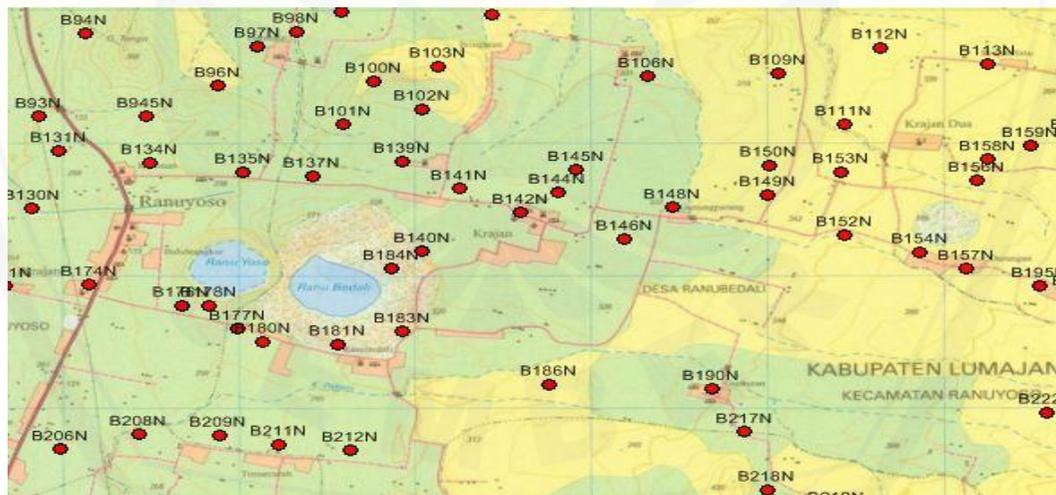
menentukan titik-titik koordinat di kawasan Desa Ranubedali dan Ranu Bedali, Ranuyoso.



(a)



(b)



(c)

Gambar 3.2 Lokasi Penelitian (a) Desa RanuBedali; (b) Ranu Bedali Kecamatan Ranuyoso Kabupaten Lumajang (c) Titik koordinat pengambilan data

3.2 Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian dengan metode magnetik adalah (dapat dilihat pada Gambar 3.3):

1. *Proton Precession Magnetometer* (PPM) :

a. *Base Station*, digunakan sebagai koreksi harian

- Tipe : GEOMETRICS G-856 MAGNETOMETER
- Resolusi : 0.1 nT (Gamma)
- Ketelitian : ± 1 gamma pada skala penuh
- Toleransi gradien : hingga 1800 nT/meter
- Sumber daya : 13.5 Volt DC
- Jangkauan suhu : - 20 sampai dengan + 50 °C
- *Console* : (18 x 27 x 9 cm), 2.7kg
- Sensor : (9 x 13 cm), 1.8kg
- *Stuff* : (3 cm x 2,5 m), 1kg

b. *Rover*, digunakan untuk mengukur medan magnet

- Tipe : GEOTRON Model G5 Proton Magnetometer
- Resolusi : 0.1 nT (Gamma)
- Ketelitian : ± 1 gamma pada skala penuh
- Toleransi gradien : hingga 4000 nT/meter
- Sumber daya : 18,0 Volt DC
- Jangkauan suhu : - 10 sampai dengan + 50 °C
- *Console* : (22 x 23 x 11 cm), 4kg
- Sensor : (7,5 x 16 cm), 1,2kg
- *Stuff* : 6 (2,5 x 40 cm), 0,25 x 6kg

2. GPS Garmin Map78 CSx berfungsi untuk mengetahui koordinat *latitude*, *longitude* dan *altitude* titik pengukuran (dapat dilihat pada gambar 3.3).

3. Kompas Geologi berfungsi untuk menunjukkan arah pada saat penelitian.

4. Seperangkat komputer dengan *Operating System Microsoft Windows 7*.

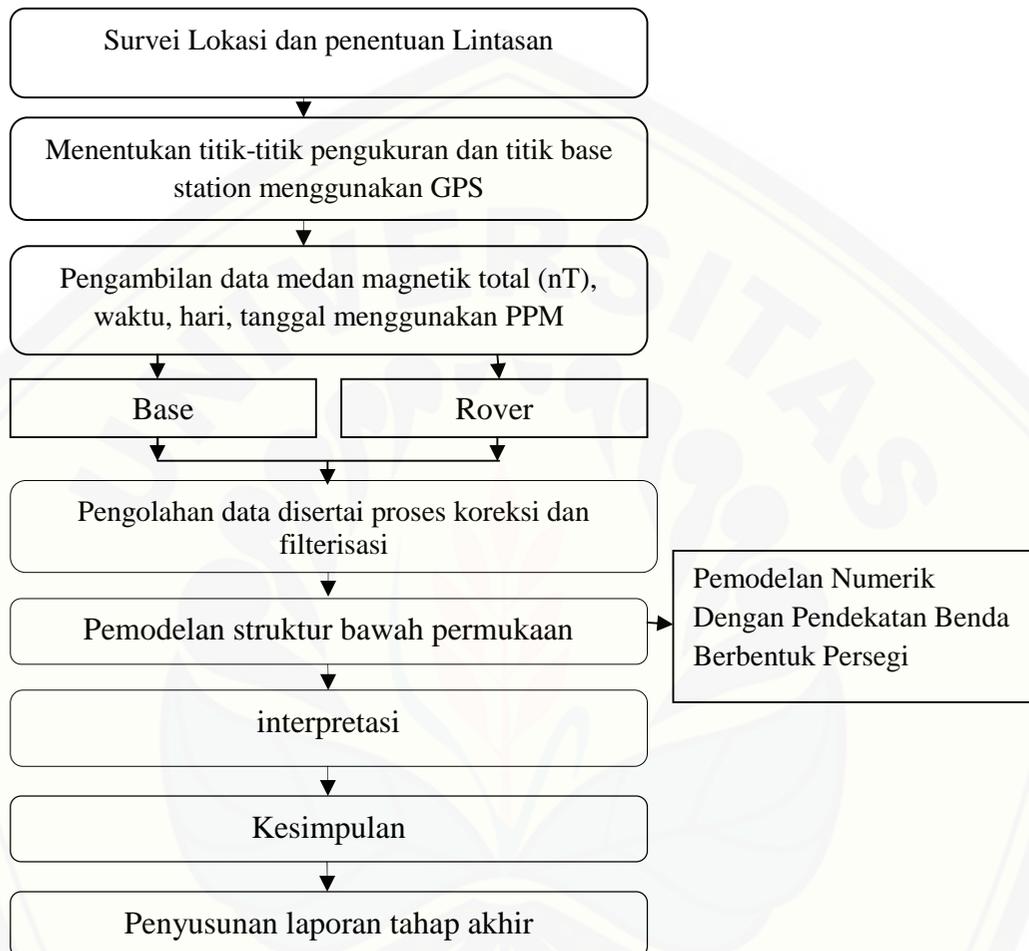
5. *Microsoft Office (Excel).*
6. *Software MagMap2000, BaseCamp.*
7. *Software Surfer 11.0.*
8. *Software Magpick*
9. *Software Matlab*



Gambar 3.3 GPS Garmin 78 CSx

3.3 Diagram Kerja Penelitian

Adapun langkah kerja penelitian adalah sebagai berikut :



Gambar 3.4 Diagram kerja penelitian

3.3.1 Survei lokasi dan penentuan lintasan

Survei lokasi dilakukan pada bulan Agustus 2014 meliputi survei kondisi topografi daerah penelitian. Hasil survei selanjutnya dijadikan bahan pertimbangan dalam penentuan titik- titik pengambilan data magnetik.

3.3.2 Penentuan titik pengukuran dan base station

Pada penelitian ini diperlukan dua posisi penempatan alat PPM (*Proton Procession Magnetometer*) yaitu sebagai *base station* dan *rover* (titik pengukuran). Posisi *base station* dan titik pengukuran ditentukan dengan GPS (*Global Positioning System*). Titik pengukuran ditentukan dengan cara random berdasarkan posisi longitude dan latitude (terlampir). Sedangkan base station di tempatkan pada posisi $7^{\circ}56'55''$ LS, $113^{\circ}15'$ BT.

3.3.3 Pengambilan data medan magnetik total (nT), hari, tanggal di setiap titik menggunakan PPM

Pengambilan data medan magnetik total (nT), hari dan tanggal di setiap titik menggunakan PPM dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Proses pengambilan data dimulai dengan mengkalibrasi magnetometer (*Proton Procession Magnetometer*) yang akan digunakan, baik *Rover Magnetometer* maupun *Base Station Magnetometer*. PPM yang berfungsi sebagai *base station* ditempatkan pada koordinat $7^{\circ}56'55''$ LS, $113^{\circ}15'$ BT dengan sensor menghadap ke utara. Penentuan letak dari *Base Station Magnetometer* harus dijauhkan dari benda-benda atau faktor *noise* yang memiliki potensi dapat mempengaruhi pembacaan nilai sebaran magnetik di daerah tersebut misalnya kabel listrik dan SUTET.
- b. Hasil pembacaan PPM (*base station*) dicatat sebagai nilai medan magnet yang selanjutnya digunakan sebagai nilai koreksi harian.
- c. PPM yang berfungsi sebagai *rover* ditempatkan pada koordinat-koordinat yang telah ditentukan dan hasil pembacaannya dicatat sebagai sebaran nilai medan

magnetik. Pengambilan data penelitian dilakukan dengan jarak sekitar 20-30 m antar titik. Teknik *Rover* ini dilakukan dengan mencari titik koordinat yang sudah ditentukan dalam peta dan sudah dimasukkan kedalam (input) dalam GPS sehingga didapatkan nilai medan magnet total.

- d. Penentuan proses dan pengaturan pengukuran pada *Base Station Magnetometer* dilakukan dengan mengatur pembacaan dengan selang waktu 4 menit, proses ini diperlukan untuk mengetahui variasi harian magnetik dalam 12 jam dan merupakan nilai intensitas magnet yang diperoleh di lapangan. Pembacaan nilai intensitas magnet di titik lokasi pengukuran, menggunakan *Rover Magnetometer* dengan melakukan pengukuran sebanyak 5 kali untuk tiap titik lokasi pengukuran. Pengukuran ini dilakukan sebanyak 5 kali ditujukan agar mendapatkan distribusi nilai intensitas magnet yang akurat. Ketika variasi pengukurannya memiliki rentang yang cukup signifikan, maka data yang diambil kurang akurat sehingga perlu dilakukan pengulangan untuk mendapatkan data yang bernilai variasi tidak memiliki rentang yang cukup signifikan berbeda.
- e. Data hari, tanggal, dan medan magnet diperoleh dalam waktu yang sama.
- f. Setelah data diperoleh secara keseluruhan selanjutnya data tersebut diolah sesuai kebutuhan penelitian.

3.3.4 Pengolahan data

Pengolahan data dilakukan menggunakan beberapa software antara lain, *software excel*, *software surfer 11* dan *Magpick*. *Software surfer 11* digunakan untuk menentukan kontur daerah berdasarkan nilai medan magnet yang didapatkan melalui pengukuran menggunakan PPM. Adapun langkah-langkah dalam melakukan pengolahan pada *excel*, *surfer 11* dan *magpick* adalah sebagai berikut:

1. Pengolahan data dengan perhitungan untuk mendapatkan nilai medan magnet total dengan beberapa koreksi dari pembacaan PPM.

$$\Delta H = H_{obs} \pm \Delta H_{vh} - H_{IGRF} \quad (3.1)$$

Dimana :

H_{obs} = harga medan magnet terukur (T)

ΔH_{vh} = variasi harian medan magnet terukur (T)

H_{IGRF} = medan utama magnet bumi (T)

2. Pengolahan data menggunakan *software excel*

Data yang diperoleh dari alat magnetometer kemudian dimasukkan kedalam perhitungan excel dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

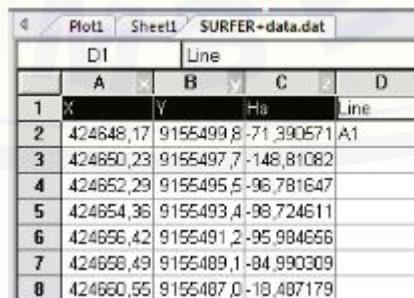
$$H_f = H_p \pm \frac{(T_n - T_{awal})}{T_{akhir} - T_{awal}} (H_{akhir} - H_{awal}) \quad (3.2)$$

Dimana H menyatakan intensitas medan magnet total, t menyatakan waktu, indeks f menyatakan diurnal (harian), indeks p menyatakan data observasi (nilai medan magnet total), indeks n menyatakan nomor data, indeks awal menyatakan data awal (data pertama dititik pengukuran) dan indeks akhir menyatakan data akhir (data akhir dititik pengukuran).

3. Pengolahan data dengan menggunakan *software surfer 11*

a. *Surfer* dibuka \rightarrow file \rightarrow new \rightarrow worksheet

b. kolom x, y diisi koordinat, kolom z adalah nilai medan magnet yang terukur serta kolom line merupakan nama titik atau lintasan. *File* disimpan dalam format *.dat*.



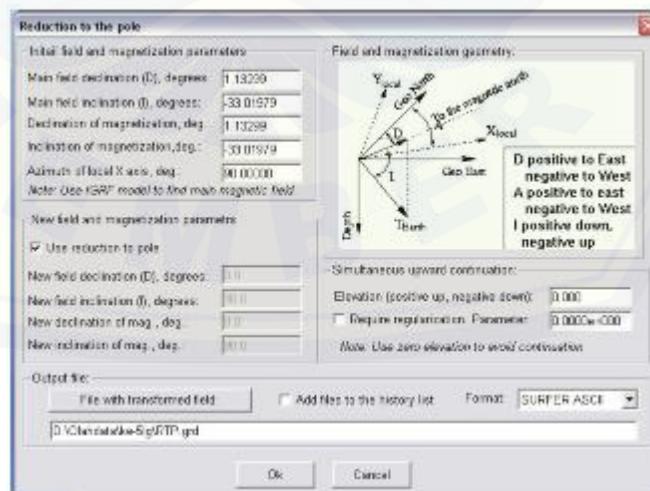
	A	B	C	D
1	X	Y	Ha	Line
2	424648,17	9155499,8	-71,390571	A1
3	424650,23	9155497,7	-148,81082	
4	424652,29	9155495,5	-96,781647	
5	424654,35	9155493,4	-98,724611	
6	424656,42	9155491,2	-95,984656	
7	424658,49	9155489,1	-84,990309	
8	424660,55	9155487,0	-18,487179	

Gambar 3.5 Tampilan *file worksheet* pada *surfer*

- c. *Grid* → data → data lokasi(x,y,z) → ok → file tipe GRD → save grid data report
 - d. *map* → countur map → new countur map → open data hasil grid
 - e. Pada kolom bawah kiri *properties manager* diubah
 - Tab general → checklist fill countur → dan colour scale
 - Tab level → fill color → pilih spectrum warna
4. Pengolahan data menggunakan *software magpick*

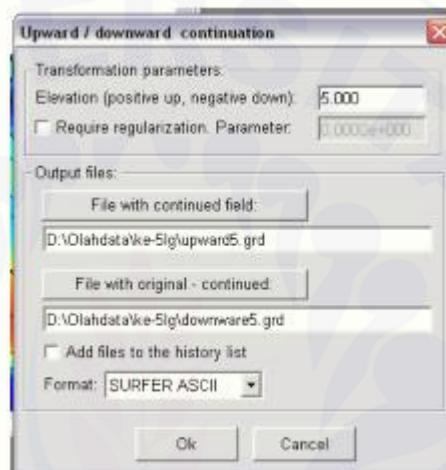
Pengolahan data selanjutnya dilakukan dengan menggunakan *software magpick* yang bertujuan untuk memisahkan anomali medan magnet lokal dan regional serta reduksi ke kutub. Dimana reduksi ke kutub dilakukan dengan tujuan medan magnet yang terukur tepat berada di tengah medan magnet total bumi. Prosedur pengolahannya sebagai berikut:

1. Pengolahan data untuk reduksi ke kutub
 - a. File → open → inter.grid
 - b. Klik operation → reduction to pole → nilai deklinasi dan inklinasi diganti
 - c. *Output file* → file with transformed field → diberi nama misal *RAQ.grd*



Gambar 3.6 Tampilan *program reduction to pole* pada *magpick*

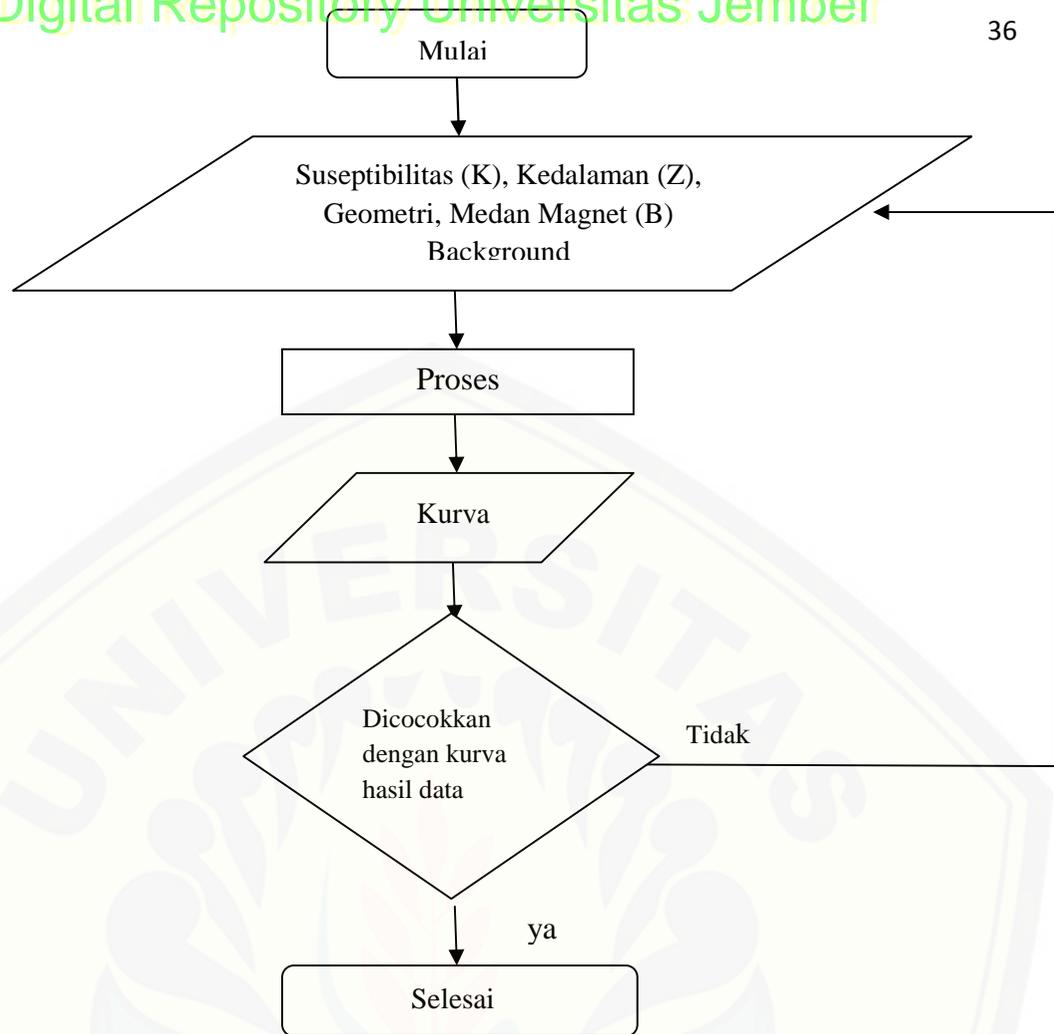
2. pengolahan data kontinuitas upward
 - a. file open RAQ.grd
 - b. klik *operation upward continuation elevation* diisi sesuai antar range, misal 5
 - c. *file with continue field (regional)* diberi nama *upward 5.grd ok*
 - d. *file with original continued (lokal)* di beri nama *downward 5.grd ok*

Gambar 3.7 Tampilan *Upward dan downward* pada *magpick*

- e. Nilai *upward dan downward* dilakukan dengan nilai yang bervariasi untuk mendapatkan hasil yang sesuai.

3.3.5 Pemodelan Numerik struktur bawah permukaan

Pemodelan struktur bawah permukaan dilakukan dengan menggunakan pemodelan numerik sebagai alternatif dari pemodelan struktur bawah permukaan menggunakan software pada umumnya. Adapun langkah- langkah dalam pemodelan numerik adalah sebagai berikut:



Gambar 3.8 Flowchart pemodelan numerik struktur bawah permukaan

3.3.6 Interpretasi

Ada dua macam jenis interpretasi dalam geomagnetik, yakni :

1. Interpretasi kualitatif adalah cara pendugaan kasar terhadap anomali berdasarkan pola kontur. Dari Pola kontur tersebut dapat diduga lokasi anomali yang disebabkan oleh benda benda anomali dengan kerentanan magnetik tinggi. Interpretasi ini dapat dilakukan dengan *Surfer* .

2. Interpretasi kuantitatif adalah bertujuan untuk menentukan bentuk geometri dan jenis benda anomali secara lebih rinci dengan anggapan benda tersebut termagnetisasi secara serba sama (homogen). Langkah pertama yang dilakukan dalam pemodelan numerik adalah memasukkan data hasil *slicing* untuk menampilkan kurva lapang pada pemodelan numerik. Langkah kedua adalah melakukan pendekatan kurva modeling terhadap bentuk kurva lapang dengan cara memasukkan nilai suseptibilitas yang terukur pada daerah penelitian, memasukkan kedalaman target, geometri benda persegi berupa panjang dan lebar benda, serta medan magnet yang ditunjukkan oleh kurva lapang sesuai data *slicing*. Langkah ketiga adalah melihat respon kurva model yang ditampilkan oleh pemodelan numerik (tahap proses). Langkah keempat adalah melakukan pencocokan atau pendekatan bentuk kurva model dengan kurva lapang, apabila pendekatan kurva model mendekati kurva lapang maka proses selesai. Langkah kelima dilakukan apabila langkah keempat belum mendekati kurva lapang maka kita memulai kembali dari langkah kedua. Pada penelitian kali ini akan dilakukan *slicing* pada daerah klosur-klosur anomali magnetik yang akan diwakili oleh garis AB dan garis CD, sehingga akan mendapatkan dua kurva lapang dengan masing-masing garis *slicing*.

3.3.7 Kesimpulan

Kesimpulan adalah suatu proses final dari suatu analisis hasil interpretasi. Hal ini bertujuan untuk memaparkan hasil secara objektif berdasarkan langkah langkah yang telah dilakukan dan pemaparan hasil dengan tinjauan yang telah dilakukan (secara fisis dan teori).

3.3.8 Penyusunan Laporan Tahap Akhir

Penyusunan laporan tahap akhir bertujuan dalam pemaparan secara keseluruhan tentang kegiatan yang telah dilakukan sebagai bentuk persentatif dari proses dan hasil yang telah dilakukan dan didapatkan. Dalam proses ini diharapkan mengandung unsur tanggung jawab, objektif, jujur, terbuka, dan bersifat ilmiah.