

**IDENTIFIKASI KANTONG LUMPUR MENGGUNAKAN
METODE GEOMAGNETIK
(STUDI KASUS DESA JARI KECAMATAN GONDANG
KABUPATEN BOJONEGORO)**

SKRIPSI

Oleh:

NENY AVINDA

NIM. 13640016



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2018**

**IDENTIFIKASI KANTONG LUMPUR MENGGUNAKAN
METODE GEOMAGNETIK
(STUDI KASUS DESA JARI KECAMATAN GONDANG
KABUPATEN BOJONEGORO)**

SKRIPSI

Diajukan kepada:

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

Oleh:

**NENY AVINDA
NIM. 13640016**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2018**

HALAMAN PERSETUJUAN

**IDENTIFIKASI KANTONG LUMPUR MENGGUNAKAN METODE
GEOMAGNETIK
(Studi Kasus Desa Jari Kecamatan Gondang Kabupaten Bojonegoro)**

SKRIPSI

Oleh:
Neny Avinda
Nim. 13640016

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal 2018

Pembimbing I



Irjan, M. Si
NIP. 19691231 200604 1 003

Pembimbing II



Umaiatus Syarifah, M.A
NIP. 19820925 200901 2 005



Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika

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

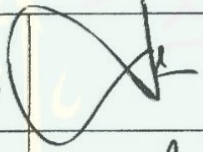
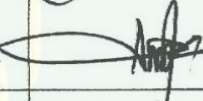
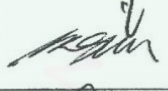
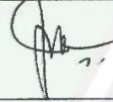
HALAMAN PENGESAHAN

**IDENTIFIKASI KANTONG LUMPUR MENGGUNAKAN METODE
GEOMAGNETIK**
(Studi Kasus Desa Jari Kecamatan Gondang Kabupaten Bojonegoro)

SKRIPSI

Oleh:
Neny Avinda
Nim. 13640016

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal 31 Mei 2018

Penguji Utama	: <u>Drs. Abdul Basid, M.Si</u> NIP. 19650504 199003 1 003	
Ketua Penguji	: <u>Erika Rani, M.Si</u> NIP. 19810613 200604 2 002	
Sekretaris Penguji	: <u>Irjan, M. Si</u> NIP. 19691231 200604 1 003	
Anggota Penguji	: <u>Umayatus Syarifah, M.A</u> NIP. 19820925 200901 2 005	

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Fisika



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

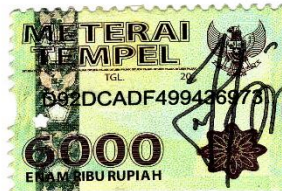
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Neny Avinda
NIM : 13640016
Jurusan : Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Identifikasi Kantong Lumpur Menggunakan Metode Geomagnetik (Studi Kasus Desa Jari Kecamatan Gondang Kabupaten Bojonegoro)

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka. Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan maka saya bersedia untuk mempertanggung jawabkan, serta diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, 31 Mei 2018
Yang Membuat Pernyataan



Neny Avinda
NIM. 13640016

MOTTO

“ Yakin, Ikhlas dan Istiqamah “

#Berangkat dengan penuh keyakinan

#Berjalan dengan penuh keikhlasan

#Istiqamah bersabar dalam menghadapi cobaan/ujian



HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan Menyebut Asma Allah

Terimakasih kepada:

Allah SWT dan Junjungan Nabi Muhammad SAW

Tugas akhir kuliah S1 ini saya persembahkan untuk seluruh keluarga besar, khususnya kepada Ayah Suseno, Ibu Arni, dan Adik Alif David Afandi yang telah mendukung dan memberi semangat untuk tetap teguh berjuang dalam menyelesaikan skripsi ini

Kepada semua guru dan dosen yang telah memberikan segala ilmu baik di bangku perkuliahan maupun di luar kelas. Terima kasih karena telah turut membimbing dan mengarahkan diri saya dalam menyelesaikan tugas akhir hingga dapat mencapai gelar Sarjana Sains (S.Si)

Untuk semua kawan, sahabat maupun saudara yang selalu mengasihi, menyayangi dan menyemangati saya hingga saya kuat dan yakin atas segala karunia Allah SWT bahwa hidup itu indah dan perlu perjuangan

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum. Wr. Wb

Alhamdulillah segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, karunia nikmat, terutama nikmat sehat sehingga penulis dapat menyelesaikan pembuatan skripsi dalam rangka memenuhi salah satu syarat kelulusan.

Skripsi ini berjudul “Identifikasi Kantong Lumpur Menggunakan Metode Geomagnetik (Studi Kasus Desa Jari Kecamatan Gondang Kabupaten Bojonegoro)”.

Dengan selesainya penulisan ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih dan menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Prof. Dr. Abdul Haris, M.Ag selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Drs. Abdul Basid, M.Si, selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Irjan, M.Si dan Umaiyatus Syarifah, M.A, selaku Dosen Pembimbing yang telah sudi meluangkan waktu dan pikirannya untuk membimbing jalannya proses pembuatan skripsi.
5. Dr. H. Agus Mulyono, M.Kes selaku Dosen Wali yang telah memberi pengarahan selama proses perkuliahan.
6. Seluruh Dosen Jurusan Fisika Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
7. Seluruh Laboran dan Staf Administrasi Jurusan Fisika Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
8. Orang Tua kami tercinta yang selalu mendoakan dan memberi dukungan moril maupun materil demi kelancaran pembuatan skripsi.
9. Seluruh Mahasiswa Fisika Angkatan 2013 yang selalu memberikan keceriaan dan motivasi pada jalannya pembuatan skripsi.
10. Teman-teman Geofisika yang telah membantu dalam proses penelitian.

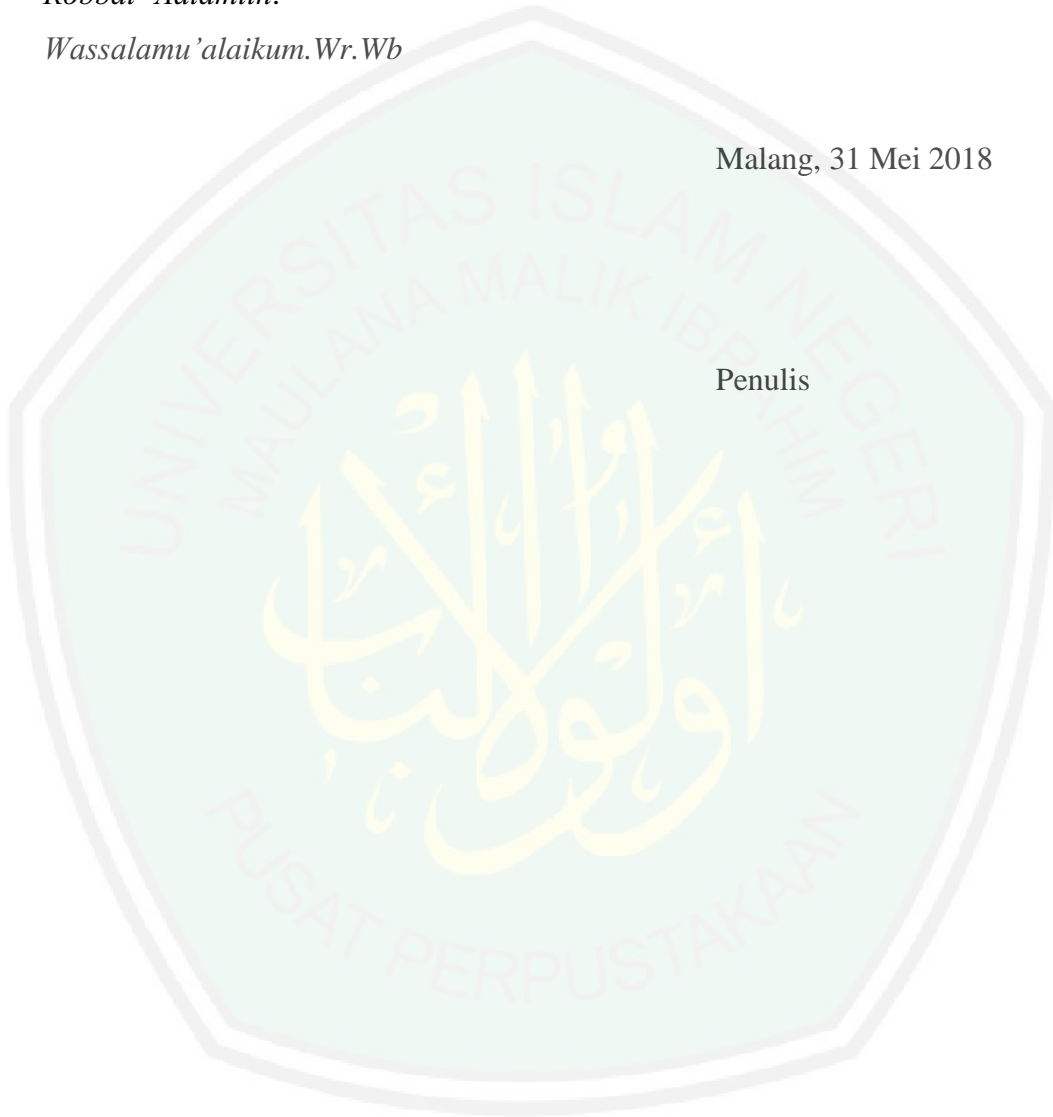
11. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah membantu dalam proses pembuatan skripsi.

Semoga Allah SWT yang Maha Pemurah memberikan balasan yang lebih kepada semua pihak yang telah membantu pembuatan skripsi ini, *Aamiin Yaa Robbal 'Aalamiin*.

Wassalamu'alaikum.Wr.Wb

Malang, 31 Mei 2018

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
ملخص البحث	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Lumpur Vulkanik (Mud volcano)	4
2.2 Pengertian Gunung Lumpur	5
2.3 Proses Terbentuknya Gunung Lumpur	7
2.3.1 Faktor Penyebab Keluarnya Lumpur	10
2.3.2 Macam-macam Mud Volcano	10
2.4 Geologi Daerah Penelitian	12
2.4.1 Stratigrafi	12
2.4.2 Struktur	15
2.5 Konsep Metode Geomagnetik	15
2.6 Teori Dasar Magnetik	16
2.6.1 Gaya Magnetik	16
2.6.2 Kuat Medan Magnetik	17
2.6.3 Momen Magnetik	17
2.6.4 Intensitas Kemagnetik	18
2.6.5 Suseptibilitas batuan	18
2.6.6 Induksi Magnetik	22
2.7 Pengukuran Medan Magnet	22
2.7.1 Elemen Medan Magnet Bumi	22
2.7.2 Anomali Medan Magnet Total	25
2.8 Transformasi Medan	26
2.8.1 Reduksi ke Kutub	26
2.8.2 Kontinuasi ke Atas	27
2.9 Magnetometer (<i>Proton Procession Magnetometer</i>)	27

BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	30
3.2 Data Penelitian	31
3.3 Peralatan Penelitian	31
3.4 Metode Pengambilan Data	31
3.5 Metode Pengolahan Data	32
3.5.1 Koreksi Harian dan Koreksi IGRF	33
3.5.2 Reduksi Bidang Datar	33
3.5.3 Kontinuasi ke Atas	34
3.5.4 Reduksi ke Kutub	34
3.6 Pemodelan Geologi	35
3.7 Tahapan Interpretasi Data	36
3.8 Diagram Alir Penelitian	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Pengambilan Data	38
4.2 Pengolahan Data	39
4.2.1 Elevasi	39
4.2.2 Anomali Medan magnet	41
4.3 Interpretasi Kualitatif	44
4.3.1 Reduksi ke Bidang Datar	44
4.3.2 Kontinuasi ke Atas	46
4.3.3 Reduksi ke Kutub	48
4.4 Interpretasi Kuantitatif	51
4.4.1 Interpretasi Kuantitatif Lintasan A-A'	53
4.4.2 Interpretasi Kuantitatif Lintasan B-B'	54
4.4.3 Interpretasi Kuantitatif Lintasan C-C'	55
4.4.4 Model Penampang 3D Lintasan	56
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Suseptibilitas batuan dan mineral	21
Tabel 2.2 Nilai IGRF.....	42



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Proses terjadinya semburan lumpur	8
Gambar 2.2	Peta geologi daerah penelitian.....	12
Gambar 2.4	Diagram kotak dari PPM.....	28
Gambar 3.1	Lokasi penelitian	30
Gambar 3.2	Diagram alir penelitian	37
Gambar 4.1	Kontur Topografi Daerah Penelitian	40
Gambar 4.2	Kalkulator IGRF	42
Gambar 4.3	Kontur Anomali Medan Magnet Toral.....	43
Gambar 4.4	Kontur Anomali Reduksi Bidang datar.....	45
Gambar 4.5	Kontur Anomali Regional	47
Gambar 4.6	Kontur Anomali Lokal	48
Gambar 4.7	Kontur Hasil Reduksi ke Kutub	49
Gambar 4.8	Irisan Kontur Anomali Lokal	52
Gambar 4.9	Profil Model Penampang Lintasan A-A'	53
Gambar 4.10	Profil Model Penampang Lintasan B-B'	54
Gambar 4.11	Profil Model Penampang Lintasan C-C'	55
Gambar 4.12	Model Penampang 3D	57

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Penelitian

Lampiran 2. Gambar penelitian



ABSTRAK

Avinda, Neny. 2018. **Identifikasi Kantong Lumpur Menggunakan Metode Geomagnetik (Studi Kasus Desa Jari Kecamatan Gondang Kabupaten Bojonegoro)**. Skripsi. Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Irjan, M.Si (II) Umaiatus Syarifah, M.A

Kata Kunci: Kantong Lumpur, Metode Geomagnetik, Nilai *Suseptibilitas*.

Gunung lumpur merupakan jenis gunung api yang terbentuk oleh likuid dan gas dari dalam bumi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui posisi kantong lumpur di Desa Jari Kecamatan Gondang Kabupaten Bojonegoro. Survei yang dilakukan dalam penelitian ini adalah menggunakan survei geomagnetik yang merupakan salah satu metode geofisika yang digunakan untuk menyelidiki kondisi struktur bawah permukaan bumi dengan memanfaatkan sifat kemagnetan suatu batuan. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan *Proton Precession Magnetometer* (PPM) mencakup luasan area 1 km² dengan jumlah titik pengukuran adalah 80 titik dengan metode pengambilan data adalah metode *Ring* (melingkar). Interpretasi dilakukan secara kualitatif dan secara kuantitatif. Berdasarkan hasil dari interpretasi secara kualitatif yang mengacu pada kontur anomali lokal menghasilkan nilai -1000 nT sampai 900 nT. Berdasarkan anomali rendah berkisar antara -1000 nT sampai -200 nT, sedangkan anomali sedang yaitu -100 nT sampai 300 nT, dan anomali tinggi yaitu 400 nT sampai 900 nT. Dengan menggabungkan hasil kontur anomali lokal dan hasil reduksi ke kutub diduga bahwa kantong lumpur berada pada kedalaman ± 300 meter. Berdasarkan hasil interpretasi secara kuantitatif pada lintasan A-A', B-B', dan C-C' terdapat beberapa batuan yaitu breksi gunung api dengan nilai suseptibilitas (0.0004 – 0.0021), pasir tufaan (0.0048-0.0072), batu gamping (0.0073-0.0097) dan lumpur (0.0195).

ABSTRACT

Avinda, Neny. 2018. Identification Method Using Geomagnetic Pockets Mud (Case Study Village of Jari District Gondang Subdistrict Bojonegoro). Essay. Department of Physics, Faculty of Science and Technology of the State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisor: (I) Irjan, M.Si (II) Umaiatus Syarifah, MA

Keywords: Pockets Mud, Geomagnetic Method, Value Susceptibility.

The mud volcano is a type of volcano formed by liquid and gas from the earth. This study aims to determine the position of pockets of mud in the village of Jari District Gondang subdistrict Bojonegoro. Surveys conducted in this study was the use of geomagnetic survey, which is one of the geophysical methods used to investigate the structure of the subsurface conditions by utilizing the magnetic properties of a rock. Measurements were made using Procession Proton Magnetometer (PPM) covers an area of 1 km² area with the number of measurement points is 80 points of the data collection method is a method Ring (circular). Interpretation is done qualitatively and quantitatively. Based on the results of the qualitative interpretation that refers to a local anomaly contour generating value -1000 nT to 900 nT. Based on the low anomaly ranges from -1000 to -200 nT nT while anomaly being that is -100 nT to 300 nT, and as high as 400 nT anomaly up to 900 nT. By combining the results of the local anomaly contour and results of reduction to the poles is suspected that the bag mud is at a depth of ± 300 meters. Based on the results of quantitative interpretation on line A-A', B-B', and CC' are some of the rocks are volcanic breccia with values susceptibility (0.0004 - 0.0021), sand tuff (0.0048-0.0072), limestone (0.0073-0.0097) and silt (0.0195).

ملخص البحث

أفينا، نيني. 2018. تحديد أكياس الطين باستخدام الأسلوب المغنطيسي الأرضي (الجيومغناطيسي) (دراسة حالة في قرية جاري في منطقة غونداغ بوجونيغورو). البحث الجامعي. قسم الفيزياء كلية العلوم والتكنولوجيا جامعة الإسلامية الحكومية مولانا مالك إبراهيم مالانج. إرجان، الماجستير، وأمية الشريفة، الماجستير

الكلمات الرئيسية: أكياس الطين، الأسلوب المغنطيسي الأرضي، القيمة القابلة

البركان الطيني هو نوع من البراكين التي تتكون من السائل والغاز من الأرض. يهدف هذا البحث إلى تحديد موقع أكياس الطين في قرية جاري في منطقة غونداغ بوجونيغورو. المسح هو باستخدام الجيومغناطيسي الذي هو أحد من الطرائق الجيوفيزيائية التي تستخدم لبحث حالة الهياكل تحت السطحية من خلال الاستفادة من المغناطيسية للصخرة. أجريت قياسات باستخدام *Proton Procession Magnetometer (PPM)* التي تحمل مساحة منطقة 1 كم² مع جملة نقطة القياس أي 80 نقاط من طريقة جمع البيانات يعنى طريقة حلقة (*Ring*). استخدم التفسير نوعيا وكميا. استنادا إلى نتيجة التفسير الكيفي الذي يشير إلى محيط الشذوذ المحلي حصلت قيمة -1000 nT إلى 900 nT واستنادا إلى شذوذ منخفض يتراوح من -1000 إلى -200 nT الشذوذ المعتدل هو -100 nT إلى 300 nT، وصل إلى 400 nT للشذوذ العالى حتى 900 nT. من خلال الجمع بين نتائج كفاف الشذوذ المحلية والنتائج التخفيض إلى أقطاب اخمن ان أكياس الطين على عمق ± 300 متر. وبناء على نتائج التفسير الكمي على خط 'A-A، B-B، و" C-C، وهناك العديد من الصخور بريشيا البركانية مع القيمة القابلة (-0,0004، 0021)، الرمال الطف (-0048، 0072) والحجر الجيري (0.0073- 0.0097) والطين (0.0195)

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semburan lumpur adalah fenomena alam yang tersebar luas di belahan dunia salah satunya banyak ditemukan di Indonesia bagian timur, yaitu di Bleduk Kuwu dan Sangiran Provinsi Jawa Tengah, serta di Sidoarjo Provinsi Jawa Timur yang dikenal dengan sebutan LUSI (Lumpur Sidoarjo) dan masih banyak yang lainnya.

Semburan Lumpur atau disebut dengan nama *mud volcano* ini umumnya terdapat pada cekungan yang telah terisi oleh endapan batuan sedimen yang cukup tebal. Kemunculan semburan lumpur pada umumnya diakibatkan oleh adanya struktur geologi daerah setempat, seperti terdapat lipatan, sesar dan retakan serta energi yang cukup kuat untuk mendorong lumpur tersebut dapat mencapai ke permukaan.

Pada bulan april tahun 2016 terjadi fenomena alam berupa semburan lumpur di beberapa titik di Desa Jari Kecamatan Gondang Kabupaten Bojonegoro. Fenomena semburan lumpur di wilayah ini sering muncul dalam skala kecil di beberapa titik kemudian berhenti dengan sendirinya. Keluarnya material lumpur yang terus menerus memungkinkan terjadinya permukaan tanah ambles akibat adanya rongga di bawah permukaan tanah setelah ditinggalkan oleh material lumpur. Oleh karena itu, informasi tentang struktur bawah permukaan pada lokasi semburan lumpur perlu diketahui.

Sebaran lumpur di lokasi tersebut bisa diketahui dengan menggunakan metode geomagnet. Metode geomagnet adalah salah satu metode geofisika yang

digunakan untuk menyelidiki kondisi bawah permukaan bumi dengan memanfaatkan sifat kemagnetan batuan yang diidentifikasi oleh kerentanan magnet batuan. Metode ini didasarkan pada pengukuran variasi distribusi (anomali) benda termagnetisasi di bawah permukaan bumi. Variasi intensitas medan magnetik yang terukur, kemudian ditafsirkan dalam bentuk distribusi bahan magnetik di bawah permukaan. Kemudian dijadikan dasar bagi pendugaan keadaan geologi yang mungkin teramati.

اللَّهُ الَّذِي خَلَقَ سَبْعَ سَمَاوَاتٍ وَمِنَ الْأَرْضِ مِثْلَهُنَّ يَتَنَزَّلُ الْأَمْرُ بَيْنَهُنَّ
لَتَعْلَمُوا أَنَّ اللَّهَ عَلَىٰ كُلِّ شَيْءٍ قَدِيرٌ وَأَنَّ اللَّهَ قَدْ أَحَاطَ بِكُلِّ شَيْءٍ عِلْمًا

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

Para ahli fisika dalam bidang kebumihan (*Geophysic*) telah menemukan sekaligus memberikan pembuktian ilmiah mengenai yang tercantum dalam al-Qur'an, bahwa struktur bumi memang tersusun atas tujuh lapisan. Ketujuh lapisan tersebut merupakan lapisan tertentu dari dalam bumi dan luar bumi dengan susunan sebagai berikut (Ahmadi, 1998): 1) Centrosphere (Inti bumi), 2) Lapisan luar inti bumi, 3) Lapisan terbawah pita bumi (Pita bawah), 4) Lapisan tengah pita bumi (Pita tengah), 5) Lapisan teratas pita bumi (Pita atas), 6) Lapisan bawah kerak bumi, 7) Lapisan atas kerak bumi

1.2 Rumusan Masalah

1. Dimana posisi/pola sebaran kantong lumpur di area penelitian menggunakan metode geomagnetik?

2. Bagaimana litologi lumpur di area penelitian menggunakan metode geomagnetik?

1.3 Tujuan

1. Untuk mengetahui posisi/pola sebaran kantong lumpur di area penelitian menggunakan metode geomagnetik.
2. Untuk mengetahui litologi lumpur di area penelitian menggunakan metode geomagnetik.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Agar dapat mengetahui posisi/pola sebaran kantong lumpur di area penelitian.
2. Dapat menambah wawasan tentang keberadaan semburan lumpur menggunakan metode geomagnetik sehingga dapat dijadikan referensi untuk penelitian selanjutnya dalam bidang geofisika.

1.5 Batasan Masalah

1. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode geomagnetik.
2. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Proton Procession Magnetometer.
3. Luasan area penelitian ± 1 km persegi (Batas Utara Latitude $-7,40978^\circ$, Batas Selatan Latitude $-7,41417^\circ$, Batas Barat Longitude $111,7965^\circ$ dan Batas Timur Longitude $111,8085^\circ$). Area penelitian berada di Desa Jari Kecamatan Gondang Kabupaten Bojonegoro.

BAB II DASAR TEORI

2.1 Lumpur Vulkanik (*Mud volcano*)

Banyak para ahli geologi yang menganalogikan semburan lumpur panas adalah gejala alam yang disebut gunung lumpur/*mud volcano* yang banyak tersebar di Indonesia (khususnya di Indonesia Timur dikenal dengan istilah poton), bahkan di Jawa Timur Utara banyak ditemukan, seperti Bleduk Kuwu dekat Purwodadi, gunung anyar dekat Surabaya bahkan di Selatan kali porong, yang masa lalu menyemburkan lumpur tetapi sekarang sudah mati (Koesoemadinata, R. September 2006).

Definisi dari *mud volcano* adalah suatu sumber api lumpur yang berbentuk suatu kerucut tanah liat dan lumpur berukuran kecil, yang pada umumnya kurang dari 1-2 m tingginya. Gunung api lumpur kecil ini berbentuk dari campuran air panas dan sedimen halus (tanah liat dan lumpur) dimana terdapat (1) aliran perlahan dari suatu lubang seperti suatu arus lahar cair, atau (2) menyembur ke udara seperti suatu air mancur lahar yang melepaskan air mendidih dan gas vulkanis. Tanah liat lumpur dan lumpur yang secara khas berasal dari gas batuan vulkanik padat dan panas yang terlepas dari magma yang dalam di bawah memutar air bawah tanah menjadi suatu campuran panas dan asam yang secara kimiawi merubah batuan vulkanik menjadi fraksi lumpur dan tanah liat.

Menurut Rubiandini, 2006 Sumber air lumpur berasal dari lapisan atau diapir bersifat plastis dan lapisan serpih lumpur yang tidak kompak (*overpressure*). Gunung lumpur juga berkait erat dengan adanya retakan atau kekar atau sesar atau

lipatan. Gunung lumpur salah satu petunjuk penting adanya tubuh diapir lumpur dan tubuh serpih yang tidak kompak yang berasal dari dalam bumi. Gunung lumpur biasanya berbentuk kerucut kecil dan bersifat sementara sangat mudah berubah bila kena hujan. Gunung lumpur di daratan terbentuk di dua tempat yaitu di daerah gunung api aktif dan di daerah cekungan minyak gas bumi. Di daerah gunung api aktif terutama yang mengeluarkan gas, lumpur menuju kepermukaan bumi melewati lapisan sedimen halus (lempung/serpih) ini menyebabkan erupsi kecil membentuk kerucut berukuran kecil dengan tinggi tidak lebih dari 2 meter.

2.2 Pengertian Gunung Lumpur (*Mud Volcano*)

Mud volcano merupakan sebuah terminologi di dalam ilmu geologi yang bersifat generik. Gunung lumpur merupakan perwujudan dari suatu formasi batuan berbutir pasir hingga lempung dan mempunyai densitas kecil yang mengalami perubahan akibat adanya tekanan aktivitas tektonik yang menyebabkan formasi tersebut tidak terkonsolidasi (*uncorsolidation formation*) karena sifatnya yang lentur. Kenampakan dari *mud volcano* tidak harus dalam bentuk *dome* atau kerucut namun dapat merupakan massa yang tidak kompeten (*incompetent masses*), sebagai lapisan yang tertekan maka lapisan tersebut akan bergerak mencari kesetimbangan dan mengalami pencairan (*fluidize*) sehingga mudah bergerak melalui zona lemah seperti patahan dan rekahan dan dapat naik muncul kepermukaan.

Gunung lumpur atau *mud volcano* adalah istilah generik yang umum digunakan untuk menggambarkan struktur yang memancarkan air, lumpur, atau hidrokarbon. Daerah panas bumi yang sering ditemui memiliki struktur kecil

disebut gunung lumpur yang terbentuk oleh air panas dan uap. Struktur kecil (<5 m) terbentuk selama fraksi cair juga disebut gunung lumpur (Milkov, 2000).

Gunung lumpur merupakan perwujudan suatu formasi batuan berbutir pasir hingga lempung yang mempunyai densitas kecil yang mengalami perubahan akibat adanya tekanan aktivitas tektonik yang menyebabkan formasi tersebut tidak terkonsolidasi karena sifatnya yang lentur. Sebagai lapisan tertekan, lapisan tersebut akan bergerak mencari kesetimbangan dan mengalami pencairan, sehingga mudah bergerak melalui zona lemah seperti patahan dan rekahan, dan dapat naik muncul kepermukaan (Setiadi, 2016).

Gunung lumpur adalah fenomena geologis yang muncul sebagai akibat semburan lumpur yang liar. Biasanya reservoir batuan yang didiami oleh fluida berupa lumpur adalah batuan gamping pada kedalaman lebih dari 3000 meter di bawah permukaan selain itu juga didiami oleh garam. Sehingga memungkinkan terjadinya kubah garam (*salt dome*), diapir dan gunung lumpur (*mud volcano*). Istilah *mud volcano* atau gunung lumpur digunakan untuk suatu fenomena keluarnya air lumpur atau lempung ke permukaan bumi. Erupsi air lumpur umumnya berhubungan dengan gas alam. Lumpur mengendap di sekitar lubang erupsi dan membentuk kerucut seperti kerucut gunung api (Mazzini dkk, 2007).

Mengacu batasan gunung api dari Rubiandini, 2006 maka gunung api lumpur (*mud volcanoes*) adalah tempat, lubang atau bukaan dari mana bahan lumpur keluar dari dalam bumi ke permukaan, dan endapan lumpur yang terakumulasi di sekeliling lubang itu membentuk gumuk atau bukit kecil.

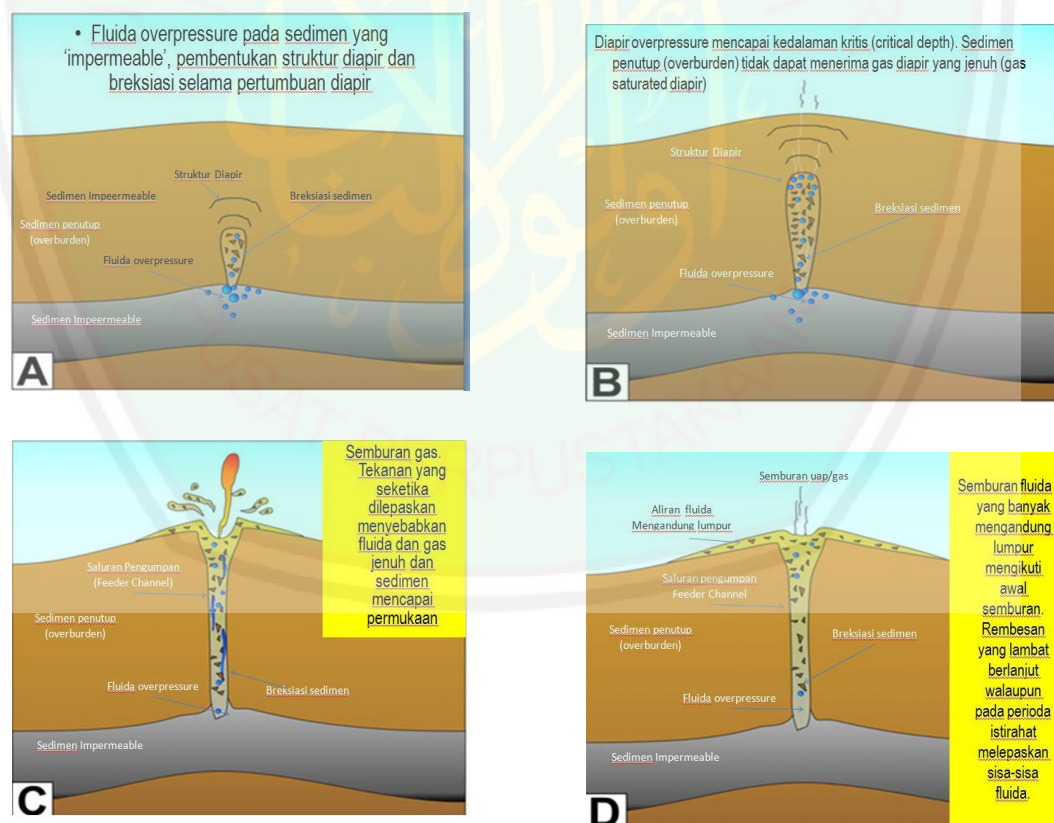
2.3 Proses Terbentuknya Gunung Lumpur

Gunung lumpur banyak muncul di sepanjang zona depresi. Sedimen yang tidak terkompaksi sempurna akibat proses tektonik yang terus berlangsung maupun pembebanan lapisan di atasnya dapat menyebabkan munculnya bentukan *mud* diaper. Permeabilitas batuan yang rendah menjadi penghalang fluida formasi yang tersimpan dalam pori batuan mencapai keseimbangan hidrostatik, hingga terjadi *over pressure*. Jika kondisi awal permukaan terganggu, lumpur beserta fluida dan gas dapat berpotensi naik ke permukaan melalui patahan atau rekahan. Adanya rembesan berupa lumpur dan gas yang muncul ke permukaan, biasanya menandakan kehadiran *mud volcano* (Mazzini dkk, 2007).

Mud volcano terbentuk karena natural gas yang naik ke permukaan ketika menemukan *conduit* (sesar mendatar yang tegak) dan membawa lumpur (*mud*) yang mempunyai densitas lebih ringan dari pada sedimen di sekitarnya. Wilayah sesar mendatar aktif merupakan zona lemah tempat fluida bertekanan tinggi mencari jalan untuk mencapai kesetimbangan membentuk *mud volcano*.

Semburan lumpur vulkanik dapat terjadi karena adanya *liquifaction* (pencairan) atau seperti agar-agar yang hentakan secara mendadak sehingga menyembur keluar. Pada kondisi stabil mobile shale (*mobile clay*) adalah seperti tanah lempung yang sering dilihat di permukaan bumi dengan wujud sangat liat. Namun ketika kondisi dinamis karena mengalir maka pencampuran dengan air bawah tanah menjadikan lempung ini seperti bubur. Lumpur vulkanik ini bisa melalui *crack* (patahan) yang sudah ada dapat juga melalui pinggiran sumur dengan membentuk *crack/fracture* yang baru.

Gunung lumpur terbentuk karena melepaskan gas alami yang naik ke permukaan ketika menemukan *conduit* (sesar mendatar yang tegak) dan membawa lumpur yang memiliki densitas lebih ringan dari sedimen di sekitarnya. Lumpur, gas, batuan, belerang dan garam serta air akan diletuskan di permukaan membentuk kerucut seperti gunung. Proses sedimentasinya serupa *mud diapir* dalam skala yang lebih kecil tetapi dalam gerakan yang lebih cepat yang dipicu oleh adanya paket sedimen berdensitas rendah dikelilingi paket sedimen berdensitas lebih tinggi. Gerakan tektonik berpengaruh, juga sedimen yang diendapkan secara cepat. Wilayah sesar mendatar aktif merupakan lahan subur gunung lumpur.



Gambar 2.1 Proses terjadinya semburan lumpur (Mazini, 2009)

Gerakan tektonik berpengaruh, juga pada sedimen yang diendapkan. Wilayah sesar mendatar aktif merupakan lahan subur *mud volcano*. Komposisi dari *mud* terdiri dari berbagai fase yakni, padat, plastis, cair, dan gas. Bahan-bahan yang di bawah yakni berupa batu-batu, lumpur, belerang, garam, dan gas dari dalam membentuk kolom vertikal. Keberadaan *mud volcano* (gunung lumpur) berhubungan dengan minyak dan gas bumi, struktur patahan, potensi bencana, kealamian, dan pemandangan yang menarik. Di Pulau Jawa terdapat 14 *mud volcano*, dan 12 diantaranya terdapat di Jawa Timur dengan lima titik tersebar di sekitar patahan Watu Kosek. *Mud volcano* yang berada di patahan Watu Kosek adalah Lumpur Sidoarjo, Porong, Pulungan, Kalang Anyar, Gunung Anyar, dan Socah. Dari lima titik *mud volcano* yang terdapat di patahan Watu Kosek, yang berpotensi bencana adalah Lumpur Sidoarjo dan *mud volcano* Gunung Anyar Surabaya. *Mud volcano* tersebut dikatakan memiliki potensi bencana karena terletak pada pemukiman padat penduduk. Untuk mengetahui kemungkinan potensi bencananya, diperlukan karakterisasi patahan Watu Kosek dan *mud volcano* Gunung Anyar Surabaya (Zaenudin dkk, 2010).

Menurut Van Bemmelen (1949) sejarah geologi daerah Jawa Timur Utara dimulai jutaan tahun lalu yang dibagi menjadi tiga bagian, yaitu bagian selatan (gunung api aktif), tengah (cekungan laut transgresi) dan bagian utara pengunungan. Bagian tengah terjadi pembentukan karang dan pengendapan sedimen klastik yang bersumber dari utara. Bersamaan dengan itu terjadi aktivitas tektonik dan ledakan gunung yang mendadak dan besar berlangsung terus menerus. Karena sifat ledakan gunung berapi ini, maka sedimen yang tertutup oleh endapan

hasil ledakan ini tidak sempat mengalami pemadatan (masih berupa lumpur dan air).

2.3.1 Faktor penyebab keluarnya lumpur

Faktor Penyebab Keluarnya lumpur Ada dua faktor yang menyebabkan terjadinya semburan lumpur tersebut yaitu (Dimitrov, 2001):

1. Faktor Alam

Munculnya lumpur panas di dunia selalu dikaitkan dengan adanya gunung lumpur (*mud volcano*). Komposisi gunung lumpur ini terdiri atas semua material yang dikeluarkan perut bumi baik berupa masa padat, plastis, cair, dan gas. Munculnya gunung lumpur ini dipicu adanya bubur lumpur yang bercampur dengan kantong-kantong gas (metana) yang mengalami kelebihan tekanan terkubur di bawah permukaan yang berusaha keluar ke permukaan bumi. *Conduit* untuk keluarnya lumpur tersebut berupa bukaan atau rekahan terbentuk akibat proses tektonik atau pembentukan patahan atau struktur antiklin.

2. Kegiatan manusia

Kegiatan manusia (*man made activity*), terjadi semburan lumpur panas yang diakibatkan oleh adanya aktivitas atau kegiatan manusia contohnya pemasangan ring dan pengeboran minyak bumi, seperti yang terjadi di Sidoarjo.

2.3.2 Macam-macam mud volcano

Mud volcano terbentuk dalam sebuah sistem klasifikasi berdasarkan pada karakter aktivitasnya dengan masing-masing ekspresi morfologinya, *mud volcano* dibagi menjadi tiga tipe (Dimitrov, 2001):

1. Tipe *Lokbatan*

Mud volcano tipe ini memiliki karakter eksplosif dalam aktivitasnya dan umumnya timbul api akibat terbakarnya emisi gas. Biasanya breksi lumpur yang dikeluarkan memiliki viskositas rendah.

2. Tipe *Chikishlyar*

Berbeda dengan tipe *Lokbatan*, *mud volcano* tipe ini ditandai dengan aktivitas yang tenang, relatif lemah dan kontinyu. Gas dilepaskan terus menerus dalam jumlah yang hampir seragam. Banyak ventilasi meludahkan sejumlah kecil lumpur dan air, fitur yang sangat umum dari kelas ini. Jenis gunung berapi lumpur ini sangat dipengaruhi oleh adanya lapisan jenuh air di bagian atas sedimen. Mereka membentuk kubah yang sangat rendah, menonjol atau datar, yang bergabung dengan bidang sekitarnya, atau depresi berbentuk piring yang sering dipenuhi air. Jenis gunung berapi lumpur ini sangat umum di Semenanjung Kerch, Ukraina.

3. Tipe *Schugin*

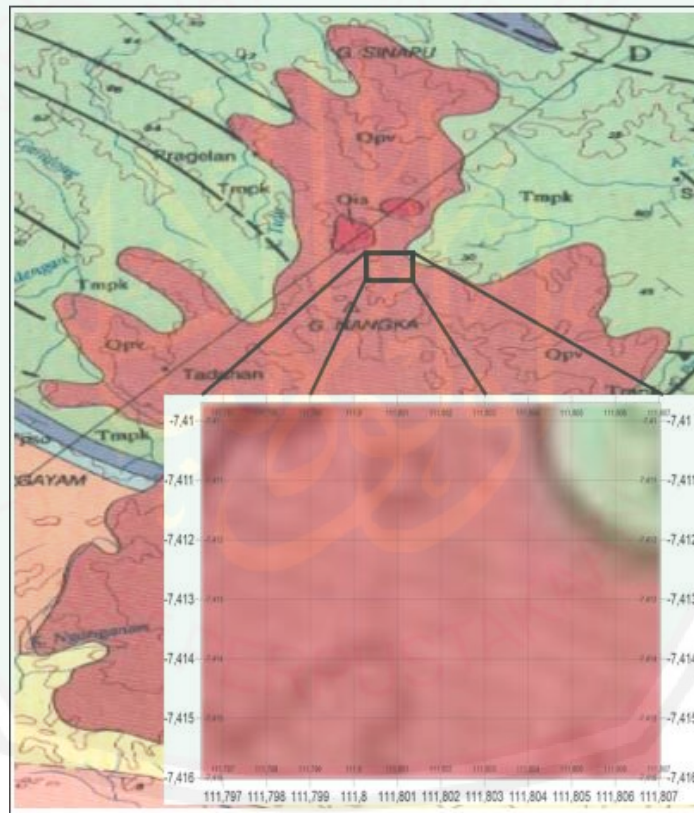
Tipe ini menunjukkan jenis transisi aktivitas *mud volcano*. Periode letusan digantikan oleh aktivitas yang lemah. Jenis gunung berapi lumpur ini mungkin memiliki distribusi terbesar di seluruh dunia. Hal ini ditandai dengan berbagai macam bentuk, namun umumnya mereka membangun kawah komposit.

Tidak ada hubungan antara tipe gunung berapi lumpur dengan distribusinya, yaitu yang paling umum, ketiga tipe ini dapat diamati pada suatu

sabuk *mud volcano*, tergantung pada kerangka litologi dan tektonik lokal sedimen *host* (Dimitrov, 2001).

2.4 Geologi Daerah Penelitian

Secara regional daerah penelitian masuk dalam peta geologi Indonesia lembar Bojonegoro bagian timur Pulau Jawa dengan skala 1:100.000 yang diterbitkan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.



Gambar 2.2 Peta geologi regional Bojonegoro (Pringgoprawiro, H dan Sukido, 1992)

2.4.1 Stratigrafi

Secara regional dalam lembar peta geologi Bojonegoro dapat dikenali dua formasi geologi, yaitu formasi kendeng di Selatan dan formasi rembang di Utara (Pringgoprawiro, 1992). Perbedaan yang nyata antara kedua formasi tersebut terletak pada stratigrafi, lingkungan pengendapan, ganesa dan tektoniknya.

Umur batuan sedimen di formasi Kendeng berkisar dari miosen tengah hingga kuartar, dengan tipe endapan sebagai flysch, turbidit dan sedimen daratan. Formasi kerek yang berumur miosen tengah hingga miosen atas bagian bawah, adalah formasi tertua dilembar ini, batuanannya terdiri dari perselingan batu pasir, batu lempung, tuf, napal, dan kalkarenit. Di atasnya secara selaras terdapat formasi kalibeng yang berumur miosen atas hingga pliosen bawah, dan tersusun oleh napal setempat bersisipan tuf, batu lempung, batu pasir tufan, dan kalkarenit. Di lembar ini formasi kalibeng tertindih selaras oleh formasi klitik yang berumur pliosen tengah, batuanannya terdiri dari batu gamping berlapis dan terumbu bersisipan napal dan batu lempung. Di atasnya secara membaji terdapat formasi sonde berumur pliosen tengah dan terdiri dari perselingan batu lempung dan batu pasir tufan bersisipan batu gamping. Formasi pucangan menindih tak selaras di atasnya, berumur plio-plistosen dan terdiri dari breksi dan batu pasir tufan. Formasi kabuh berumur plistosen tengah menindih selaras formasi pucangan. Formasi kabuh terdiri dari konglomerat, batu pasir dengan sisipan lempung dan napal. Formasi notopuro berumur plistosen atas dan terdiri dari tuf, batu pasir tufan dan konglomerat. Pada formasi ini terdapat batuan gunung api muda berumur plitosen akhir dan terdiri dari endapan lahar.

Batuan sedimen di formasi geologi rembang umumnya bersifat gampingan. Formasi tawun yang berumur miosen tengah bagian tengah merupakan formasi tertua, terbentuk oleh batu lempung pasiran dengan sisipan batu pasir dan batu gamping yang banyak mengandung fosil foraminifera besar. Di bagian atas secara berangsur beralih menjadi formasi ngrayong yang berupa perselingan batu pasir dan batu lempung pasiran dengan sisipan batu lempung karbonan, setempat mengandung batu gamping umumnya diduga miosen bagian atas. Selaras di atas formasi ngrayong terdapat formasi bulu berumur miosen tengah bagian atas hingga miosen tengah bagian bawah yang tersusun oleh lapisan batu gamping pasiran. Formasi itu tertindih selaras oleh formasi wonocolo berumur miosen atas yang tersusun oleh napal pasiran dengan sisipan kalkarenit dan setempat batu lempung. Selaras di atas formasi wonocolo terdapat formasi ledok berumur miosen atas dan terdiri dari perselingan batu pasir gampingan dan kalkarenit dan setempat napal. Formasi tersebut tertindih selaras oleh formasi mundu berumur pliosen bawah-pliosen tengah dan terbentuk oleh napal pejal mengandung fosil foraminifera melimpah. Setempat formasi mundu tertindih selaras oleh formasi selorejo yang tersusun oleh batu gamping pasiran dan batu pasir gampingan berumur pliosen atas. Di bagian timur, formasi mundu diduga menjemari dengan formasi paciran yang terbentuk oleh batu gamping terumbu. Setempat formasi mundu juga tertindih oleh selaras formasi lidah dengan pembentuk utama batu lempung tua keabuan hingga kebiruan, dan berumur dari pliosen atas hingga plistosen atas. Setempat terdapat anggota dander formasi lidah yang terdiri atas batu gamping klastik di bagian bawah dan batu gamping terumbu di bagian atas umumnya diperkirakan pliosen atas

hingga plistosen bawah. Formasi lidah menindih formasi munduh dan formasi selorejo. Satuan batuan termudah di formasi ini berupa aluvium yang terdiri dari endapan banjir dan undak sungai yang terdapat di sisi bengawan solo. Satuan aluvium menindih tak selaras semua formasi yang terdapat di lembar geologi Bojonegoro.

2.4.2 Struktur

Struktur yang ada di daerah ini sebagai akibat kegiatan tektonik selama meogen adalah lipatan, sesar naik, sesar geser, sesar normal dan kekar.

Di kedua formasi geologi, struktur lipatan berupa antiklin dan sinklin berkembang sangat baik, umumnya dengan arah sumbu barat laut-tenggara. Di formasi geologi kendeng pelipatan berkembang cukup kuat, terutama pada formasi kerek dan formasi kalibeng, yang diikuti oleh perkembangan beberapa macam sesar. Sedangkan pada formasi geologi rembang, pelipatan hanya terbentuk lipatan tak setangkup dengan sayap antiklin bagian selatan umumnya lebih curam, dengan kemiringan mencapai 35° . Dua buah antiklin yang mempunyai arti penting dalam perminyakan ialah antiklin ledok dan antiklin kawengan.

Sesar naik di formasi geologi kendeng banyak terdapat di formasi kerek dan formasi kalibeng, yang mempunyai arah utama barat-timur. Sesar ini di duga merupakan hasil tektonik pliosen, yang dapat di buktikan dengan adanya rumpang pada masa pliosen akhir.

2.5 Konsep Metode Magnetik

Metode geomagnetik atau metode magnet merupakan salah satu metode fisika untuk eksplorasi bawah permukaan bumi yang telah banyak digunakan dalam

eksplorasi mineral dan batuan (Sharma, 1997). Metode geomagnet dapat digunakan untuk menentukan struktur geologi besar bawah permukaan seperti sesar, lipatan intrusi batuan beku atau kubah garam dan reservoir geothermal. Dalam eksplorasi geofisika lingkungan metode magnetik hanya akan memberikan gambaran secara umum (Reynolds, 1997). Menurut Burger dkk, (1992), mengemukakan bahwa metode magnetik dapat digunakan untuk mengetahui kedalaman dan struktur bawah permukaan, dan pengukuran dapat diperoleh dengan mudah untuk studi lokal dan regional.

Metode magnet juga memiliki kesamaan latar belakang fisika dengan metode gravitasi dimana kedua metode tersebut sama-sama berdasarkan kepada teori medan potensial, sehingga keduanya sering disebut sebagai metode potensial. Namun demikian, ditinjau dari parameter besaran fisika yang terkait keduanya mempunyai perbedaan yang mendasar. Dalam metode geomagnet harus dipertimbangkan variasi besar dan arah vektor magnetisasi. Sedangkan dalam metode gravitasi hanya ditinjau variasi besar vektor percepatan gravitasi. Metode geomagnetik ini bekerja berdasarkan pada pengukuran variasi kecil intensitas medan magnet di permukaan bumi. Variasi ini disebabkan oleh kontras sifat kemagnetan (suseptibilitas) antar batuan di dalam kerak bumi (termasuk di dalamnya kemagnetan induksi dan ke magnetan permanen), sehingga menimbulkan medan magnet bumi yang tidak homogen, bisa disebut juga sebagai suatu anomali magnetik. Selain itu, variasi medan magnetik dapat disebabkan oleh adanya perubahan struktur geologi di bawah permukaan bumi.

2.6 Teori Dasar Magnetik

2.6.1 Gaya magnetik

Metode geomagnetik merupakan salah satu metode geofisika yang digunakan untuk survei pendahuluan pada eksplorasi minyak bumi, panas bumi, batuan mineral maupun untuk keperluan pemantauan (monitoring) gunung berapi. Dasar dari metode magnetik adalah gaya Coulomb antar dua kutub magnet m_1 dan m_2 (emu) yang berjarak r (cm) dalam bentuk (Telford dkk,1990):

$$F = \frac{1}{\mu_0} \frac{m_1 m_2}{r^2} \text{ r (dyne)} \quad (2.1)$$

Dimana F adalah gaya yang bekerja diantara dua magnet dengan kuat medan magnetik m_1 dan m_2 . Sedangkan μ adalah permeabilitas suatu medium dengan suatu Henry per meter (Hm^{-1}) Dalam medium hampa permeabilitas mutlak sama dengan μ_0 yang nilainya $4\pi \times 10^{-1} \text{ Hm}^{-1}$. Tidak seperti kasus pada kasus gravitasi, meskipun persamaannya mirip, gaya antar kedua kutub magnet ini bisa bernilai positif (+) yang berarti tolak-menolak dan negatif (-) berarti tarik-menarik (Telford dkk, 1993).

2.6.2 Kuat Medan Magnetik

Kuat medan magnetik ialah besarnya medan magnet pada suatu titik dalam ruang yang timbul sebagai akibat adanya kutub yang berada sejauh r dari titik m_1 . Kuat medan magnet didefinisikan sebagai gaya persatuan kuat kutub magnet, dapat dituliskan sebagai:

$$H = \frac{F}{m_2} = \frac{1}{\mu_0} \frac{m_1}{r^2} \text{ r (oersted)} \quad (2.2)$$

Dengan r adalah jarak titik pengukuran dari m_1 . H mempunyai satuan A/m dalam SI sedangkan dalam cgs H mempunyai satuan oersted (Sarkowi, 2010).

2.6.3 Momen Magnetik

Jika sebuah batang magnet diletakkan di medan magnetik H yang seragam, ia akan mengalami sepasang gaya yang sama yang bekerja secara paralel satu sama lain tetapi berlawanan arah. Besarnya pasangan adalah:

$$C = 2 (ml) H \sin \theta \quad (2.3)$$

Dimana θ tetapan pada medan magnet. Gerakan ini dihasilkan oleh pasangan adalah bergantung terhadap besaran H sebagai nilai θ (tidak ada gerakan yang dihasilkan jika $\theta = 0$). Kuantitas lain (ml) yang mana juga mempengaruhi besaran dari pasangan disebut momen magnetik, secara khusus dilambangkan oleh M , jadi (Burger dkk, 1992):

$$M = ml \quad (2.4)$$

2.6.4 Intensitas Kemagnetan

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

$$I = \frac{M}{V} = \frac{mlr}{v} \quad (2.5)$$

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

2.6.5 Suseptibilitas Batuan

Harga suseptibilitas (k) ini sangat penting di dalam pencarian benda anomali karena sifat ferromagnetik untuk setiap jenis mineral dan batuan yang berbeda antara satu dengan yang lainnya. Nilai (k) pada batuan semakin besar jika dalam batuan tersebut semakin banyak dijumpai mineral-mineral bersifat magnetik. Berdasarkan nilai (k) dibagi menjadi kelompok-kelompok jenis material dan batuan penyusun litologi bumi, yaitu:

1. Diamagnetik

Dalam batuan diamagnetik atom-atom pembentuk batuan mempunyai kulit elektron berpasangan dan mempunyai putaran yang berlawanan dalam tiap pasangan. Jika mendapat medan magnet dari luar orbit, elektron tersebut akan berpresesi yang menghasilkan medan magnet lemah yang melawan medan magnet luar tadi. Mempunyai suseptibilitas (k) negatif dan kecil dan suseptibilitas (k) tidak tergantung dari pada medan magnet luar. Contoh: bismuth, grafit, gipsum, marmer, kuarsa, garam.

2. Paramagnetik

Di dalam paramagnetik terdapat kulit elektron yang belum jenuh yakni ada elektron yang putarannya tidak berpasangan dan mengarah pada arah putaran yang sama. Jika terdapat medan magnetik luar, putaran tersebut berpresesi menghasilkan medan magnet yang mengarah searah dengan medan tersebut sehingga memperkuatnya. Akan tetapi momen magnetik yang terbentuk terorientasi acak oleh agitasi termal, oleh karena itu bahan tersebut dapat dikatakan mempunyai sifat: a) Suseptibilitas positif dan sedikit lebih besar dari

satu, b) Suseptibilitas bergantung pada temperatur, Contoh: Piroksen, Olivin, Gamet, Biotit, Amfibolit, dll.

3. Ferromagnetik

Terdapat banyak kulit elektron yang hanya diisi oleh satu elektron sehingga mudah terinduksi oleh medan luar. Keadaan ini diperkuat lagi oleh adanya kelompok-kelompok bahan berputaran searah yang membentuk dipole-dipole magnet (domain) mempunyai arah sama, apalagi jika didalam medan magnet luar. Mempunyai sifat: a) Suseptibilitas k positif dan jauh lebih besar dari satu, b) Suseptibilitas k bergantung dari temperatur, Contoh: besi, nikel, kobal.

Ferromagnetik dibagi menjadi dua yaitu:

a. Antiferromagnetik

Pada bahan antiferromagnetik domain-domain tadi menghasilkan dipole dipole magnet yang saling berlawanan arah sehingga momen magnetik secara keseluruhan sangat kecil. Bahan antiferromagnetik yang mengalami cacat kristal akan mengalami medan magnet kecil dan suseptibilitas seperti pada bahan paramagnetik suseptibilitas k seperti paramagnetik, tetapi harganya naik sampai dengan titik curie kemudian turun lagi menurut hukum curie-weiss. Contoh hematit (Fe_2O_3).

b. Ferrimagnetik

Pada bahan ferrimagnetik domain-domain tadi juga saling anti paralel tetapi jumlah dipole pada masing-masing arah tidak sama sehingga masih mempunyai resultan magnetisasi cukup besar. Suseptibilitas tinggi (Tabel 2.1)

dan tergantung temperatur. Contoh magnetit (Fe_3O_4), ilmenit (FeTiO_3), pirhotit (FeS), hematit (Fe_2O_3), ferrite (NiOFe_2O_3), nutrium ($\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$). Berdasarkan proses terjadinya maka ada dua macam magnet:

- a. Magnet induksi bergantung pada suseptibilitasnya menyebabkan anomali pada medan magnet bumi.
- b. Magnet permanen bergantung pada sejarah pembentukan batuan tadi.

Tabel 2.1 Suseptibilitas batuan dan mineral (Telford,1990)

Jenis batuan	Suseptibilitas $\times 10^3$ (SI)	
	Range	Rata
Batuan Sedimen		
Dolomit	0 – 0.9	0.1
Batu Gamping	0 – 3	0.3
Batu Pasir	0 – 20	0.4
Serpilh	0.01 – 15	1.6
Batu Metamorf		
Amphibolite		0.7
Schist	0.3 – 3	1.4
Phyllite		1.5
Gneiss	0.1 - 25	
Quartzite		4
Serpentine	3 - 17	
Batu Beku		
Granit	0 - 50	2.5
Riolit	0.2 - 35	
Dolorit	1 - 35	17
Diabase	1 - 160	55
Peridotit	90 - 200	150
Andesit		160

Mineral-Mineral		
Kuarsa		-0.01
Batubara		0.02
Lempung		0.2
Magnetik	1.2 – 0.00192	6000

2.6.6 Induksi Magnetik

Bila benda magnetik diletakkan dalam medan magnet luar H , kutub-kutub internalnya akan menyerahkan diri dengan H dan terbentuk suatu medan magnet baru yang besarnya adalah (Kurniati, 2008):

$$H = 4\pi k h \quad (2.6)$$

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

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

Dengan $m_r = 1 + 4\pi k$ dan disebut sebagai permeabilitas relatif dari suatu benda magnetik. Satuan B dalam emu adalah gauss, sedangkan dalam geofisika eksplorasi dipakai $1g = 10^{-5}$ gauss = 1nT (Sampurno, 2011).

2.7 Pengukuran Medan Magnet

2.7.1 Elemen Medan Magnet Bumi

Medan magnet bumi merupakan suatu besaran vektor, maka besaran ini dapat diuraikan menjadi komponen-komponennya. William Gilbert menganggap bahwa bumi adalah sebuah magnet yang diketahui adanya Inklinasi (I), Deklinasi, (D), medan magnet tegak (*vertical magnetic field*) (Z), medan magnet datar

(*horizontal magnetic field*) (H) dan medan magnet total (*total magnetic field*) (T).

Medan magnet tersebut disebut unsur magnet (*magnetic elements*) (Untung, 2001):

- 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 (T), yaitu besar dari vektor medan magnetik total.

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

1. Medan Magnet Utama (*main field*)

Secara teoritis medan magnet utama bumi disebabkan oleh sumber dari dalam dan luar bumi. Medan magnet dari dalam bumi diduga dibangkitkan oleh perputaran aliran arus dalam inti bagian luar bumi yang bersifat cair dan konduktif (Sharma, 1997).

Medan magnet utama bumi berubah terhadap waktu, maka untuk menyeragamkan nilai-nilai medan utama magnet bumi, dibuat standart nilai yang disebut *Internasional Geomagnetics Reference Field* (IGRF). Nilai medan magnet utama ditentukan berdasarkan kesepakatan internasional di bawah pengawasan *Internasional Association of Geomagnetic and Aeronomy* (IAGA).

IGRF diperbarui tiap 5 tahun sekali dan diperoleh dari hasil pengukuran rata-rata pada daerah luasan sekitar 1 juta km² yang dilakukan dalam waktu satu tahun (Telford, 1990).

2. Medan Magnet Luar (*external field*)

Medan magnet bumi juga dipengaruhi oleh medan luar. Medan ini bersumber dari 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. Beberapa sumber medan luar antara lain (Telford, 1990).

- a. Perubahan konduktivitas listrik lapisan atmosfer dengan siklus 11 tahun.
- b. Variasi harian (*diurnal variation*) dengan periode 24 jam yang berhubungan dengan pasang surut matahari dan mempunyai jangkauan 30 nT.
- c. Variasi harian (*diurnal variation*) 25 jam yang berhubungan dengan pasangan surut bulan dan mempunyai jangkauan 2 nT.
- d. Badai magnet (*magnetic storm*) yang bersifat acak dan mempunyai jangkauan sampai dengan 1000 nT.

3. Anomali Medan Magnet

Ini terjadi di dekat permukaan kerak bumi dan merupakan penyebab perubahan dalam medan magnet utama, yang biasanya jauh lebih kecil dari pada medan utama serta relatif konstan terhadap waktu dan tempat. Perubahan ini dapat dihubungkan dengan perubahan kandungan mineral magnetik dalam

batuan-batuan dekat permukaan. Kadang-kadang anomali ini cukup besar, hingga besar medan magnet menjadi lebih besar dua kali lipat dari pada medan utama lokal (Telford, 1990).

Medan magnet anomali sering juga disebut medan magnet lokal (*crustal field*). Medan magnet ini dihasilkan oleh batuan yang mengandung mineral bermagnet seperti magnetite (Fe_3O_4), titanomagnetite (Fe_2TiO_4) dan lain-lain yang berada di kerak bumi. Potensial dan medan dari anomali magnetik biasanya didefinisikan sebagai potensial dan medan yang hanya dibangkitkan oleh benda termagnetisasi.

Jika sembarang volume termagnetisasi diasumsikan sebagai jumlah dari dipole-pole magnetik elementer yang terdistribusi di dalamnya, maka potensial magnetik pada titik $P(x, y, z)$ didefinisikan sebagai (Sudarmaji, 2005):

$$V(x,y,z) = - C_m \int_v M(x, y, z) \cdot \nabla \frac{1}{r} dv \quad (2.8)$$

2.7.2 Anomali Medan Magnet Total

Anomali medan magnetik dihasilkan oleh benda magnetik yang telah terinduksi oleh medan magnet utama bumi, sehingga benda tersebut memiliki medan magnet sendiri dan ikut mempengaruhi besarnya medan magnet total hasil pengukuran. Variasi medan magnetik yang terukur di permukaan merupakan target dari survei magnetik (anomali magnetik). Besarnya anomali magnetik berkisar ratusan sampai dengan ribuan nano-tesla, tetapi ada juga yang lebih besar dari 100.000 nT yang berupa endapan magnetik. Secara garis besar anomali ini disebabkan oleh medan magnetik remanin dan medan magnet induksi. Bila arah

medan magnet remanin sama dengan arah medan magnet induksi maka anomalnya bertambah besar, demikian juga sebaliknya. Medan magnet remanin mempunyai peranan yang besar pada magnetisasi batuan yaitu ada besar dan arah medan magnetnya serta sangat rumit diamati karena berkaitan dengan peristiwa kemagnetan yang dialami sebelumnya. Sisa kemagnetan ini disebut dengan *Normal Residual Magnetisme* yang merupakan akibat magnetisasi medan utama. Dalam survei magnetik, adanya anomali magnetik menyebabkan perubahan medan magnet total bumi dan dapat dituliskan sebagai berikut (Telford, 1990):

$$H_T = H_O + H_L + H_A \quad (2.9)$$

dimana:

H_T = Medan magnetik total bumi

H_O = Medan magnetik utama bumi

H_L = Medan magnetik luar

H_A = Medan anomali magnetik

2.8 Transformasi Medan

2.8.1 Reduksi ke Kutub (Reduction To The Pole)

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

Transformasi reduksi ke kutub ini mengasumsikan bahwa pada seluruh lokasi pengambilan data nilai medan magnet bumi (terutama I dan D) memiliki nilai dan arah yang konstan. Asumsi ini diterima apabila lokasi tersebut memiliki area relatif sempit. Namun hal ini tidak dapat diterima apabila luas daerah pengambilan data sangat luas karena melibatkan nilai lintang dan bujur yang bervariasi, dimana medan magnet bumi berubah secara bertahap (Telford, 1990).

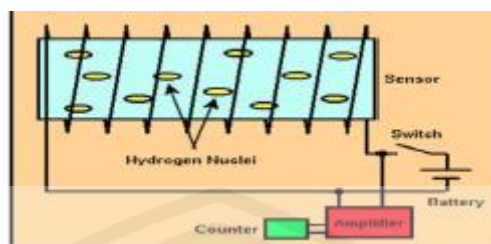
2.8.2 Kontinuasi ke Atas (*Upward Continuation*)

Kontinuasi ke atas atau *upward continuation* merupakan proses transformasi data medan potensial dari suatu bidang yang lebih tinggi. Pada pengolahan data geomagnetik, proses ini dapat berfungsi sebagai filter tapis rendah, yaitu untuk menghilangkan atau mereduksi efek magnetik lokal yang berasal dari berbagai sumber benda magnetik yang tersebar di permukaan topografi yang tidak terkait dengan survei (Blakely, 1995).

Pada metode reduksi ke kutub ada proses transformasi, yang dilakukan dengan mengaplikasikan *Fast Fourier Transform* (FFT). Berikut perumusan transformasi dengan menggunakan FFT (Blakely, 1995).

2.9 Magnetometer (*Proton Precession Magnetometer*)

Proton Precession Magnetometer (PPM) memanfaatkan momen magnetik dari inti hidrogen (proton). Elemen pengindraannya terdiri dari botol yang berisi cairan hidrokarbon dengan titik beku rendah yang mengenai gulungan kawat tambang. Arus polarisasi dari urutan amp atau lebih dilewati melalui kumparan, menciptakan medan magnet yang kuat (Milsom, 2003).



Gambar 2.4 Diagram kotak dari PPM (Mazini, 2009)

Cara kerja dari *Proton Precession Magnetometer* dapat dijelaskan pada gambar di atas (2.4). Di dalam botol yang dililitkan kumparan dimasuki cairan yang mengandung banyak proton. Proton-proton ini mempunyai 2 macam gerakan yang tidak beraturan. Gerakan tersebut adalah gerakan spin (berputar pada porosnya) dan gerak precesi (gerak gasing yang oleng). Apabila tegangan polarisasi diaktifkan maka timbul medan magnet H_1 yang kuat disekeliling botol. Hal ini mengakibatkan gerak proton-proton tadi menjadi lebih teratur. Gerak precesi proton pada keadaan ini mengikuti aturan sedemikian rupa sehingga dipenuhi hubungan (Munadi, 2001):

$$\omega_1 = \gamma H_1 \quad (2.9)$$

Keterangan:

ω_1 = kecepatan sudut gerak precesi proton

γ = rasio giromagnetik dari proton yang besarnya adalah $2,6752 \times 10^8 \text{ kg}^{-1} \text{ s A}$

H_1 = kuat medan magnet yang dibangkitkan oleh tegangan polarisasi.

Beberapa saat kemudian tegangan polarisasi diputus, sehingga disekitar botol tak ada lagi medan magnet polarisasi sehingga hal ini akan mempengaruhi gerak precesi proton-proton tadi. Akibat tidak adanya medan magnet polarisasi tadi proton-proton berprecesi di bawah pengaruh medan magnet lain yakni medan magnet bumi. Dalam keadaan ini dipenuhi hubungan:

$$\omega_2 = \gamma H_2 \quad (2.10)$$

Keterangan:

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

γ = rasio giromagnetik dari proton

H_2 = kuat medan magnet bumi yang mempengaruhinya.

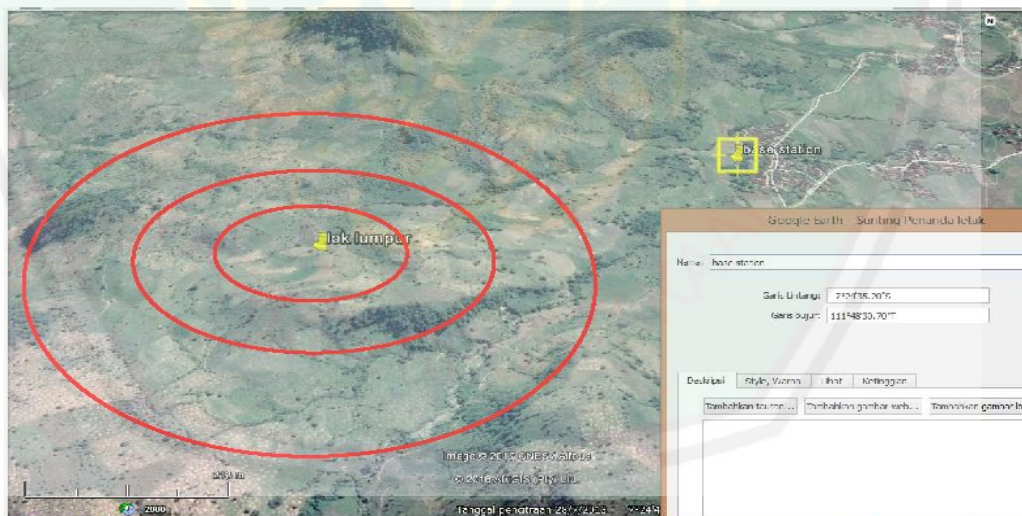
Jadi dengan mengukur ω_2 , maka kuat medan magnet bumi (H_2) dapat diketahui (Munadi, 2001).



BAB III METODOLOGI PENELITIAN



3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus 2017. Tempat penelitian terletak di sekitar semburan lumpur panas Desa Jari Kecamatan Gondang Kabupaten Bojonegoro Jawa Timur. Lokasi semburan lumpur panas tersebut berjarak kurang lebih 2 km dari perkampungan. Di sekitar semburan lumpur panas tersebut adalah area persawahan dan perbukitan, Pengolahan data bertempat di Laboratorium Geofisika Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.



Gambar 3.1 Lokasi penelitian

Keterangan:

-  = Titik semburan lumpur
-  = Lokasi penelitian

3.2 Data Penelitian

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

Data koordinat lintang dan bujur, waktu pengambilan data, ketinggian titik ukur terbaca melalui GPS yang digunakan pada waktu di lapangan, pembacaan magnetometer harus dikonversi ke gauss meter

3.3 Peralatan Penelitian

1. Magnetometer, jenis magnetometer yang digunakan adalah jenis Proton Procession Magnetometer (PPM)
2. GPS, untuk penentuan posisi titik/stasiun pengukuran secara presisi
3. Alat pengukur waktu
4. Peta Geologi
5. Alat tulis
6. Perangkat komputer untuk pengolahan data dan software (*Excel Ms., Magpick, Surfer11, Mag2dc dan Adobe Photoshop*).

3.4 Metode Pengambilan Data

Proses pengukuran dilakukan dengan metode *Ring*. Maksud dari metode *Ring* ini adalah pengukuran yang dilakukan dengan mengelilingi objek penelitian. Hal ini dikarenakan luasan objek penelitian yang berbentuk melingkar. Dalam penelitian ini digunakan 2 magnetometer, dimana magnetometer pertama dipasang di luar area penelitian yang digunakan sebagai titik acuan (*base station*) untuk

mendapatkan nilai medan magnet harian yang nantinya digunakan untuk koreksi harian (diurnal) dan magnetometer yang lain digunakan untuk pengukuran di area penelitian. Koreksi harian (diurnal) merupakan penyimpangan intensitas medan magnet bumi yang disebabkan oleh adanya perbedaan waktu pengukuran dalam satu hari, sedangkan proses pengukuran menggunakan metode magnetik ini tidak selesai dalam satu waktu.

Data yang dihasilkan pada penelitian ini adalah sebanyak 80 titik dengan luas daerah 1 km². Jarak antara satu titik dengan yang lainnya untuk ring pertama adalah 10 meter, ring ke dua adalah 25 meter, ring ke tiga 35 meter, dan ring ke empat adalah 175 meter dengan lima kali pengambilan data pada setiap titik pengamatan dan diambil nilai yang sering muncul (*modus*).

3.5 Metode Pengolahan Data

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

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

3.5.1 Koreksi Harian dan Koreksi IGRF

Proses pengolahan data awal ditujukan untuk memperoleh nilai anomali magnetik dari data yang diperoleh dari penelitian di lapangan, hal ini dikarenakan data awal yang diperoleh merupakan data mentah yang masih ada pengaruh dari dalam dan luar bumi. Proses pengolahan awal ini dilakukan dengan mengoreksi data mentah. Koreksi yang diterapkan yaitu Koreksi harian (*Diurnal Correction*) dan Koreksi IGRF. Koreksi harian dan Koreksi IGRF dilakukan untuk menghilangkan pengaruh medan magnet yang berasal dari luar bumi, seperti pengaruh atmosfer, benda-benda angkasa dll. Pada titik pengukuran dengan nilai intensitas magnet pada *base station* (interpolasi linier terhadap waktu).

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

3.5.2 Reduksi ke Bidang Datar

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

Suatu metode yang dapat dipergunakan untuk membawa data medan potensial hasil observasi yang masih terdistribusi dibidang yang tidak horizontal (misalnya bidang topografi) ke bidang horizontal adalah melalui pendekatan deret

Taylor. Deret Taylor menggunakan fungsi turunan pada suatu titik mengekstaploasi fungsi ke sekitar titik tersebut. Sehingga deret Taylor dapat digunakan untuk memprediksi nilai medan potensial pada titik-titik di luar bidang observasi.

3.5.3 Kontinuasi ke Atas

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

Penentuan nilai ketinggian dilakukan menurut keinginan kita dan tergantung dari efek yang ingin dihilangkan atau ditampilkan. Akan tetapi pada prosesnya kontinuasi ini tidak boleh menghilangkan *body* anomali yang ada. Karena target dari proses ini adalah untuk menentukan *body* anomali dari peta anomali yang sudah ada. Karenanya proses kontinuasi ini tidak bisa dilakukan sembarangan. Besar ketinggian yang digunakan untuk mengangkat bidang pengamat tidak boleh terlalu besar, karena dapat mengakibatkan hilangnya informasi pada daerah tersebut.

3.5.4 Reduksi ke Kutub

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

3.6 Pemodelan Geologi

Pemodelan geologi dalam penelitian ini, dilakukan analisa pada tiga buah penampang melintang anomali anomali lokal yang masing-masing berarah melintang. Dalam melakukan penarikan garis penampang perlu diperhatikan bentuk dari konturnya atau pola anomalnya. Bentuk yang dipertimbangkan adalah berupa tinggian atau rendahan anomali, kerapatan kontur sehingga dapat diperkirakan pola struktur geologi bawah permukaan yang berupa suatu patahan, suatu intrusi atau berupa lipatan (antiklin atau sinklin). Dalam penentuan garis penampang harus berarah tegak lurus terhadap garis kontur, sehingga dapat diperkirakan pola struktur geologi dengan baik.

Pada tahap pemodelan, setelah dilakukan penarikan penampang selanjutnya dilakukan proses *digitize* dan *slice* menggunakan program *surfer 10*. Hasil dari *digitize* dan *slice* adalah data berupa nilai anomali lokal dan jarak lintasan pada penampang yang telah dibuat, yang merupakan data masukan untuk program *Mag2dc* sebagai suatu penampang melintang anomali. Setelah model anomali tergambar, maka dapat dilakukan pemodelan struktur bawah permukaan dengan memasukkan nilai kontras suseptibilitas batuan, ketebalan lapisan batuan tertentu seperti yang terbaca pada peta geologi.

3.7 Tahapan Interpretasi Data

Interpretasi data dapat dilakukan dengan dua cara yaitu interpretasi secara kuantitatif dan interpretasi secara kualitatif. Interpretasi kualitatif didasarkan pada analisis peta kontur anomali lokal sedangkan interpretasi kuantitatif dilakukan dengan bantuan program *Mag2dc*.

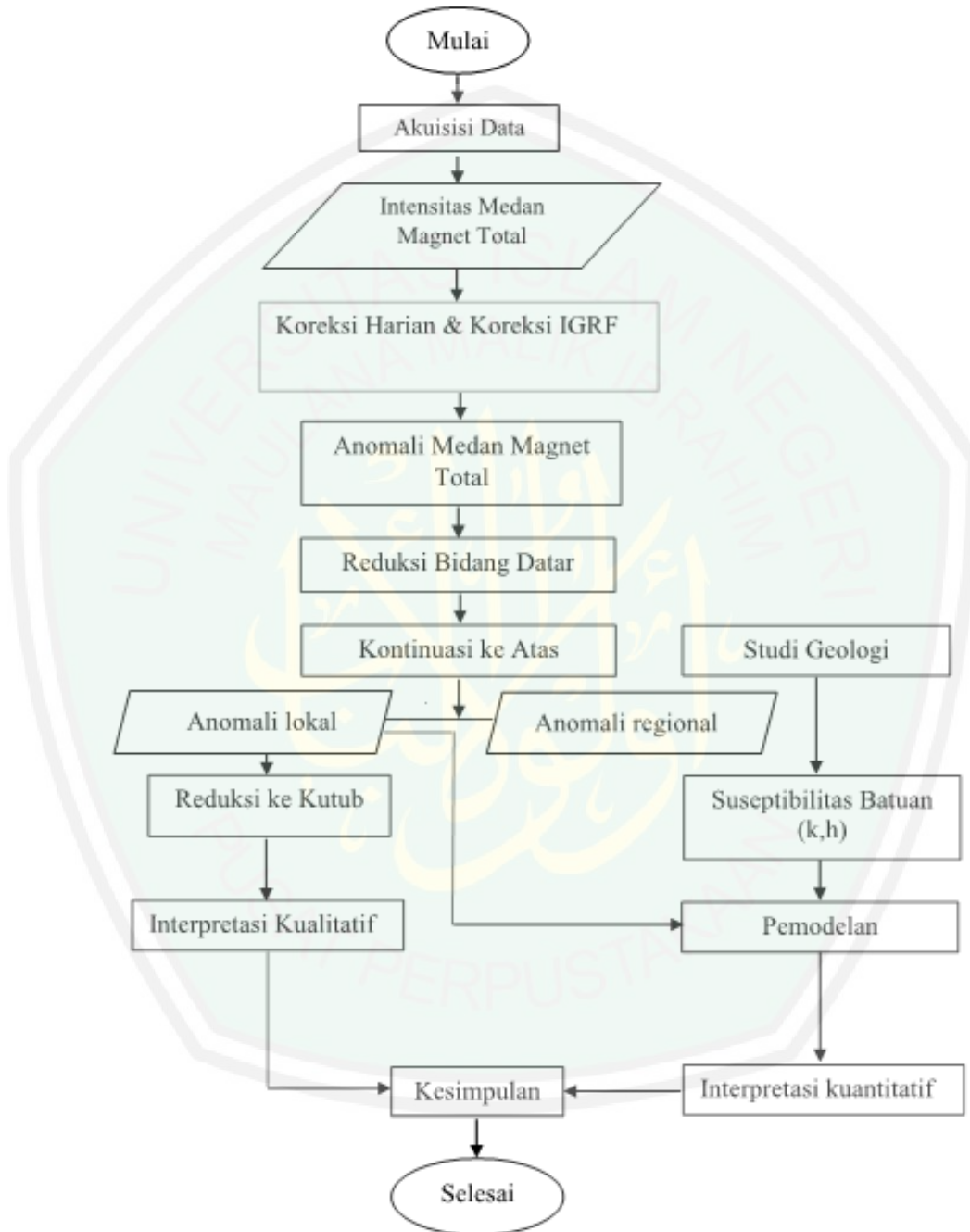
Interpretasi kualitatif bertujuan untuk menduga ada tidaknya benda penyebab anomali dan untuk melokalisir daerah yang mempunyai anomali. Interpretasi kuantitatif bertujuan untuk menentukan bentuk atau model dan kedalaman anomali atau struktur geologi melalui pemodelan matematis. Interpretasi kuantitatif dilakukan dengan menggunakan software *mag2dc* for window v 1.2. pemodelan pada software *mag2dc* adalah menggunakan metode *forward modeling* (pencocokan profil model dengan profil data lapangan) dengan metode *trial and error* (coba-coba).

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

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

Data anomali medan magnet pada peta kontur dibuat garis yang melalui anomali rendah dan anomali tinggi (*line section*). Data *line section* selanjutnya akan digunakan sebagai masukan dalam pembuatan model struktur bawah permukaan.

3.8 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.2 Diagram alir penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengolahan data yang didapatkan akan dianalisis pada bab ini. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui posisi kantong lumpur dan untuk mengetahui potensi lumpur di Desa Jari Kecamatan *Gondang* Kabupaten Bojonegoro yang menggunakan metode geomagnetik. Analisis dilakukan untuk mengetahui kondisi bawah permukaan secara geometri yang berdasarkan pada data geomagnetik yang menunjukkan penyebaran batuan suseptibilitas dan data geologi yang diperoleh dari studi berdasarkan literatur peta geologi. Interpretasi dilakukan baik secara kualitatif maupun secara kuantitatif.

4.1 Pengambilan Data

Metode yang dipakai dalam penelitian ini adalah metode geomagnetik, alat yang digunakan adalah *Proton Processing Magnetometer* digunakan sebagai *base station*, dimana setiap titik pengukuran akan diberikan perlakuan sebanyak 5 kali pengambilan data dan diambil salah satu nilai yang sering muncul (*modus*). Data yang diperoleh berupa data medan magnet bumi (nT) sebanyak 80 titik dengan metode pengambilan data adalah metode *ring* (melingkar) sebanyak 4 *ring* yang mengelilingi objek penelitian. Jarak antara satu titik dengan yang lainnya untuk *ring* pertama adalah 10 meter, *ring* ke dua adalah 25 meter, *ring* ke tiga 35 meter, dan *ring* ke empat adalah 175 meter pada luas area penelitian 1 km² dan parameter lainnya seperti ketinggian, waktu pengambilan data dan koordinat titik pengukuran. Kemudian koordinat lintang bujur di setiap titik diubah dalam bentuk *Decimal Degree*.

4.2 Pengolahan Data

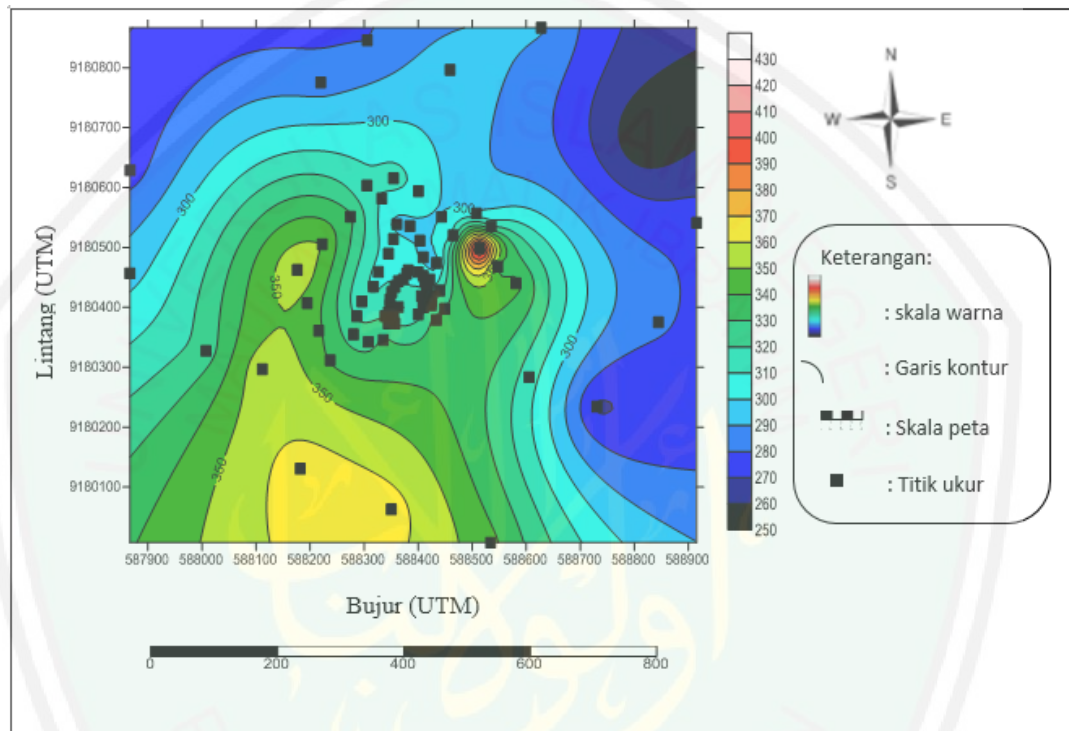
Dari pengukuran data intensitas medan magnet pada titik pengukuran, selanjutnya dilakukan pengolahan data yaitu dengan melakukan beberapa koreksi yaitu koreksi IGRF dan koreksi harian untuk mendapatkan anomali medan magnet total daerah penelitian. Selain itu juga dilakukan reduksi ke bidang datar dan kontinuitas ke atas untuk memisahkan anomali lokal dan anomali regional daerah penelitian. Pengolahan data dimulai dengan mengkonversi koordinat yang didapat pada saat akuisisi data di lapangan yang berbentuk *Decimal Degree* ke dalam bentuk *Universal Transfer Mercator* (UTM) dengan bantuan *software surfer 11* tujuannya untuk mempermudah pembacaan pada *surfer* dan pengolahan data selanjutnya.

Untuk mempermudah melakukan interpretasi secara kualitatif maka dibuat peta kontur menggunakan bantuan *Software surfer 11* yang terdiri dari peta kontur topografi, peta kontur intensitas medan magnetik total, peta kontur anomali magnetik total, peta kontur anomali magnetik lokal yang direduksi ke bidang datar, peta kontur anomali magnetik regional dan peta kontur anomali magnetik lokal. Peta kontur ini terdiri dari parameter berupa koordinat Lintang (LS) pada kolom (x), Bujur (BT) pada kolom (y) dan nilai pengukuran pada kolom (z).

4.2.1 Elevasi

Elevasi adalah posisi vertikal (ketinggian) suatu objek dari suatu titik tertentu (datum). Datum yang biasa digunakan adalah permukaan laut dan permukaan *geoid WGS-84* yang digunakan oleh GPS. Oleh karena itu, elevasi sering dinyatakan sebagai ketinggian dari permukaan laut (biasa disingkat dpl). Di

Amerika Serikat dan Britania Raya, elevasi biasa diukur dalam satuan meter (mdpl). Sedangkan *relief* atau kontur adalah gambar yang mewakili sebuah lereng dari sebuah bukit-bukit, lembah-lembah, atau bentuk-bentuk lain dari permukaan bumi.



Gambar 4.1 Kontur Topografi Daerah Penelitian

Gambar 4.1 merupakan peta kontur topografi pada daerah penelitian yaitu di Desa Jari. Kontur tersebut menunjukkan adanya daerah yang tinggi dan daerah yang rendah. Dimana dapat dikelompokkan menjadi tiga yaitu daerah lembah, datar, dan tinggi. Akan tetapi pada kontur topografi tersebut hanya mempunyai selisih ketinggian yang kecil, tidak terlalu ekstrim. Warna hitam sampai biru merupakan daerah yang rendah dengan ketinggian 250 mdpl sampai 300mdpl. Warna hijau sampai kuning merupakan daerah yang sedang atau datar dengan ketinggian 310 mdpl sampai 360 mdpl. Sedangkan warna orange sampai merah merupakan daerah yang lebih tinggi dengan ketinggian 370 mdpl sampai 430 mdpl.

4.2.2 Anomali Medan Magnet

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

Koreksi harian (*diurnal correction*) merupakan penyimpangan nilai medan magnet bumi akibat adanya perbedaan waktu dan efek radiasi matahari dalam satu hari. Koreksi ini diperoleh dengan mengurangkan nilai intensitas medan magnet pada titik pengukuran dengan nilai intensitas medan magnet pada *base station*. *Base station* yang terpasang diluar area penelitian melakukan pembacaan setiap 3 menit sekali dalam 1 hari.

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

Magnetic Field Calculators

Magnetic Field Estimated Values ●

Magnetic field is calculated using the most recent World Magnetic Model (WMM) or the International Geomagnetic Reference Field (IGRF) model. For 1590 to 1900 the calculator is based on the *gufm1* model. A smooth transition from *gufm1* to IGRF was imposed from 1890 to 1900. The calculator provides an easy way for you to get results in HTML, XML, or CSV programmatically (API). For more information click the information button above.

Calculate Magnetic Field

Latitude: S N

Longitude: W E

Elevation: GPS Mean sea level

Model: WMM (2014-2019) IGRF (1590-2019)

Start Date: Year Month Day

End Date: Year Month Day

Step size:

Lookup Latitude / Longitude

Either enter a zip code, select a country/city, or search for an address at USGS Earth Explorer.

U.S. Zip Code:

- OR -

Country:

City:

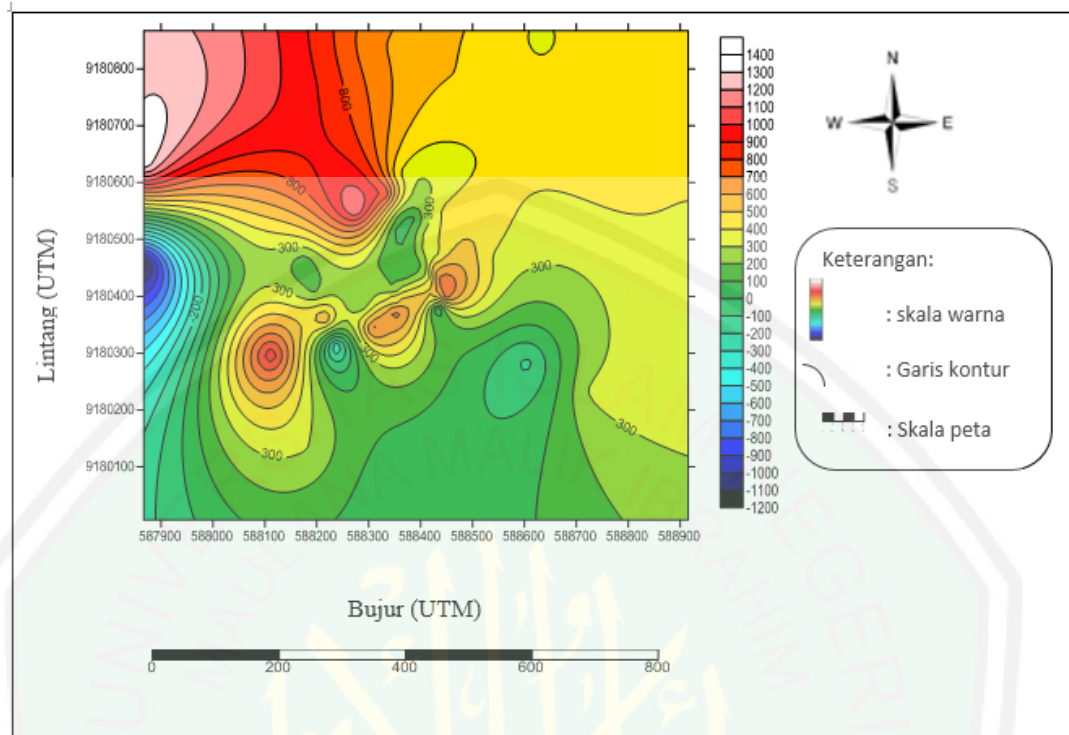
Gambar 4.2 kalkulator IGRF (<http://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/>)

Nilai IGRF yang didapat pada penelitian ini dengan letak geografis ($07^{\circ}24'35.2''$ LS dan $111^{\circ}48'30.7''$ BT), dengan nilai IGRF 44668 nT.

Tabel 4.1 Tampilan Nilai IGRF

Field Model Results				
Location	Latitude	Longitude	Altitude	Date
'BOJONEGORO'	-7 degs 24 mins	111 degs 48 mins	0.30 km	2017.00

Component	Field Value	Secular Variation
Declination	0.983 degrees	-3.1 arcmin/year
Inclination	-31.514 degrees	8.9 arcmin/year
Horizontal Intensity	38080 nT	36.1 nT/year
North Component	38075 nT	36.7 nT/year
East Component	653 nT	-33.5 nT/year
Vertical Intensity	-23348 nT	112.8 nT/year
Total Intensity	44668 nT	-28.1 nT/year



Gambar 4.3 Kontur Anomali Medan Magnet Total

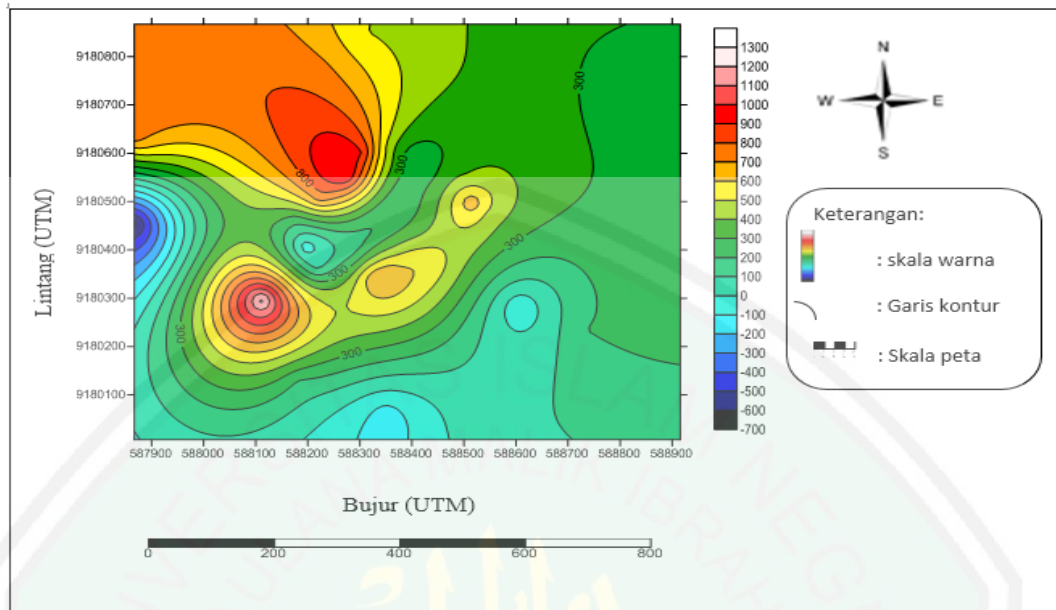
Gambar 4.3 merupakan kontur anomali medan magnet total hasil koreksi IGRF dan koreksi harian. Berdasarkan hasil tersebut didapatkan nilai anomali medan magnet total yaitu -1200 nT sampai dengan 1400 nT. Berdasarkan hasil tersebut dapat dilihat nilai anomalnya yaitu anomali rendah warna hitam sampai warna hijau dengan nilai anomali antara -1200 nT sampai dengan 200 nT, anomali sedang yaitu warna kuning sampai warna jingga dengan nilai anomali 300 nT sampai dengan 600 nT dan anomali tinggi yaitu warna merah sampai warna putih dengan nilai anomali antara 700 nT – 1400 nT. Nilai anomali ini merupakan campuran antara anomali regional dan anomali lokal sehingga informasi mengenai bagian yang dalam dan dangkal masih tergabung.

4.3 Interpretasi Kualitatif

Secara umum Interpretasi dan anomali dibagi menjadi dua, yaitu secara kualitatif dan kuantitatif. Interpretasi secara kualitatif didasarkan pada pola kontur anomali medan magnet yang bersumber atau disebabkan oleh benda-benda termagnetisasi yang ada di bawah permukaan bumi. Dengan demikian, interpretasi kualitatif dilakukan dengan menganalisa pola-pola kontur anomali magnet total yang dikontinuasi ke atas dan direduksi ke kutub.

4.3.1 Reduksi ke Bidang Datar

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



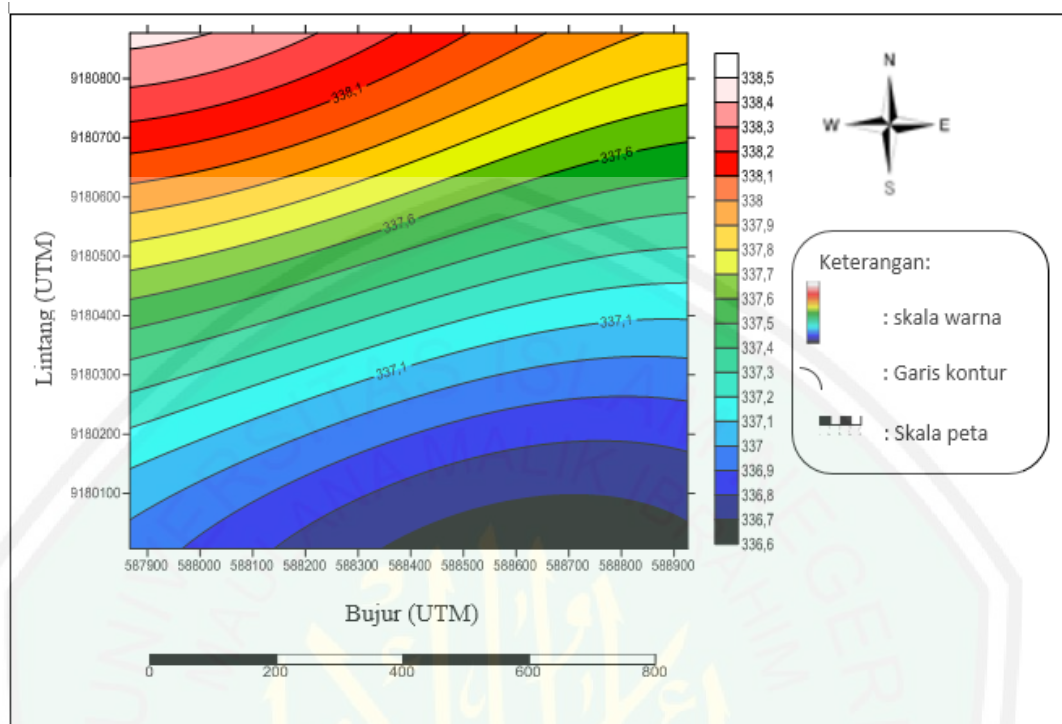
Gambar 4.4 Kontur Anomali Magnet Total Setelah Reduksi ke Bidang Datar pada ketinggian 325 meter

Gambar 4.4 merupakan hasil dari reduksi ke bidang datar pada ketinggian rata-rata pada topografi 325 meter. Hasil tersebut menunjukkan pola kontur yang lebih rendah dibandingkan nilai anomali medan magnet sebelum direduksi ke bidang datar. Harga anomali medan magnetik total pada bidang datar adalah mulai dari -700 nT sampai dengan 1300 nT. Berdasarkan hasil tersebut dapat dilihat nilai anomalnya yaitu anomali rendah warna hitam sampai biru dengan nilai anomali antara -700 nT sampai dengan -100 nT, anomali sedang yaitu warna hijau sampai warna kuning dengan nilai anomali antara 100 nT sampai dengan 500 nT dan anomali tinggi yaitu warna orange sampai warna merah dengan nilai anomali antara 600 nT sampai 1300 nT.

4.3.2 Kontinuasi ke Atas (*Upward Continuation*)

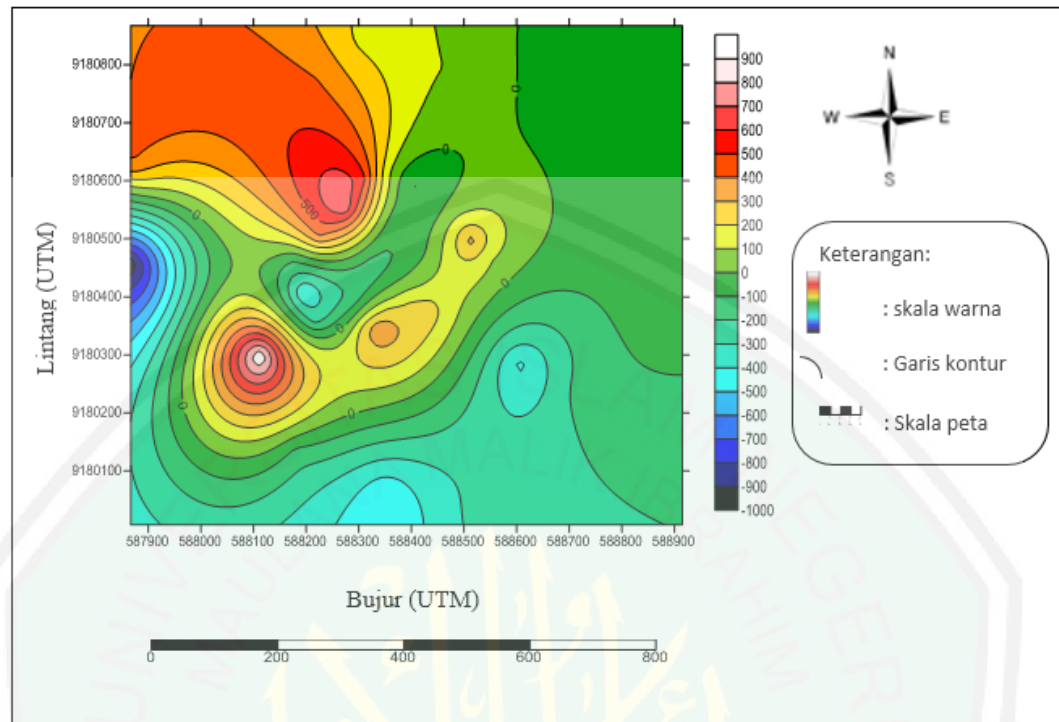
Upward continuation (kontinuasi ke atas) merupakan langkah perubahan data medan potensial yang diukur pada suatu level permukaan menjadi data yang seolah-olah diukur pada level permukaan yang lebih atas. Metode ini digunakan karena dapat mentransformasi medan potensial di tempat lain di atas permukaan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

Proses kontinuasi ke atas dilakukan pada ketinggian tertentu dengan cara seolah-olah menghitung data pada ketinggian tersebut. Saat melakukan kontinuasi atau pengangkatan tidak boleh terlalu tinggi, karena ini dapat mereduksi anomali magnetik lokal yang bersumber dari benda magnetik atau struktur geologi yang menjadi target survei magnetik ini. Untuk melakukan kontinuasi ke atas, digunakan *software magpick* dan menghasilkan gambaran dengan pengangkatan ketinggian 1900 mdpl.



Gambar 4.5 Kontur anomali regional hasil kontinuasi ke atas pada ketinggian 1900 mdpl

Hasil anomali medan magnet total yang sudah diproses ke kontinuasi ke atas menghasilkan kontur anomali lokal dan menghasilkan kontur anomali regional. Dimana gambar di atas adalah peta kontur anomali regional dari hasil kontinuasi, menghasilkan nilai anomali regional yaitu 336,6 nT sampai dengan 338,5 nT.



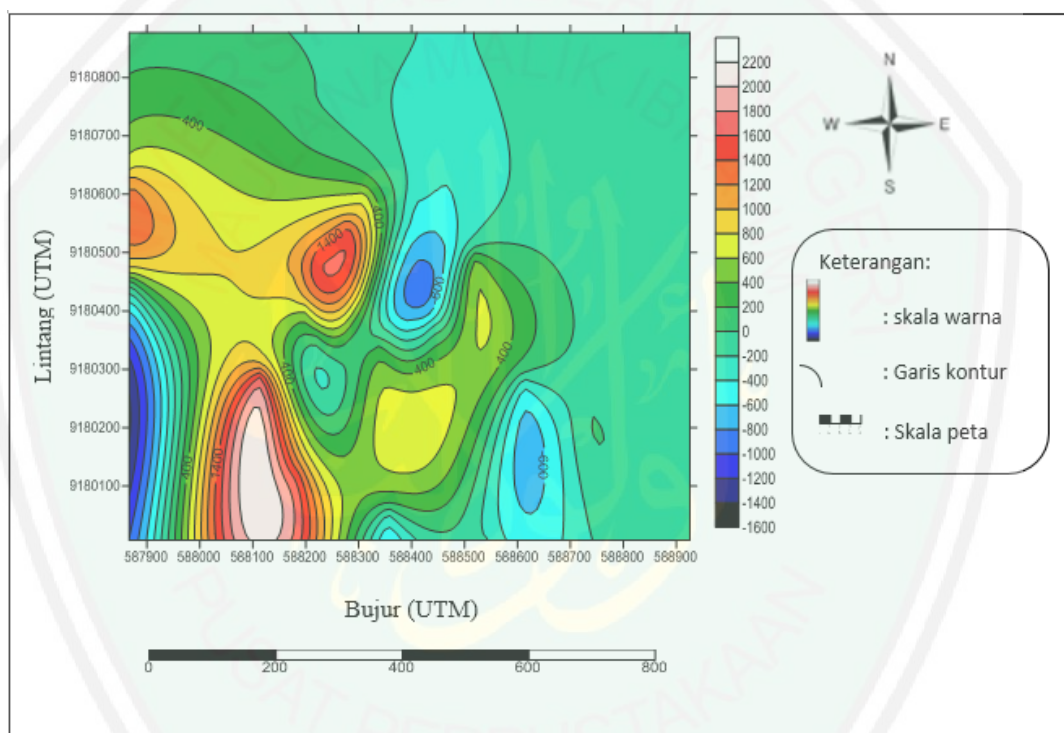
Gambar 4.6 Kontur anomali lokal hasil kontinuasi ke atas dengan ketinggian 1900 mdpl

Gambar kontur anomali lokal di atas adalah hasil dari proses kontinuasi ke atas. Dari anomali lokal ini dapat menggambarkan pola atau model lapisan batuan dan struktur yang terdapat di daerah tempat penelitian berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan. Pola anomali medan magnet lokal yang terdapat pada daerah penelitian sangat bervariasi dikarenakan ketidakseragaman batuan atau litologi yang berbeda di bawah permukaan bumi.

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

Reduksi ke kutub digunakan untuk mengubah anomali dipole (positif dan negatif) menjadi *monopole* (positif) dimana posisi benda anomali menjadi tepat di bawah klosur utama. Dimana kita ketahui deklinasi (penyimpangan terhadap arah utara-selatan geografis) dan inklinasi (penyimpangan terhadap arah horizontal

kutub utara magnet). Reduksi ke kutub dilakukan dengan cara membawa posisi benda ke kutub utara ke arah vertikal. Proses ini akan mengubah parameter medan magnet bumi pada daerah penelitian yang memiliki nilai deklinasi 0.983 dan inklinasi -31.514 dengan nilai IGRF 44668. Pada proses reduksi ke kutub ini tersebut didapatkan peta kontur sebagai berikut:



Gambar 4.7 Kontur Hasil Reduksi ke Kutub

Gambar 4.7 merupakan peta kontur anomali magnetik hasil reduksi ke kutub. Dari hasil tersebut perbedaan anomali yang sangat signifikan jika dibandingkan dengan anomali magnetik lokal sebelum di reduksi ke kutub. Dimana setelah direduksi ke kutub menunjukkan nilai kemagnetan yang lebih tinggi. Setelah dilakukan proses reduksi ke kutub didapatkan peta kontur anomali magnetik yang mengalami penguatan nilai kemagnetan.

Berdasarkan gambar 4.7 juga dapat dilihat bahwa nilai anomali magnetnya berkisar antara -1600 nT sampai 2200 nT. Hal ini berbeda dengan nilai anomali magnet sebelum dilakukan reduksi ke kutub (gambar 4.7) yang memiliki nilai antara -1000 nT sampai 900 nT. Dari kontur reduksi ke kutub di atas terlihat jelas terdapat nilai anomali magnet. Pertama yaitu nilai anomali yang terjadi di daerah yang memiliki kemagnetan rendah yang ditunjukkan ada skala warna hitam sampai biru muda. Nilai anomali yang kedua ditunjukkan pada nilai anomali yang sedang yaitu pada skala warna hijau sampai warna kuning. Sedangkan anomali tinggi berada pada skala warna merah sampai warna putih.

Reduksi ke kutub pada dasarnya merupakan proses transformasi medan magnet ke arah vertikal atau seolah-olah dilihat dari kutub utara bumi. Sehingga setelah direduksi ke kutub menunjukkan nilai kemagnetan yang lebih tinggi dan juga didapatkan peta kontur anomali magnet yang mengalami penguatan nilai kemagnetannya.

Pada anomali magnetik hasil proses reduksi ke kutub merupakan cerminan kondisi bawah permukaan yang berasal dari sifat kemagnetan batuan. Dengan kata lain pola anomali rendah dan tinggi di daerah penelitian ini berasal dari litologi yang berbeda. Bila ditinjau dari posisi titik semburan yang berada pada anomali tinggi dan rendah, merupakan patahan yang menjadi zona lemah tempat keluarnya lumpur tersebut.

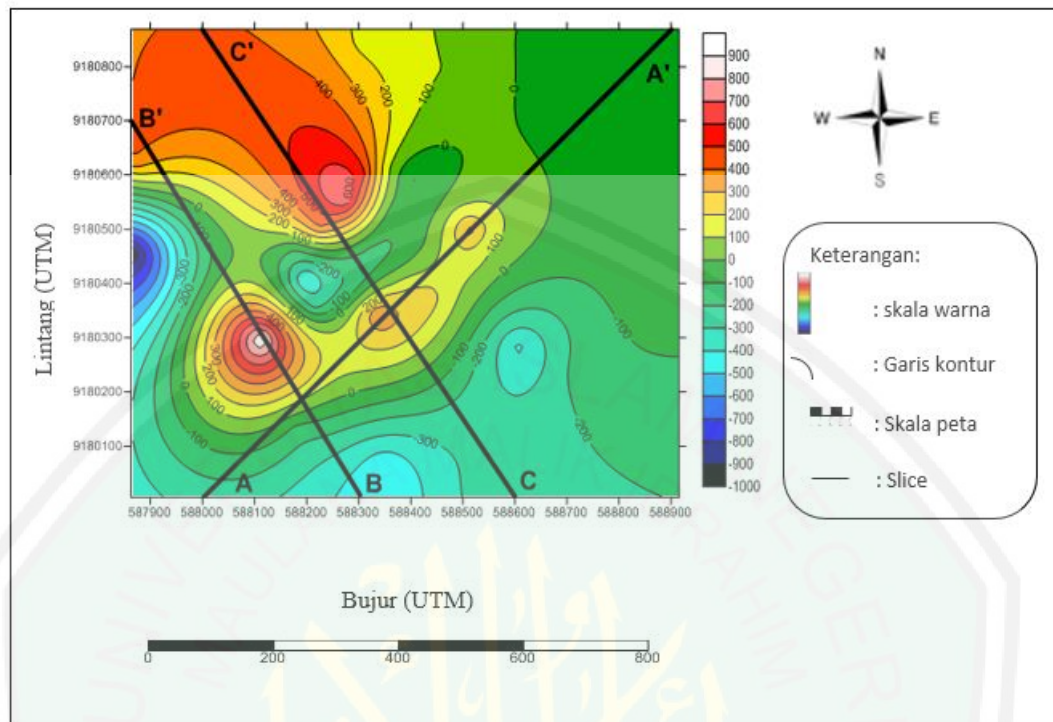
4.4 Interpretasi Kuantitatif

Interpretasi kuantitatif bertujuan untuk menentukan bentuk atau model dan kedalaman benda anomali atau struktur geologi melalui pemodelan matematis.

Prinsip kerja dari program *mag2dc* adalah menyamakan bentuk dari anomali pengamatan (yang berupa garis putus-putus) dengan anomali perhitungan (yang berupa garis tegas).

Interpretasi secara kuantitatif dilakukan berdasarkan hasil dari penafsiran secara kualitatif, sehingga dapat menentukan bagian-bagian penampang anomali yang menarik untuk memperkirakan struktur geologi bawah permukaan. Dalam interpretasi kuantitatif masih terdapat ambiguitas karena bisa saja beragam model, geometri dan kedalaman yang tidak pasti dapat dihasilkan. Untuk menghindari hal demikian supaya dalam pemodelan bisa lebih dipercaya, maka diperlukan adanya dan pendukung yang berupa data geologi daerah penelitian, data suseptibilitas batuan dan data geofisika lainnya.

Gambar 4.8 merupakan anomali lokal yang akan dipotong atau di *slice* pada lintasan AA', lintasan BB', dan lintasan CC'. Dengan menggunakan software *mag2dc*, dimana parameter inputannya adalah sudut kemiringan, kedalaman, sudut inklinasi, sudut deklinasi, dan nilai IGRF (medan magnet utama bumi). Pada daerah penelitian ini nilai inklinasi dan deklinasi berturut-turut -31.514 nT dan 0.983 nT dan nilai IGRF daerah penelitian adalah 44668 nT. Setelah itu, juga memasukkan jarak lintasan pada kolom X dan nilai anomali lokal pada kolom Y yang merupakan hasil dari pemotongan tersebut.

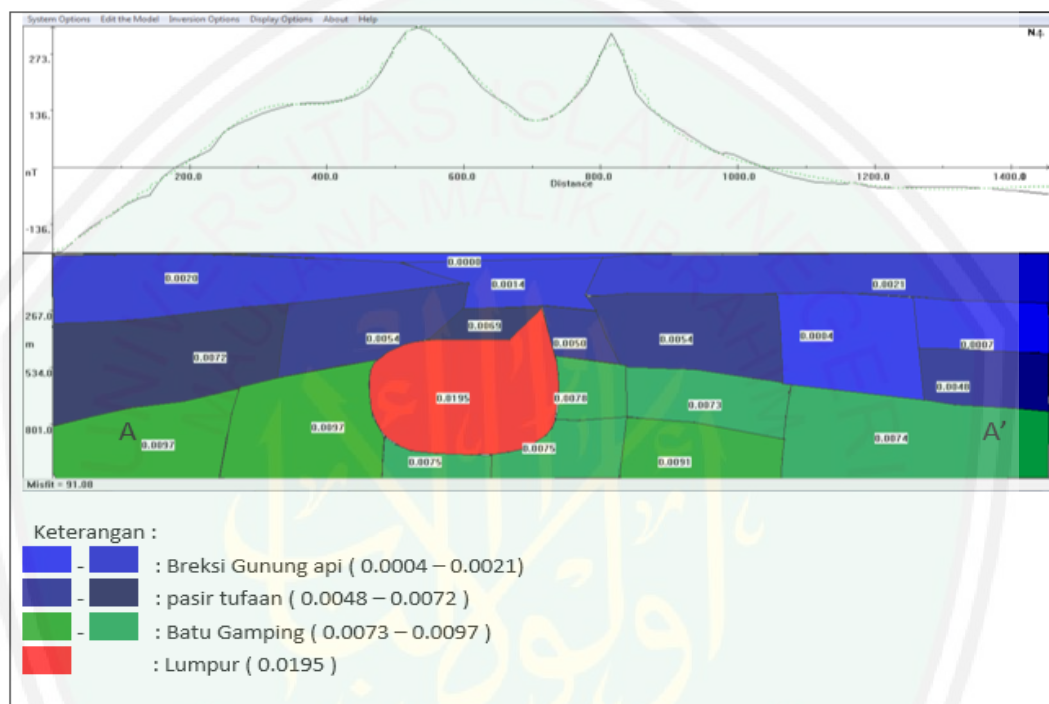


Gambar 4.8 Irisan Kontur Anomali Lokal AA', Lintasan BB', dan Lintasan CC'

Data hasil sayatan berupa (jarak lintasan dan nilai anomali) kemudian digunakan sebagai masukan ketika melakukan pemodelan. Pemodelan dilakukan dengan metode *trial and error* menggunakan software *Mag2dc*. Prinsip kerja dari *Mag2dc* adalah membuat model berdasarkan struktur batuan penyusunnya dengan memasukkan nilai suseptibilitas batuan tersebut. Model yang terbangun dilakukan dengan cara menyamakan kurva putus-putus (penampang sayatan anomali lokal) dengan kurva tegas (penampang anomali model). Dalam setiap pemodelan struktur bawah permukaan besarnya eror harus diperhatikan. Semakin kecil prosentase eror yang didapatkan, maka semakin tinggi tingkat keakuratan dari model yang dihasilkan. Dan sebaliknya, semakin besar prosentase eror yang didapatkan, maka tingkat keakuratan dari model yang dihasilkan akan semakin kecil.

4.4.1 Interpretasi Kuantitatif Lintasan A-A'

Profil model penampang vertikal pada lintasan A-A' memotong pola anomali tinggi berupa objek penelitian. Ditunjukkan oleh gambar berikut:



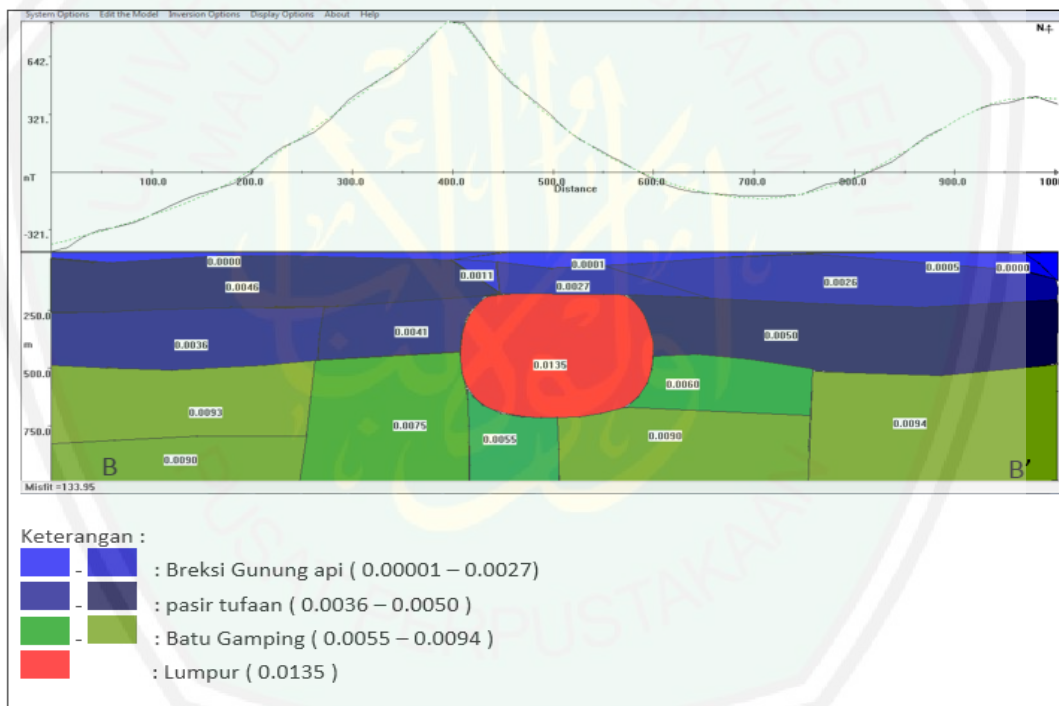
Gambar 4.9 Profil model penampang vertikal bawah permukaan lintasan A-A'

Gambar 4.9 merupakan profil model penampang vertikal bawah permukaan lintasan A-A' dengan panjang lintasan ± 1400.00 meter dari arah barat daya ke arah timur laut. Litologi lintasan A-A' terdiri atas 4 bodi yaitu bodi warna biru muda yang mempunyai nilai suseptibilitas 0.0004 – 0.0021 (satuan SI) diinterpretasikan sebagai breksi gunung api. Lapisan kedua ditunjukkan dengan warna biru tua diinterpretasikan sebagai pasir tufaan dengan nilai suseptibilitas 0.0048 – 0.0072 (satuan SI) pada kedalaman ± 300 meter. Lapisan ketiga ditunjukkan dengan warna hijau muda yang memiliki nilai suseptibilitas 0.0073 – 0.0097 (satuan SI) diinterpretasikan sebagai batu gamping dengan kedalaman ± 800 meter dari

permukaan. Lapisan keempat ditunjukkan dengan warna merah diinterpretasikan sebagai lumpur yang merupakan objek penelitian dengan nilai suseptibilitas 0.00195 (satuan SI) dengan kedalaman antara ± 300 meter.

4.4.2 Interpretasi Kuantitatif Lintasan B – B'

Profil model penampang vertikal pada lintasan B-B' memotong pola anomali tinggi berupa objek penelitian. Ditunjukkan oleh gambar berikut:



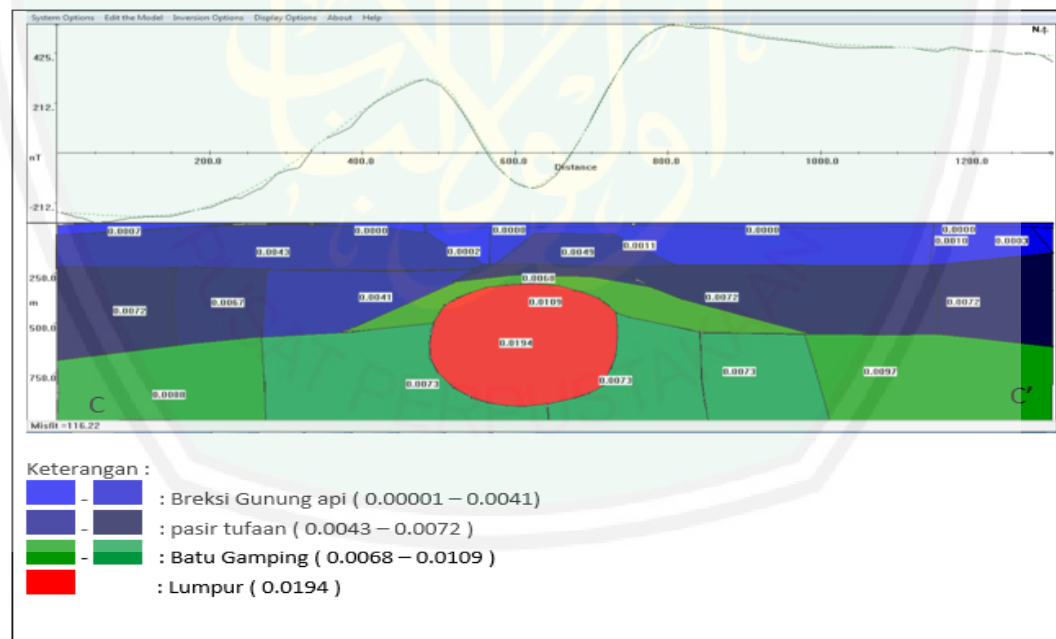
Gambar 4.10 Profil model penampang vertikal bawah permukaan lintasan B-B'

Gambar 4.10 merupakan profil model penampang vertikal bawah permukaan lintasan B-B' dengan panjang lintasan ± 1000.00 meter dari arah barat daya ke arah timur laut. Litologi lintasan B-B' terdiri atas 4 bodi yaitu bodi warna biru muda yang mempunyai nilai suseptibilitas 0.00001 – 0.0027 (satuan SI) diinterpretasikan sebagai breksi gunung api. Lapisan kedua ditunjukkan dengan warna biru tua diinterpretasikan sebagai pasir tufaan dengan nilai suseptibilitas

0.0036 – 0.0050 (satuan SI) pada kedalaman ± 400 meter. Lapisan ketiga ditunjukkan dengan warna hijau muda yang memiliki nilai suseptibilitas 0.0055–0.0094 (satuan SI) diinterpretasikan sebagai batu gamping dengan kedalaman ± 500 meter dari permukaan. Lapisan keempat ditunjukkan dengan warna merah diinterpretasikan sebagai lumpur yang merupakan objek penelitian dengan nilai suseptibilitas 0.00135 (satuan SI) dengan kedalaman antara ± 300 meter.

4.4.3 Interpretasi Kuantitatif Lintasan C – C'

Profil model penampang vertikal pada lintasan C-C' memotong pola anomali tinggi berupa objek penelitian. Ditunjukkan oleh gambar berikut:



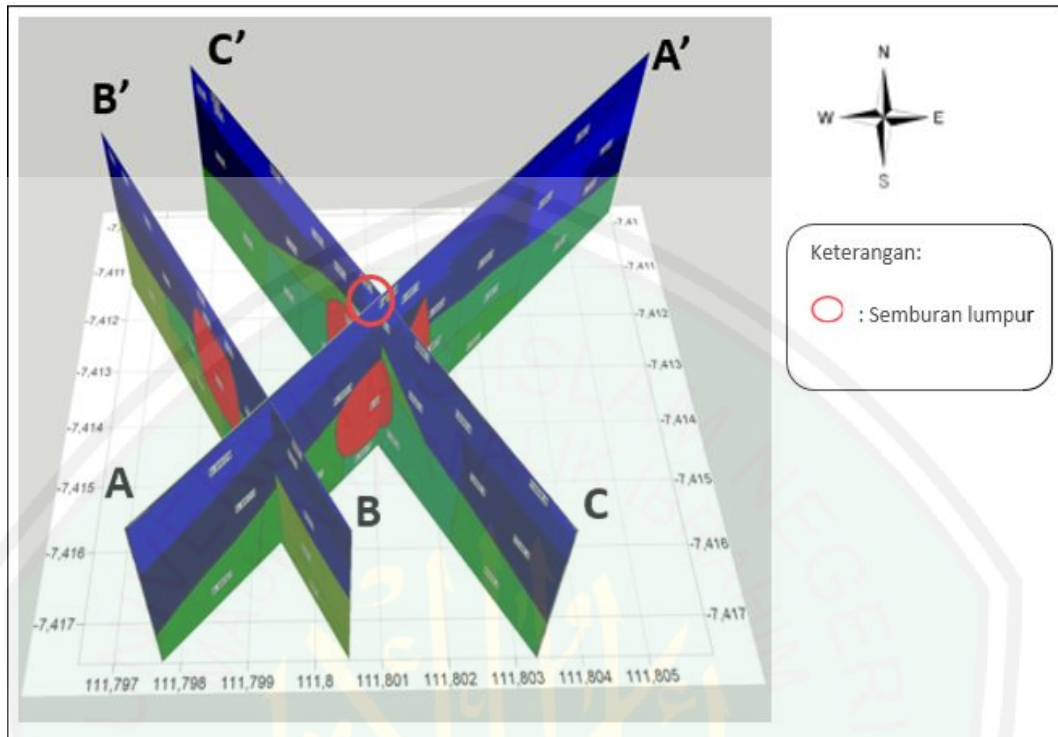
Gambar 4.11 Profil model penampang vertikal bawah permukaan lintasan C-C'

Gambar 4.11 merupakan profil model penampang vertikal bawah permukaan lintasan C-C' dengan panjang lintasan ± 1200.00 meter dari arah barat daya ke arah timur laut. Litologi lintasan C-C' terdiri atas 4 bodi yaitu bodi warna

biru muda yang mempunyai nilai suseptibilitas 0.00001 – 0.0041 (satuan SI) diinterpretasikan sebagai breksi gunung api. Lapisan kedua ditunjukkan dengan warna biru tua diinterpretasikan sebagai pasir tukaan dengan nilai suseptibilitas 0.0043 – 0.0072 (satuan SI) pada kedalaman ± 300 meter. Lapisan ketiga ditunjukkan dengan warna hijau muda yang memiliki nilai suseptibilitas 0.0068–0.00109 (satuan SI) diinterpretasikan sebagai batu gamping dengan kedalaman ± 300 meter dari permukaan. Lapisan keempat ditunjukkan dengan warna merah diinterpretasikan sebagai lumpur yang merupakan objek penelitian dengan nilai suseptibilitas 0.00194 (satuan SI) dengan kedalaman antara ± 300 meter.

4.4.4 Model Penampang 3 Dimensi Lintasan AA', BB' dan CC'

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



Gambar 4.12 Model 3D Penampang Lintasan A-A', B-B' dan C-C'

Hasil pemodelan bawah permukaan 3D memberikan gambaran struktur bawah permukaan yang lebih nyata dan jelas. Berdasarkan pada pemodelan ini terlihat bahwa kantong lumpur di daerah penelitian rata-rata terletak pada kedalaman ± 300 meter yang digambarkan dengan kontur warna merah dengan nilai anomali magnetik tinggi yang berada di atas sebaran batu gamping (kontur warna hijau).

Slice A-A' berada pada arah barat daya menuju timur laut melewati kantong lumpur. Slice A-A' ini letaknya memotong slice B-B' dan C-C'. Arah lintasan slice B-B' sejajar dengan slice C-C', yakni dari arah selatan menuju barat laut. Dimana lintasan slice B-B' terletak di barat daya sumber, sedangkan slice C-C' letaknya melewati sumber.

Pada slice A-A' kantong lumpur ditemukan tepat dibawah semburan lumpur, yakni pada koordinat $-7,414^{\circ}\text{LS}$ dan $111,801^{\circ}\text{BT}$ dimana koordinat tersebut terletak tepat pada perpotongan antara slice A-A' dan C-C'. Sedangkan pada slice B-B' ditemukan kantong lumpur pada koordinat $-7,414^{\circ}\text{LS}$ dan $111,798^{\circ}\text{BT}$ yang terletak di barat daya semburan lumpur. Dilihat dari penampang 3D arah sebaran lumpur pada daerah penelitian berasal dari pusat semburan lumpur ke arah barat daya.

Dilihat dari hasil penelitian tergambar beberapa lapisan batuan penyusun struktur bawah permukaan daerah penelitian. Macam-macam batuan tersebut meliputi batu gamping, pasir tufan dan lain sebagainya. Sesuai dengan firman Allah SWT dalam Surat (Fathir [35]: 27):

أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ ثَمَرَاتٍ مُخْتَلِفًا أَلْوَانُهَا وَمِنَ الْجِبَالِ جُدَدٌ بَيضٌ وَحُمْرٌ مُخْتَلِفٌ أَلْوَانُهَا وَغَرَابِيبُ سُودٌ (٢٧)

“Tidakkah engkau melihat bahwa Allah menurunkan air dari langit lalu dengan air itu kami hasilkan buah-buahan yang beraneka macam jenisnya. Dan di antara gunung-gunung itu ada garis-garis putih dan merah yang beraneka macam warnanya dan ada (pula) yang hitam pekat.” (Q.S. Fathir [35]:27).

Dalam surat fathir (35): 27 pada lafadz yang artinya “Dan diantara gunung-gunung itu ada garis-garis putih dan merah yang beraneka macam warnanya dan ada (pula) yang hitam pekat”. Ayat tersebut menjelaskan tentang salah satu struktur lapisan dari ketujuh lapisan bumi. Lapisan-lapisan tersebut tersusun dengan membentuk seperti garis-garis. Struktur lapisan bumi yang membentuk garis-garis warna tersebut disebabkan karena adanya perbedaan materi-materi yang dikandung oleh bebatuan lapisan. Seperti hasil penelitian dimana warna biru, hijau dan merah ini menunjukkan perlapisan batuan yang ada di bawah permukaan bumi.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian geomagnetik dapat disimpulkan beberapa hal terkait dengan semburan lumpur di Desa Jari Kecamatan Gondang Kabupaten Bojonegoro sebagai berikut:

1. Interpretasi dilakukan secara kualitatif dan secara kuantitatif. Berdasarkan hasil dari interpretasi secara kualitatif yang mengacu pada kontur anomali lokal menghasilkan nilai -1000 nT sampai 900 nT. Berdasarkan hasil anomali rendah berkisar antara -1000 nT sampai -200 nT, sedangkan anomali sedang yaitu -100 nT sampai 300 nT, dan anomali tinggi yaitu 400 nT sampai 900 nT. Dengan menggabungkan hasil analisa kontur anomali lokal dan hasil reduksi ke kutub diduga bahwa kantong lumpur terletak pada kedalaman antara ± 300 meter.
2. Berdasarkan hasil interpretasi secara kuantitatif pada lintasan A-A', B-B', dan C-C' terdapat beberapa batuan yaitu breksi gunung api dengan nilai suseptibilitas (0.0004 – 0.0021), pasir tufan (0.0048-0.0072), batu gamping (0.0073-0.0097) dan lumpur (0.0195).

5.2 Saran

Dalam penelitian geomagnetik ini banyak kekurangannya, diantaranya dalam pengambilan data lapangan memperoleh nilai medan magnet yang kecil dan terjadi error yang besar. Alangkah lebih baiknya dilakukan penelitian ulang

dan dengan memperluas lagi area pengambilan datanya untuk memperkuat data geofisika yang sudah ada.



DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadi, Abu. 1998. *Psikologi Umum*. Jakarta: Aneka Cipta Al-Qur'an.
- Departemen Agama RI. 1989. *Al-Qur'an Al karim*. Semarang: Toha Putera.
- Blakely, Richard J. 1995. *Potensial Theory In Gravity And Magnetic Apllication*. New Jersey: Cambridge University Press.
- Burger, Henry Robert. 1992. *Exploration Geophysic of the Shallow Subsurface*. New Jersey: Prentice Hall.
- Dimitrov, L.I, Woodside, J.M 2001. *Mud Volcanoes The Most Important Pathway for Degassing Deeply Buried Sediments*. Mar: Geol (in press).
- Kalinko, M. 1964. *Mud Volcanoes, Their Distribution Regularities and Fading*. VNIGRI, v. 40, p. 30-54 (in Russian).
- Koesoemadinata, R. 2006. *Masalah Pembuangan Lumpur Lapindo Brantas*. www.Rovicky.wordpress.com. Diakses tanggal 3 januari 2007.
- Kurniati, Asih, Kharisma N, Aulia. 2008. *Buku Panduan Workshop Geofisika*. Malang: Laboratorium Geofisika Jurusan Fisika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya.
- Mazini, A., Svensen, H., Akhmanov, G., Istadi, B.2007. *triggering and Dynamic Evolution of LUSI Mud Volcano*. Indonesia: Earth Planet. Sci. Lett. Vol.261, h.375-388.
- Mazini, A, akhmanov. 2009. *Mud Volcanism, Processes and Implication*. Journal of Marine and Petroleum.
- Milkov, A. V. 2000. *Worldwide Distribution of Submarine Mud Volcanoes and Associated Gas Hydrates*. Marine Geology, 29-42.
- Milsom, John. 2003. *Field Geophysics*, 3rd Edotion, England: John willey and Sons Ltd.
- Munadi, Suprajitno. 2001. *Instrumentasi Geofisika. Program Studi Geofisika*. Depok: Jurusan Fisika FMIP, Universitas Indonesia.
- Pringgoprawiro dan Sukido. 1992. *Peta Geologi Lembar Bojonegoro*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.

- Reynolds, J, M. 1997. *Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. New York: John Wiley Inc.
- Rubiandini, R, S. 2006. *Pembelajaran dari Erupsi Lumpur Di Sekitar Lokasi Sumur Banjarpanji*. Jakarta: Ikatan Ahli Geologi (IAGI).
- Sampurno, Joko. 2011. *Pendugaan Potensi Bijih Besi Di Desa Bulik Kecamatan Nanga Bulik Kab. Lamandau Kalimantan Tengah Dengan Metode Geomagnet*. Jurnal Positron, Vol.1.
- Sarkowi, Muh. 2010. *Buku Ajar Pengantar Teknik Geofisika*. Lampung: Universitas Lampung.
- Setiadi, I. Darmawan, A. 2016. *Investigation of Subsurface Geological Structure in Sidoarjo Mud Vulcano Affected Area Based on Geomagnetik Data Analysis*. Bandung: ITB.
- Sharma, P. 1997. *Enviromental and Engineering Geophysic*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Sudarmaji, E. V. Budiadi. 2005. *Pengukuran Medan Magnetik Total Daerah Gedong Songo dan Bawean, Ambarawa, Semarang, Jawa Tengah*. Jurnal Fisika Indonesia no. 27 Volume IX Edisi Agustus 2000.
- Telford, W. N, Gerdart, L. P, Sheriff, R. E, Keys, D. A. 1990. *Applied Geophysics*. New York: Cambridge University Press.
- Telford, M. W, Gerdart, L. P, Sheriff, R. E, Keys, D. A. 1993. *Applied Geophysics*. USA: Cambridge University Press.
- Untung, Mohammad. 2001. *Dasar-Dasar Magnet Dan Gaya Berat Serta Beberapa Penerapan*. Indonesia: Himpunan Mahasiswa Geofisika Indonesia.
- Van Bemmelen, R. W. 1949. *The Geology of Indonesia*. Nederland: Martinus Nyhoff & The Haque.
- Zaenudin, A. Badri, I. Padmawidjaja, T. Humaidah, H. Dan Sutaningsih, N. E. 2010. *Fenomena Geologi Semburan Lumpur Sidoarjo*. Bandung: Badan Geologi, K-ESDM.



LAMPIRAN

LAMPIRAN

Lampiran 1

Data Hasil Penelitian Geomagnetik

a. Hari Pertama (Sabtu, 17 Agustus 2017)

no	waktu					long	lat	x (UTM)	y (UTM)	tinggi
	tanggal	jam	menit	detik	sekon					
	19-Agu-17	7	20	15	26415	111,8085	-7,40978			218
1		7	40	15	27615	111,8014	-7,41381	588406,162	9180418,918	313
2		7	50	20	28220	111,8014	-7,41397	588409,1968	9180400,486	319
3		8	0	0	28800	111,8013	-7,41408	588399,9815	9180388,218	316
4		8	3	10	28990	111,801	-7,41397	588363,2091	9180400,569	308
5		8	7	15	29235	111,8009	-7,41406	588353,9994	9180391,372	313
6		8	10	35	29435	111,8009	-7,41414	588353,9828	9180382,159	316
7		8	12	30	29550	111,8009	-7,41422	588357,0342	9180372,94	319
8		8	15	40	29740	111,8008	-7,41422	588344,773	9180372,963	320
9		8	17	15	29835	111,8008	-7,41411	588338,6591	9180385,258	320
10		8	20	35	30035	111,8008	-7,41406	588344,8063	9180391,389	317
11		8	23	5	30185	111,8008	-7,41394	588347,8854	9180403,668	314
12		8	25	15	30315	111,8008	-7,41386	588347,9021	9180412,881	316
13		8	29	10	30550	111,8009	-7,41375	588350,9923	9180425,16	314
14		8	30	30	30630	111,8009	-7,41367	588357,145	9180434,362	314
15		8	32	25	30745	111,801	-7,41358	588363,2867	9180443,564	309
16		8	35	20	30920	111,8011	-7,41356	588372,4964	9180446,619	310
17		8	36	30	30990	111,8011	-7,41347	588378,6381	9180455,821	306
18		8	40	45	31245	111,8011	-7,41342	588381,7172	9180461,958	306
19		8	44	30	31470	111,8013	-7,41344	588400,109	9180458,854	306
20		8	45	50	31550	111,8014	-7,4135	588409,291	9180452,695	308

no	waktu					long	lat	x (UTM)	y (UTM)	tinggi
	tanggal	jam	menit	detik	sekon					
21		8	49	10	31750	111,8014	-7,41358	588412,3425	9180443,476	308
22		8	50	50	31850	111,8014	-7,41367	588415,3829	9180434,257	309
23		8	53	15	31995	111,8015	-7,41372	588418,4398	9180428,109	310
24		8	58	35	32315	111,8015	-7,41381	588421,4913	9180418,891	315
25		8	2	50	28970	111,8015	-7,41389	588424,5427	9180409,672	320
26		9	5	40	32740	111,8015	-7,41394	588424,5316	9180403,53	321
27		9	5	40	32740	111,8014	-7,41397	588409,1968	9180400,486	323
28		10	0	0	36000	111,8007	-7,41233	588332,8774	9180581,819	309
29		10	15	30	36930	111,8009	-7,41272	588360,3904	9180538,774	296
30		10	20		37200	111,8009	-7,41294	588354,221	9180514,216	304
31		10	21	5	37265	111,8008	-7,41317	588344,9835	9180489,664	306
32		10	23	35	37415	111,8006	-7,41344	588326,5308	9180458,986	307
33		10	24	50	37490	111,8006	-7,41367	588317,2934	9180434,434	308
34		10	25	10	37510	111,8004	-7,41389	588295,7838	9180409,904	312
35		10	32	10	37930	111,8003	-7,41411	588286,5464	9180385,352	319
36		10	35	45	38145	111,8002	-7,41439	588280,3549	9180354,652	325
37		10	30	5	37805	111,8005	-7,4145	588307,9231	9180342,318	325
38		10	40	35	38435	111,8007	-7,41447	588335,519	9180345,339	332
39		11	0		39600	111,8012	-7,41275	588384,9183	9180535,659	299
40		11	3	35	39815	111,8013	-7,41297	588403,2602	9180511,057	300
41		11	5	15	39915	111,8014	-7,41322	588409,3465	9180483,406	299
42		11	13	58	40438	111,8016	-7,41331	588433,8522	9180474,148	295
43		11	11	15	40275	111,8015	-7,41356	588421,5411	9180446,53	302
44		11	35	15	41715	111,8017	-7,41372	588439,9052	9180428,071	317
45		11	40	20	42020	111,8018	-7,414	588449,0429	9180397,343	330
46		11	50	10	42610	111,8016	-7,41417	588433,6804	9180378,944	334
47		13	5	45	47145	111,7998	-7,41478	588237,3579	9180311,734	339
48		13	8	45	47325	111,7996	-7,41433	588215,9921	9180360,91	342
49		13	11	0	47460	111,7994	-7,41392	588194,6097	9180407,015	347
50		13	15	15	47715	111,7993	-7,41342	588176,323	9180462,328	358
51		13	21	30	48090	111,7997	-7,41303	588222,3771	9180505,24	350
52		13	24	5	48245	111,8002	-7,41261	588274,5804	9180551,213	332
53		13	31	6	48666	111,8004	-7,41214	588305,3256	9180603,366	311
54		13	30	15	48615	111,8009	-7,41203	588354,4037	9180615,562	314
55		13	40	6	49206	111,8013	-7,41222	588400,3528	9180593,982	308
56		13	43	8	49388	111,8017	-7,41261	588443,184	9180550,909	300
57		13	51	2	49862	111,8019	-7,41289	588464,5939	9180520,159	312
58		13	55	10	50110	111,8023	-7,41256	588507,5803	9180556,935	301
59		13	59	20	50360	111,8025	-7,41275	588535,1319	9180535,387	317
60		14	4	35	50675	111,8023	-7,41308	588513,5999	9180498,573	427
61		14	44	20	53060	111,8026	-7,41336	588547,271	9180467,801	336
		16	15	35	58535	111,8085	-7,40978			218

no	ppm	ket	koreksi harian	IGRF	ANOMALI MEDAN MAGNET
	45878,64	base	0	44668	1210,64
1	45094,76	ring 1	-1,22988792	44668	427,9898879
2	45188,72		-1,849956413	44668	522,5699564
3	45231		-2,444402242	44668	565,4444022
4	45134,12		-2,639134496	44668	468,7591345
5	45122,5		-2,890236613	44668	457,3902366
6	45266,84		-3,095217933	44668	601,9352179
7	45391,78		-3,213082192	44668	726,9930822
8	45368		-3,407814446	44668	703,4078144
9	45143,16		-3,505180573	44668	478,6651806
10	45120,6		-3,710161893	44668	456,3101619
11	45074,24		-3,863897883	44668	410,1038979
12	44827,08		-3,997135741	44668	163,0771357
13	44897,56		-4,237988792	44668	233,7979888
14	44814,6		-4,31998132	44668	150,9199813
15	44810,72		-4,437845579	44668	147,1578456
16	44757,44		-4,617204234	44668	94,05720423
17	44786,96		-4,688947696	44668	123,6489477
18	44807,48		-4,950298879	44668	144,4302989
19	44866,68		-5,180902864	44668	203,8609029
20	44911,32		-5,262895392	44668	248,5828954

no	ppm	ket	koreksi harian	IGRF	ANOMALI MEDAN MAGNET
21	44967,56		-5,467876712	44668	305,0278767
22	45024,56		-5,570367372	44668	362,1303674
23	45084		-5,718978829	44668	421,7189788
24	45156,92		-6,046948941	44668	494,9669489
25	45220,12		-2,618636364	44668	554,7386364
26	45193,12		-6,482534247	44668	531,6025342
27	45178,92		-6,482534247	44668	517,4025342
28	45539,84	end ring 1	-9,823729763	44668	881,6637298
29	44794,55	ring 2	-10,7768929	44668	137,3268929
30	44726,48		-11,05361768	44668	69,53361768
31	44781,28		-11,12023661	44668	124,4002366
32	44817		-11,2739726	44668	160,2739726
33	44905,92		-11,3508406	44668	249,2708406
34	44896,16		-11,37133873	44668	239,5313387
35	44858,08		-11,8017995	44668	201,8817995
36	45053,36		-12,02215442	44668	397,3821544
37	45396,72		-11,67368618	44668	740,3936862
38	45282,44		-12,31937733	44668	626,7593773
39	44729,1		-13,51339352	44668	74,61339352
40	44953,24		-13,73374844	44668	298,9737484
41	45002,88		-13,8362391	44668	348,7162391
42	45036,96		-14,37226526	44668	383,3322653
43	45221,8		-14,20520548	44668	568,0052055
44	45406,92		-15,68107098	44668	754,601071
45	45390,4	end ring 2	-15,9936675	44668	738,3936675
46	44639,76	ring 3	-16,59836239	44668	-11,64163761
47	44325,03		-21,24631382	44668	-321,7286862
48	45258,56		-21,43079701	44668	611,990797
49	44827,72		-21,5691594	44668	181,2891594
50	44788,64		-21,83051059	44668	142,4705106
51	45201,84		-22,21485056	44668	556,0548506
52	45755,24		-22,37371108	44668	1109,613711
53	45519,44		-22,80519676	44668	874,2451968
54	45065,36		-22,75292653	44668	420,1129265
55	44913,24		-23,35864633	44668	268,5986463
56	45062,04		-23,54517933	44668	417,5851793
57	45115,32		-24,03098506	44668	471,3509851
58	45081,64		-24,28516189	44668	437,9251619
59	45083,44		-24,54138854	44668	439,9813885
60	45131,72		-24,86423412	44668	488,5842341
61	45010,28		-27,30863636	44668	369,5886364
	45845,72	base	-32,92	44668	1210,64

b. Hari kedua (Minggu, 20 Agustus 2017)

no	waktu					long	lat	x (UTM)	y (UTM)	tinggi
	tanggal	jam	menit	detik	sekon					
	20-Agu-17	7	11	12	25872	111,8085	-7,40978			218
62		7	22	40	26560	111,806	-7,41269	588915,2739	9180540,841	277
63		7	36	3	27363	111,8053	-7,41419	588844,4628	9180375,13	282
64		7	45	50	27950	111,8043	-7,41547	588730,7882	9180234,065	268
65		7	51	51	28311	111,8032	-7,41503	588605,1866	9180283,43	315
66		7	58	25	28705	111,8025	-7,41753	588534,177	9180007,159	343
67		8	8	16	29296	111,8009	-7,41703	588350,3385	9180062,771	364
68		8	15	25	29725	111,7993	-7,41642	588181,8509	9180130,639	364
69		8	20	20	30020	111,7987	-7,41492	588111,6397	9180296,605	357
70		8	40	5	31205	111,7965	-7,41347	587866,6813	9180456,742	296
71		9	3	35	32615	111,7965	-7,41192	587866,9898	9180628,723	275
72		9	45	3	35103	111,7997	-7,41058	588219,8067	9180775,502	285
73		9	56	19	35779	111,8004	-7,40994	588305,7629	9180845,983	280
74		10	6	11	36371	111,8018	-7,41039	588458,9568	9180796,569	295
75		10	19	13	37153	111,8034	-7,40975	588627,6965	9180866,899	291
76		10	49	35	38975	111,8051	-7,41147	588814,361	9180676,153	251
		11	3	35	39815	111,8085	-7,40978			218

no	ppm	ket	koreksi harian	IGRF	ANOMALI MEDAN MAGNET
	45895,32	base	0	44668	1227,32
62	45046,96	ring 4	-1,223725167	44668	380,1837252
63	45033,24		-2,651997418	44668	367,8919974
64	44989,76		-3,696076884	44668	325,4560769
65	44536,12		-4,338176863	44668	-127,5418231
66	44728,04		-5,038972961	44668	65,07897296
67	44674,2		-6,090167109	44668	12,29016711
68	44961,16		-6,853216668	44668	300,0132167
69	45649,48		-7,377924407	44668	988,8579244
70	43490		-9,485648713	44668	-1168,514351
71	46020		-11,99357384	44668	1363,993574
72	45519,16		-16,41890554	44668	867,5789055
73	45272,16		-17,62128667	44668	621,7812867
74	45156		-18,67425949	44668	506,6742595
75	45033		-20,06517966	44668	385,0651797
76	45147,44	end ring 4	-23,30591695	44668	502,7459169
	45870,52	base	-24,8	44668	1227,32

Lampiran 2

Gambar Pengambilan Data Geomagnetik





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

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

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : **Neny Avunda**
NIM : **13640016**
Fakultas/ Jurusan : **Sains dan Teknologi/ Fisika**
Judul Skripsi : **Identifikasi Kantong Lumpur Menggunakan Metode Geomagnetik (Studi Kasus Desa Jari Kecamatan Gondang Kabupaten Bojonegoro)**
Pembimbing I : **Irjan, M.Si**
Pembimbing II : **Umayyatus Syarifah, M.A**

No	Tanggal	HAL	Tanda Tangan
1	4 September 2017	Konsultasi Bab I dan II	
2	20 September 2017	Konsultasi Bab I, II dan III	
3	8 Januari 2018	Konsultasi Data	
4	25 April 2018	Konsultasi Agama	
5	3 April 2018	Konsultasi Bab IV dan Bab V	
6	27 April 2018	Konsultasi Agama	
7	28 April 2018	Konsultasi Semua Bab, Abstrak dan Acc	
8	29 Mei 2018	Konsultasi Agama dan Acc	

Malang, 06 Juli 2018
Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika,

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