



TUGAS AKHIR – SF184801

**IDENTIFIKASI SESAR GRINDULU SEGMENT
ARJOSARI DAN KOTA PACITAN DENGAN
MENGUNAKAN ANALISA GRADIEN
HORIZONTAL DATA MAGNETIK**

Nurul Mufidah
NRP 0111164000056

Dosen Pembimbing:
Dr. Sungkono

Departemen Fisika
Fakultas Sains dan Analitik Data
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL PROJECT – SF184801

**IDENTIFICATION OF GRINDULU FAULT DISCRIT
ARJOSARI AND PACITAN USING HORIZONTAL
DERIVATIVE ANALYSIS OF MAGNETIC DATA**

Nurul Mufidah
NRP 01111640000056

Advisor:
Dr. Sungkono

Physics Department
Faculty of Science and Data Analytic
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

IDENTIFIKASI SESAR GRINDULU SEGMENT ARJOSARI DAN KOTA PACITAN DENGAN MENGUNAKAN ANALISA GRADIEN HORIZONTAL DATA MAGNETIK

Disusun untuk memenuhi syarat kelulusan mata kuliah Tugas
Akhir Program Strata 1

Departemen Fisika
Fakultas Sains dan Analitik Data
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:
Nurul Mufidah
NRP 0111164000056



Disetujui oleh pembimbing Tugas Akhir
Dosen Pembimbing

Dr. Sungkono
NIP. 19850702 201404.1.002

Surabaya, 26 Agustus 2020

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

IDENTIFIKASI SESAR GRINDULU SEGMENTAR ARJOSARI DAN KOTA PACITAN DENGAN MENGUNAKAN ANALISA GRADIEN HORIZONTAL DATA MAGNETIK

Nama : Nurul Mufidah
NRP : 0111164000056
Departemen : Fisika
Pembimbing : Dr. Sungkono

Abstrak

Indonesia secara geologi terletak pada pertemuan 3 lempeng tektonik. Hasil dari aktivitas tumbukan lempeng adalah terbentuknya sesar. Salah satu sesar utama di Pulau Jawa adalah Sesar Grindulu. Identifikasi posisi sesar secara umum dapat dilakukan menggunakan metode magnetik dengan analisa horisontal gradien untuk memperjelas posisi anomali. Pengukuran data di lapangan dilakukan terhadap 5 lintasan. Pada data awal yang diperoleh, dilakukan koreksi variasi harian dan koreksi IGRF untuk memperoleh anomaly medan magnet total. Kemudian dilakukan pemisahan anomaly lokal dan regional dengan proses kontinuitas ke atas. Selanjutnya dilakukan proses reduksi ke kutub. Untuk memperjelas posisi anomaly, dilakukan proses gradien horizontal. Berdasarkan hasil analisa gradien horizontal, diketahui bahwa gradien horisontal total dan gradien horisontal dengan sudut 32° dapat mengidentifikasi posisi Sesar Grindulu secara tepat, yakni Sesar Grindulu memiliki arah barat daya–timur laut.

Kata kunci : Grindulu, Metode Magnetik, Sesar

IDENTIFICATION OF GRINDULU FAULT DISCRIT ARJOSARI AND PACITAN USING HORIZONTAL DERIVATIVE ANALYSIS OF MAGNETIC DATA

Name : Nurul Mufidah
NRP : 01111640000056
Department : Physics
Advisor I : Dr. Sungkono

Abstract

Indonesia is geologically located between 3 tectonic plates. If two tectonic plates collide, they will form faults. One of the faults in Java is called Grindulu Fault. Identification of fault position can be generally carried out by using a magnetic method with horizontal gradient analysis to clarify the position of anomaly. Field data acquisition was carried out on five tracks. It results the initial data which is needed to obtain the total magnetic field anomaly. It can be done by performing several process, those are diurnal correction and IGRF correction toward the intial data, the separation of local and regional anomalies with an upward continuation proces, and the process of reduction to the poles. The position of anomaly can be clarified by perfoming a horizontal derivative process. According to the horizontal derivative analysis, it is known that total horizontal derivative and directional gradient 32° identify the exact position of Grindulu Fault from southwest to northeast.

Key words : *Fault, Grindulu, Magnetic Method*

KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, penulis panjatkan puja dan puji syukur atas kehadiran-Nya, yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan inayah-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul:

"IDENTIFIKASI SESAR GRINDULU SEGMENTARJOSARI DAN KOTA PACITAN DENGAN MENGGUNAKAN ANALISA GRADIEN HORIZONTAL DATA MAGNETIK"

Penulis mempersembahkan laporan tugas akhir ini kepada Indonesia khususnya di bidang mitigasi bencana. Penulisan laporan tugas akhir ini telah penulis susun dengan maksimal dan mendapat bantuan dari berbagai pihak sehingga dapat memperlancar pembuatan laporan tugas akhir ini. Untuk itu penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu, baik dalam dukungan moril, materil dan pengertiannya dalam pembuatan tugas akhir ini:

1. Keluarga yang selalu mendukung Penulis apapun keadaannya, terutama untuk almarhum Ayah Saya.
2. Bapak Sungkono selaku dosen pembimbing dalam tugas akhir ini
3. Bu Ani dan keluarga yang telah memberikan tempat untuk Penulis singgah selama pengambilan data
4. Eden, Mbak Latifah, Mas Surya dan Pak Arif yang membersamai Penulis selama pengambilan data di Pacitan
5. Teman-teman seperjuangan Ayulia, Shagita, Febri, Devi, Rima, Syabania, Mega, Nandika, Hana, Fina dan Cici yang senantiasa mendengar curahan hati Penulis

6. Teman-teman Geofisika 2016, Mas Bram dan Pak Kis yang mendukung, membantu serta memberikan pemahaman materi kepada Penulis
7. Kawan-kawan Sirius 2016 yang selalu mengembalikan *mood* Penulis karena tingkah lucunya
8. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari atas keterbatasan ilmu pengetahuan dan kemampuan yang dimiliki, oleh karena itu penulis akan menerima kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan penulisan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak, baik dibidang penelitian maupun lainnya.

Surabaya, 26 Agustus 2020

Penulis

nurulmufidah231298@gmail.com

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
COVER PAGE.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
Abstrak.....	vii
Abstract.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan.....	2
1.4. Manfaat.....	3
1.5. Batasan Masalah.....	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Geologi Daerah Penelitian.....	5
2.2. Sesar.....	7
2.3. Metode Magnetik.....	10
2.4. Medan Magnet Bumi.....	12
2.5. Koreksi Data Magnetik.....	13
2.6. Transformasi Medan Magnetik.....	14
2.7. Gradien Horisontal.....	17

BAB III METODOLOGI	19
3.1. Waktu dan Lokasi Penelitian.....	19
3.2. Peralatan dan Bahan	19
3.3. Tahapan Penelitian	20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	27
4.1. Anomali Medan Magnet Total	27
4.2. Pemisahan Anomali Lokal dan Regional	28
4.3. Reduksi ke Kutub	30
4.4. Gradien Horisontal	32
BAB V KESIMPULAN	35
DAFTAR PUSTAKA.....	37
LAMPIRAN	41
BIODATA PENULIS.....	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Peta Geologi Lembar Pacitan	7
Gambar 2.2. Sesar Normal/Turun	9
Gambar 2.3. Sesar Naik.....	9
Gambar 2.4. Sesar Geser	10
Gambar 2.5. Kontinuasi ke Atas dari permukaan horizontal	15
Gambar 3.1. Magnetometer.....	19
Gambar 3.2. GPS (kiri) dan Stopwatch (kanan).....	20
Gambar 3.3. Diagram Alir Penelitian.....	21
Gambar 3.4. Diagram Alir Pengolahan Data.....	21
Gambar 3.5. Desain Pengukuran	22
Gambar 3.6. Titik-Titik Pengukuran	23
Gambar 4.1 Anomali medan magnet total.....	27
Gambar 4.2 Anomali regional dari ketinggian 500 m.....	29
Gambar 4.3 Anomali lokal dari ketinggian 500 m.....	30
Gambar 4.4 RTP anomali regional.....	31
Gambar 4.6. Korelasi Gradien horisontal total dengan peta geologi.....	33
Gambar 4.7 Korelasi gradien horisontal dengan sudut 32° dengan Peta Geologi.....	34

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

No table of contents entries found.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia secara geografis merupakan negara kepulauan yang terletak pada pertemuan 3 lempeng tektonik, yaitu: Lempeng Indo-Australia di bagian selatan meliputi wilayah lepas pantai Nusa Tenggara dan Jawa, Lempeng Eurasia di bagian utara Indonesia meliputi daerah Sumatera dan kepulauan sekitarnya, serta Lempeng Pasifik terletak di sebelah timur Indonesia meliputi bagian utara Irian dan Maluku Utara (Hamilton, 1979).

Salah satu hasil dari aktivitas tumbukan lempeng adalah terbentuknya sesar utama dengan ciri-ciri ukurannya bersifat regional serta kedudukannya yang sejajar dengan jalur subduksinya. Pola sesar utama di Pulau Jawa berarah barat-timur sejajar dengan jalur subduksi tersier, sedangkan pola strukturnya berarah timur laut-barat daya sejajar dengan jalur subduksi kapur (Haryanto, 2015). Tektonik regional di wilayah Jawa dikontrol oleh tektonik tunjaman selatan Jawa. Akibat dari tunjaman tersebut, terbentuk struktur-struktur geologi regional di wilayah daratan Jawa. Struktur tersebut dapat diamati di daratan Jawa bagian barat hingga Jawa bagian timur, di antaranya Sesar Banten, Sesar Cimandiri, Sesar Opak, Sesar Grindulu, Sesar Wonogiri, dan Sesar Pasuruan (Soehaimi, 2008).

Sesar Grindulu terletak di Kabupaten Pacitan dan masih belum dikategorikan sebagai sesar aktif yang berpotensi menimbulkan bencana geologi di Jawa Timur. Pada faktanya, Sesar Grindulu menunjukkan tanda-tanda aktif pada tanggal 10 Januari 2014, terjadi gerakan tanah disertai suara gemuruh di Kecamatan Arjosari, Kabupaten Pacitan (BAPPEDA JATIM, 2011). Bukti lain yaitu pada tanggal 7 Nopember 2019, Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) mengumumkan terjadi gempa lokal dengan kekuatan 3,1 SR di Kabupaten Pacitan. Oleh karena itu, penelitian mengenai persebaran posisi dari Sesar

Grindulu perlu dilakukan untuk meminimalisir dampak dari bencana geologi yang timbul dari aktivitas Sesar Grindulu.

Patahan Grindulu melewati daerah Kecamatan Arjosari dan Kota Pacitan. Kedua wilayah ini mempunyai indeks kepadatan penduduk yang cukup tinggi di Kabupaten Pacitan, hampir 3 kali lipat dari kecamatan yang lainnya. Dengan kepadatan penduduk yang cukup besar, apabila terjadi bencana geologi, maka akan menimbulkan dampak merugikan yang cukup besar pula bagi masyarakat. Selain itu, wilayah tersebut merupakan pusat perekonomian di Kabupaten Pacitan (BPS Kabupaten Pacitan, 2017).

Untuk meminimalisir dampak yang mungkin ditimbulkan oleh gempa bumi yang bersumber dari Sesar Grindulu, pemetaan terperinci terkait posisi patahan ini diperlukan. Identifikasi posisi secara umum dapat dilakukan menggunakan metode magnetik (Suntoko et al., 2012). Secara umum, terdapat beberapa analisa data magnetik yang dapat digunakan untuk identifikasi Sesar, antara lain: *reduction to pole* (Pereira, 2013), *analitic signal* (Ibraheem et al., 2019), proses inversi (Stocco et al., 2009), dan horisontal gradien (Ferreira et al., 2013). Secara umum, horisontal gradien digunakan untuk memperjelas posisi anomali karena mampu menentukan lokasi batas kontak anomali medan magnet horisontal dari data magnetik (Cordell, 1979). Dengan demikian, pada penelitian ini identifikasi Sesar Grindulu sekmen Arjosari-Pacitan dilakukan menggunakan hasil analisa dari gradien horisontal.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan bagian Latar Belakang, maka Penulis menemukan permasalahan yaitu bagaimana cara mengidentifikasi Sesar Grindulu dengan analisa gradien horisontal pada data magnetik?

1.3. Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah mampu mengidentifikasi Sesar Grindulu dengan analisa gradien horisontal pada data magnetik.

2. Menganalisa hasil dari analisa gradien horisontal untuk identifikasi sesar di daerah penelitian.

1.4. Manfaat

Manfaat yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai upaya pencegahan dini dampak bencana khususnya di Kabupaten Pacitan.

1.5. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam hal ini adalah penelitian yang dilakukan meliputi daerah di Kecamatan Arjosari sampai Kota Pacitan.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Tugas Akhir ini tersusun dalam lima bab, antara lain:

Bab 1: Pendahuluan, berisi latar belakang masalah, maksud dan tujuan, perumusan masalah dan manfaat Tugas Akhir.

Bab 2: Tinjauan Pustaka, berisi tentang kajian pustaka yang digunakan pada Tugas Akhir.

Bab 3: Metodologi Penelitian, berisi tentang metode dan tahap pengambilan data.

Bab 4: Analisis Data dan Pembahasan, berupa hasil data yang diperoleh, serta analisis yang dilakukan.

Bab 5: Kesimpulan, berisi kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Geologi Daerah Penelitian

2.1.1. Morfologi Regional

Pacitan termasuk dalam lajur pegunungan selatan Jawa Timur. Lajur pegunungan selatan adalah daerah pegunungan yang berada pada bagian selatan Jawa Tengah, dimulai dari bagian tenggara provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, memanjang ke arah timur sepanjang pantai selatan Jawa Timur. Lajur tersebut terdiri dari tiga macam morfologi, yaitu: karst, dataran, dan mayoritas perbukitan sekitar 80% dari luas daerah. Perbukitan ini tersusun oleh batuan gunung api, batuan sedimen dan beberapa berupa batuan intrusif atau terobosan yang tersusun dari batuan andesit, basalt, diorite dan dasit (Bemmelen, 1949).

Kelurusan beberapa sungai besar di Pacitan seperti Sungai Grendulu, Sungai Lanang, Sungai Panggul dan lain-lain, secara umum lebih banyak dipengaruhi oleh sesar dan kekar dari pada dipengaruhi oleh kedudukan lapisan batuan. Selain itu, wilayah Pacitan juga terdiri dari batuan karst yang tersebar hampir di sepanjang pantai selatan, ditunjukkan dengan adanya gua batu gamping, aliran sungai bawah tanah, dolina dan uvala. Terdapat juga beberapa perbukitan kecil dengan tinggi 20–50 MDPL (Meter Diatas Permukaan Laut) yang merupakan hasil dari peristiwa erosi dan umumnya tersusun dari batu gamping terumbu. Wilayah perbukitan tersebut dikenal dengan sebutan Pegunungan Sewu yang memanjang di sebelah selatan Kabupaten Gunung Kidul, Kabupaten Wonogiri hingga Kabupaten Tulungagung (Samodra et al., 1992).

2.1.2. Stratigrafi Regional

Daerah Pacitan dan sekitarnya secara regional termasuk dalam zona peralihan antara jalur subduksi zaman kapur dengan zaman tersier (Purwanto, 1997). Berdasarkan Lembar Peta Geologi

Pacitan (Samodra et al., 1992) (Gambar 2.1) diketahui bahwa formasi batuan penyusun daerah Pacitan adalah sebagai berikut:

- a) Formasi Arjosari
Formasi Arjosari ditemukan di sekitar Kecamatan Arjosari, kurang lebih 10 km di sebelah utara Kota Pacitan. Formasi ini terdiri dari batuan konglomerat aneka bahan, batu pasir, batu lanau dan batu lempung.
- b) Formasi Mandalika
Formasi Mandalika terdiri dari perselingan lava, breksi gunung api dan tuf, bersisipan dengan batu pasir tufan, batu lanau dan batu lempung. Formasi Mandalika tersebar di bagian utara wilayah Pacitan dan meluas hingga Ponorogo di sebelah utara. Singkapan dari formasi ini terdapat di daerah Mandalika, sebelah timur Kecamatan Tegalombo. Tebal keseluruhan dari Formasi Mandalika adalah lebih dari 150 m.
- c) Formasi Watupatok
Formasi Watupatok tersusun dari lava, bersisipan batu pasir, batu lempung, dan rijang. Sebaran dari formasi ini menempati wilayah perbukitan dengan tinggi lebih dari 500 m, terutama di bagian sebelah utara Pacitan dan menerus hingga ke utara Ponorogo.
- d) Formasi Jaten
Formasi Jaten tersusun dari batuan konglomerat, batu pasir konglomeratan, batu pasir kuarsa, batu pasir tufan, batu lumpur, batu lanau, lignit dan tuf juga mengandung belerang. Formasi Jaten sendiri tersebar di bagian barat dan tengah wilayah Pacitan. Formasi Jaten mempunyai ketebalan kurang dari 100 m dan bentuk morfologinya menggelombang.
- e) Formasi Wuni
Formasi Wuni tersusun dari breksi gunung api, tuf, batu pasir tufan, batu pasir sela dan batu lanau. Formasi Wuni menindih selaras Formasi Jaten, tersebar di sebelah utara Punu dan Wonodoyo membentuk perbukitan menggelombang.
- f) Formasi Nampol

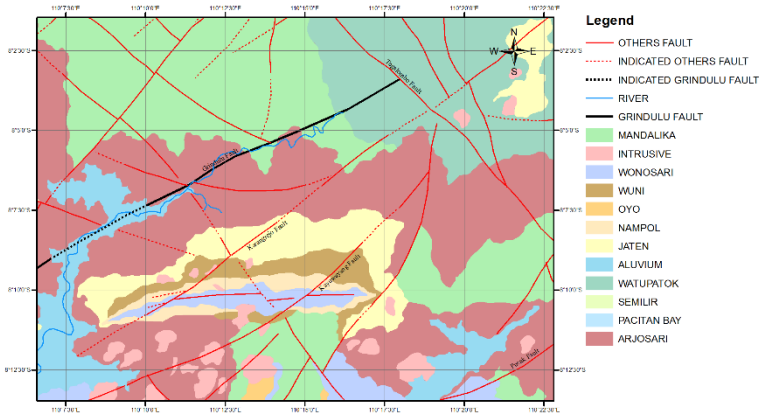
Formasi Nampol tersusun dari batu pasir tufan, batu lanau, batu gamping tufan, batu lempung, lapisan tipis lignit, sisipan konglomerat dan batu pasir konglomeratan. Formasi ini menindih selaras Formasi Wuni dan lokasi singkapannya berada di sekitar Wonodoyo mengisi sebuah sinklin.

g) Formasi Oyo

Formasi Oyo tersusun dari batu pasir gampingan, batu pasir tufan, batu lanau gampingan, batu gamping tufan, napal pasiran dan napal tufan. Formasi Oyo tersebar di bagian barat daya dan tengah selatan dari wilayah Pacitan.

h) Batuan Intrusif

Batuan intrusif atau terobosan, andesit, desit, diorite dan basal.



Gambar 2.1. Peta Geologi Lembar Pacitan (Samodra et al., 1992)

2.1.3. Struktur Regional

Struktur yang berkembang di wilayah Pacitan dan sekitarnya adalah lipatan, sesar dan kekar. Sesar di daerah Pacitan umumnya berupa sesar turun dan sesar geser, namun di beberapa daerah lain juga ditemukan sesar naik (Purnomo et al., 2017). Sumbu dari lipatan di Pacitan ini berarah barat-timur atau barat daya-timur laut.

2.2. Sesar

Sesar atau yang biasa juga disebut patahan adalah satu bentuk rekahan pada lapisan batuan yang menyebabkan satu blok batuan

bergerak relatif terhadap blok yang lain. Pergerakan yang terjadi relatif turun, relatif naik, maupun relatif mendatar terhadap blok yang lainnya. Sesar terdapat di sepanjang retakan pada kerak bumi yang terdapat slip di antara dua sisi sesar tersebut (Marland, 1954).

Sesar mempunyai bentuk dan dimensi yang bervariasi. Ukuran panjang sesar mungkin bisa mencapai ratusan kilometer atau bahkan hanya beberapa sentimeter saja. Arah singkapan suatu sesar bisa lurus atau berliku-liku. Arah pergerakan yang terjadi di sepanjang permukaan suatu sesar dikenal sebagai bidang sesar atau *fault line*. Apabila bidang sesarnya tidak tegak, maka batuan yang terletak di atasnya dikenali sebagai dinding gantung atau *hangingwall*, sedangkan bagian bawahnya dikenal dengan dinding kaki atau *footwall* (Marland, 1954).

Umumnya, sesar disertai oleh struktur yang lain seperti lipatan, rekahan dan lain-lain. Indikasi adanya suatu sesar/patahan dapat dilihat melalui (Noor, 2012):

- Gawir sesar atau bidang sesar
- Breksiasi, gouge, milonit
- Deretan mata air
- Sumber air panas
- Penyimpangan/pergeseran kedudukan lapisan
- Gejala-gejala struktur minor seperti cermin sesar, gores garis, lipatan dan lain-lain.

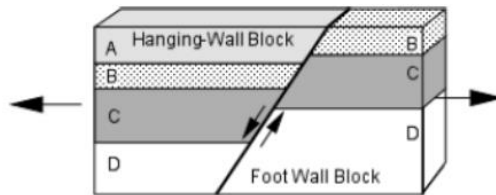
Secara umum terdapat 3 kategori utama sesar, yaitu sesar normal atau sesar turun atau *normal fault*, sesar naik atau *thrust fault* dan sesar mendatar atau *strike-slip fault* (Marland, 1954). Berikut merupakan penjelasan dari masing-masing sesar:

1. Sesar Normal/Sesar Turun

Sesar normal adalah patahan yang terjadi karena gaya tegasan tensional horisontal pada batuan yang bersifat retas, yang mana *hanging wall block* telah mengalami pergeseran relatif ke arah bagian bawah terhadap *foot wall block* (Gambar 2.2). Sesar normal biasa disebut dengan sesar gravitasi karena gaya gravitasi sebagai gaya utama yang menggerakkannya.

Sesar normal juga dikenali sebagai sesar ekstensi (*extention*

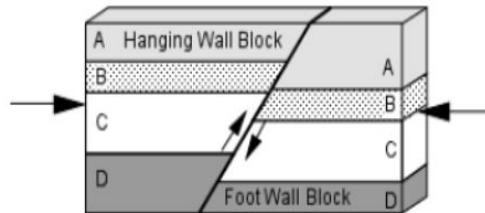
Fault), karena sesar ini memanjangkan perlapisan. Pada sesar normal, bagian sesar yang turun searah dengan sesar utama dikenali sebagai sesar sintetik, sementara sesar yang berlawanan arah dikenali sebagai sesar antitetik. Kedua bagian dari sesar ini bertemu dengan sesar utama di bagian dalam bumi. Sesar normal sering dikaitkan dengan perlipatan misalnya, sesar di bagian dalam bumi akan bertukar menjadi lipatan monoklin di permukaan (Marland, 1954).



Gambar 2.2. Sesar Normal/Turun (Noor, 2012)

2. Sesar Naik

Sesar naik (*thrust fault*) adalah patahan hasil dari gaya tegasan kompresional horisontal pada batuan yang bersifat retas, di mana *hangingwall block* berpindah relatif ke arah atas terhadap *footwall block* (Gambar 2.3). Salah satu ciri sesar naik adalah sudut kemiringan dari sesar itu termasuk kecil, berbeda dengan sesar turun yang punya sudut kemiringan bisa mendekati vertikal (Marland, 1954).

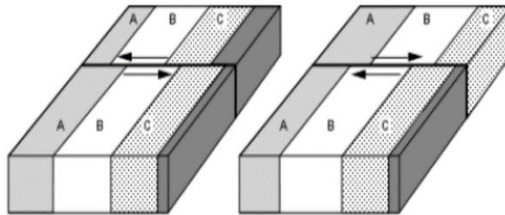


Gambar 2.3. Sesar Naik (Noor, 2012)

3. Sesar Geser

Sesar geser (*strike slip fault*) adalah patahan yang pergerakan relatifnya berarah horisontal mengikuti arah patahan. Patahan jenis ini berasal dari tegasan geser yang bekerja di dalam kerak bumi

sebagaimana Gambar 2.4. Patahan jenis *strike slip fault* dapat dibagi menjadi 2 tergantung pada sifat pergerakannya. Dengan mengamati pada salah satu sisi bidang patahan dan dengan melihat kearah bidang patahan yang berlawanan, maka jika bidang pada salah satu sisi bergerak ke arah kiri disebut sebagai patahan *left-lateral strike-slip fault*. Jika bidang patahan pada sisi lainnya bergerak ke arah kanan, maka kita namakan sebagai *right-lateral strikeslip fault*. Umumnya bidang sesar mendatar digambarkan sebagai bidang vertikal, sehingga istilah *hanging wall* dan *foot wall* tidak lazim digunakan di dalam sistem sesar ini (Marland, 1954).



Gambar 2.4. Sesar Geser (Noor, 2012)

2.3. Metode Magnetik

Metode magnetik adalah salah satu metode pasif dalam geofisika yang digunakan untuk mengukur variasi medan magnet di permukaan bumi yang diakibatkan oleh adanya variasi distribusi benda termagnetisasi di bawah permukaan bumi. Dengan demikian, metode ini berdasarkan pada perbedaan tingkat magnetisasi suatu batuan yang diinduksi oleh medan magnet bumi. Hal tersebut terjadi sebagai akibat dari adanya perbedaan parameter suseptibilitas dari bawah permukaan. Metode ini sering digunakan dalam eksplorasi minyak bumi, batuan mineral dan juga mendeteksi adanya retakan (Lowrie, 2007).

Dasar dari metode magnetik adalah gaya Coulomb, yang mana gaya magnetik berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antar dua kutub magnetik. Hukum Coulomb dituliskan dalam Persamaan (2.1).

$$\vec{F} = (p_1 p_2 / \mu r^2) r_1 \quad (2.1)$$

dengan F (dyne) merupakan gaya pada p_2 , r (cm) adalah jarak antara kedua kutub, \hat{r}_1 adalah vektor satuan pada arah q_1 dan q_2 dan μ_0 merepresentasikan permeabilitas magnetik pada ruang hampa (Telford et al., 1990).

Benda magnet bisa didefinisikan sebagai kumpulan dari banyak momen-momen magnetik. Saat momen magnetik tersebut diletakkan di medan luar, benda tersebut akan termagnetisasi yang disebabkan oleh adanya induksi magnet. Proses pemagnetan terjadi karena proses penyusunan kembali arah atom dan molekulnya sehingga magnetiknya berada pada satu garis yang sama. Proses magnetisasi diukur sebagai polarisasi magnetik yang disebut juga intensitas magnetisasi atau momen dipole persatuan volume sebagaimana tertulis pada Persamaan (2.2)

$$\vec{I} = \frac{\vec{M}}{V} \quad (2.2)$$

dengan I menotasikan intensitas kemagnetan, M mengindikasikan momen magnet dan V adalah volume. Nilai dari intensitas magnetik bergantung pada medan magnet luar (H) dan suseptibilitas magnetik (k) benda tersebut.

Suseptibilitas magnetik adalah konstanta yang menunjukkan kemampuan suatu benda untuk termagnetisasi oleh medan magnet yang dapat dideskripsikan melalui Persamaan (2.3)

$$k = \frac{\vec{I}}{H} \quad (2.3)$$

Nilai k semakin besar apabila dalam batuan tersebut semakin berisikan mineral-mineral magnetik. Sesuai sifat-sifat kemagnetannya, batuan dapat diklasifikasikan dalam 5 tipe, sebagai berikut:

1. Diamagnetik

Mempunyai suseptibilitas magnetik (k) negatif dengan nilai sangat kecil, seperti grafit, garam dan marmer.

2. Paramagnetik

Mempunyai harga suseptibilitas magnetik positif yang kecil, seperti batu kapur.

3. Ferromagnetik

Mempunyai nilai suseptibilitas magnetik positif yang besar dan dipengaruhi oleh temperatur, yang mana pada temperature diatas temperature Curie maka sifat kemagnetannya akan hilang. Contoh dari ferromagnetik ini adalah batuan magnetit dan hematit.

4. Antiferromagnetik

Benda magnetik dengan nilai k yang sangat kecil seperti hematit.

5. Ferrimagnetik

Benda magnetik yang mempunyai nilai k tinggi namun masih lebih rendah apabila dibandingkan dengan ferromagnetik. Contohnya adalah batuan magmemit.

2.4. Medan Magnet Bumi

Gauss pada tahun 1893 melakukan analisa harmonik dari medan magnetik bumi untuk mengamati karakteristinya. Hasil kajiannya ialah intensitas medan magnetik bumi hampir seluruhnya berasal dari dalam bumi dan medan yang teramati di permukaan bumi dapat didekati dengan persamaan harmonik yang berhubungan dengan potensial dwi kutub di pusat bumi. Dwi kutub Gauss mempunyai kemiringan 11.5° terhadap sumbu geografi (Mussett & Khan, 2000). Selain itu, sumber magnetik bumi juga dapat berasal dari hasil induksi magnet bumi pada batuan, serta bersumber dari medan magnet yang dihasilkan dari luar bumi (aktivitas matahari).

Masing-masing sumber medan magnetik tersebut, dapat dideskripsikan secara rinci sebagaimana berikut:

1. Medan Magnet Utama (*main field*)

Medan magnet utama bumi berasal dari arus elektromagnetik akibat sirkulasi konveksi antara inti dalam dan inti luar bumi. Inti dalam bumi terdiri atas besi dan nikel yang padat (konduktor listrik), sedangkan inti luar bumi digambarkan sebagai besi cair. Proses sirkulasi antar keduanya menimbulkan aliran elektron yang menghasilkan medan magnet bumi yang biasa disebut geodinamo. Proses tersebut 99% berperan sebagai sumber medan magnet

utama bumi (Telford et al., 1990).

Besarnya nilai medan magnet utama bumi berubah terhadap waktu, sehingga untuk menyamakan nilai-nilainya perlu dibuat suatu standar nilai yang disebut *International Geomagnetiks Reference Field (IGRF)* yang diperbarui setiap 5 tahun sekali. Nilai IGRF diperoleh dari hasil pengukuran rata-rata pada daerah dengan luasan sekitar 1 juta km² yang dilakukan dalam waktu satu tahun (Campbell, 2003).

2. Medan Magnet Luar (*external field*)

Medan magnet luar berasal dari pengaruh luar bumi yang merupakan hasil ionisasi di atmosfer yang ditimbulkan oleh sinar ultraviolet dari matahari. Sumber medan magnet luar berhubungan dengan arus listrik yang mengalir dalam lapisan terionisasi di atmosfer sehingga medan ini berubah terhadap waktu dengan lebih cepat. Pengaruh medan magnet luar bisa diketahui dengan menggunakan *base station magnetometer* (Blakely, 1995).

3. Medan Magnet Anomali

Medan magnet anomali dihasilkan oleh medan magnet remanen dan medan magnet induksi. Medan magnet total bumi merupakan percampuran antara medan magnet utama dengan medan magnet anomali. Anomali yang diperoleh dari survei merupakan gabungan antara medan magnet remanen dan induksi. Apabila arah dari medan magnet remanen sama dengan arah medan magnet induksi maka nilai anomalnya semakin besar, begitu pula sebaliknya (Telford et al., 1990).

2.5. Koreksi Data Magnetik

Target survei metode magnetik ialah anomali medan magnetik (TMI) yang mencerminkan karakteristik bawah permukaan. Untuk mendapatkan data TMI dari data pengukuran, perlu dilakukan dua koreksi antara lain: koreksi harian atau (*diurnal*) dan koreksi IGRF.

2.5.1. Koreksi Variasi Harian

Koreksi Variasi Harian adalah koreksi data magnetik terukur untuk menghilangkan pengaruh medan magnet luar. Pada penelitian ini, koreksi harian diperoleh dengan cara menghitung faktor pengali (n) terlebih dahulu, secara matematis sebagai

berikut:

$$n = \frac{B_{t+5} - B_t}{5} \quad (2.4)$$

dengan B_t (nT) adalah nilai intensitas medan magnet yang terbaca di *base* pada waktu t , sedangkan B_{t+5} (nT) merupakan nilai intensitas medan magnet yang terbaca di *base* 5 menit setelah B_t . Nilai faktor pengali (n) digunakan untuk menghitung B_{base} dengan persamaan:

$$B_{base} = \Delta t \times n + B \quad (2.5)$$

dengan Δt adalah selisih waktu antara pengambilan data di lapangan dan di *base* (menit), n merupakan faktor pengali dan B adalah nilai intensitas medan magnet yang terbaca di *base*. Nilai B_{base} digunakan untuk mencari nilai Variasi Harian atau VH, sebagaimana berikut:

$$VH = H_{rover} - \Delta B_{base} \quad (2.6)$$

ΔB_{base} adalah selisih medan magnetik luar yang merupakan nilai perekaman pada *base station*, H_{rover} adalah nilai yang terukur di titik pengukuran (*rover*).

2.5.2. Koreksi IGRF

Koreksi IGRF merupakan koreksi data magnetik terukur untuk menghilangkan pengaruh medan magnet utama bumi. *International Geomagnetiks Reference Field* (IGRF) adalah acuan geomagnet internasional. Pada penelitian ini, nilai IGRF diperoleh secara *online* melalui web <http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/igrf/point/index.html> dengan cara memasukkan nilai lintang dan bujur dari lokasi penelitian. Total dari medan magnet anomali secara matematis sebagai berikut:

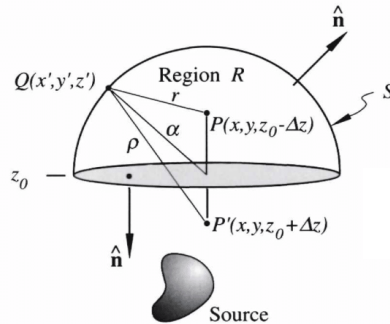
$$H_{anomali} = VH - IGRF \quad (2.7)$$

Dengan VH menotasikan medan magnetik terkoreksi variasi harian dan $H_{anomali}$ mengindikasikan medan magnet anomali atau *total magnet intensity* (TMI).

2.6. Transformasi Medan Magnetik

2.6.1. Kontinuasi ke Atas

Cara kerja dari filter *Upward continuation* atau kontinuasi atas adalah dengan mentransformasikan nilai medan magnet yang terukur pada ketinggian tertentu, seakan-akan terukur di ketinggian lain yang lebih tinggi dari posisi semula. Kontinuasi ke atas melemahkan anomali magnetik yang memiliki panjang gelombang yang kecil. Proses kontinuasi ke atas cenderung menonjolkan anomali-anomali yang disebabkan oleh sumber yang dalam (regional) dengan cara menghilangkan anomali-anomali yang disebabkan oleh sumber dangkal (Blakely, 1995).



Gambar 2.5. Kontinuasi ke Atas dari permukaan horizontal (Blakely, 1995)

Kontinuasi ke atas didasarkan pada identitas ketiga dari teorema *Green*. Apabila fungsi U harmonik, kontinu, dan mempunyai turunan yang kontinu pula di seluruh wilayah R , maka nilai U pada setiap titik P dalam wilayah R (pada Gambar 2.5, \hat{n} adalah arah normal) dengan dinotasikan dengan:

$$U(P) = \frac{1}{4\pi} \int_S \left(\frac{1}{r} \frac{\partial U}{\partial n} - U \frac{\partial}{\partial n} \frac{1}{r} \right) dS \quad (2.8)$$

Dengan S merupakan batas dari wilayah R , sedangkan r adalah jarak dari titik P ke permukaan S (Blakely, 1995).

Perhitungan nilai medan magnet di titik bidang kontinuasi secara matematis ditulis sebagai berikut:

$$U_{(x,y,z_0-\Delta z)} = \frac{\Delta z}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{U_{(x',y',z_0)}}{[(x-x')^2 + (y-y')^2 + \Delta z^2]^{\frac{3}{2}}} dx' dy', \Delta z > 0 \quad (2.9)$$

Dengan $U_{(x,y,z_0-\Delta z)}$ adalah nilai medan magnet pada bidang hasil kontinuitas (pengangkatan), Δz mengindikasikan ketinggian pengangkatan yang dipakai, $U_{(x',y',z_0)}$ merepresentasikan harga medan magnet pada bidang observasi sebenarnya ketika $\Delta z = 0$, dan $(/x-x'|_2 + /y-y'|_2 + 2)$ merupakan R (Blakely, 1995).

Untuk mempercepat proses perhitungan, Persamaan 2.9 dihitung melalui domain Fourier untuk suku kiri maupun kanan, sehingga dapat membentuk teorema konvolusi dari domain Fourier sebagai berikut:

$$\mathcal{F}[U_u] = \mathcal{F}[U] \mathcal{F}[\psi_u] \quad (2.10)$$

Dengan $\mathcal{F}[U_u]$ merupakan transformasi Fourier dari kontinuitas ke atas, sedangkan $\mathcal{F}[\psi_u]$ bertindak sebagai filter yang diperoleh dari

$$\mathcal{F}[\psi_u] = -\frac{1}{2\pi} \frac{\partial \left\{ \mathcal{F} \left[\frac{1}{r} \right] \right\}}{\partial \Delta z} = -\frac{\partial \left\{ \frac{e^{-|k|\Delta z}}{|k|} \right\}}{\partial \Delta z} = e^{-\Delta z|k|}, \Delta z > 0 \quad (2.11)$$

2.6.2. Reduksi ke Kutub

Nilai total intisitas magnetik dipengaruhi oleh sudut inklinasi dan deklinasi magnetik bumi. Ini yang menyebabkan total intisitas magnetik sulit diinterpretasi secara langsung untuk mengidentifikasi posisi sumber anomali magnetik. Untuk mempermudah interpretasi data total intensitas magnetik, data tersebut dapat ditransformasi. Artinya, data total intensitas magnetik yang terukur pada sudut inklinasi dan deklinasi tertentu, ditransformasi pada sudut inklinasi dan deklinasi kutub utara magnet (sudut inklinasi 90° dan deklinasi 0°). Proses ini disebut sebagai *reduction to pole* (reduksi ke kutub). Proses reduksi ke kutub juga dapat disebut sebagai proses untuk mengubah arah magnetisasi ke arah vertikal (Blakely, 1995).

Proses reduksi ke kutub dilakukan melalui domain bilangan

gelombang (melibatkan *fast Fourier transform*/FFT). Proses FFT ini dilakukan untuk mempercepat proses perhitungan. Dengan melibatkan FFT, reduksi ke kutub dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\mathcal{F}[\Delta T_r] = \mathcal{F}[\psi_r] \mathcal{F}[\Delta T] \quad (2.12)$$

Dengan $\mathcal{F}[\Delta T]$ mengindikasikan transformasi Fourier dari anomali medan magnetik. Penerapan $\mathcal{F}[\psi_r]$ terhadap $\mathcal{F}[\Delta T]$ dinamakan dengan transformasi reduksi ke kutub, karena mengubah anomali medan magnet ΔT menjadi anomali medan magnet reduksi ΔT_r yaitu anomali medan magnet yang seolah-olah terukur di kutub magnet bumi. Sedangkan $\mathcal{F}[\psi_r]$ dijabarkan sebagaimana Persamaan 2.13.

$$\mathcal{F}[\psi_r] = \frac{1}{\Theta_m \Theta_f} \quad (2.13)$$

$$\frac{1}{\Theta_m \Theta_f} = \frac{|K|^2}{a_1 K_x^2 + a_3 K_y^2 + a_3 K_x K_y^2 + i|K|(b_1 K_x + b_2 K_y)} \quad (2.14)$$

dengan $|k| \neq 0$, Θ_m dan Θ_f secara berurutan merupakan fungsi kompleks yang menentukan arah vektor magnetisasi sumber dan sekitar (Blakely, 1995).

2.7. Gradien Horisontal

Peta anomali magnetik menggambarkan informasi spasial sumber magnet yang letak kedalamannya berbeda-beda, ada yang berasal dari sumber dangkal dan dalam. Untuk memperjelas letak anomali tersebut, perlu dilakukan filtering seperti menunjukkan tepian dari sumber anomali tersebut. Metode gradien horizontal bisa digunakan untuk menentukan lokasi batas kontak anomali medan magnet horisontal dari data magnetik. Secara matematis, gradien horisontal dinotasikan sebagai berikut:

$$GH = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2} \quad (2.15)$$

Dengan $\frac{\partial f^2}{\partial x}$ dan $\frac{\partial f^2}{\partial y}$ merupakan turunan horisontal suseptibilitas pada arah x dan y (Ferreira et al., 2013). Sedangkan gradien horisontal variasi sudut dilakukan dengan cara menginput manual besar sudut berdasarkan trial and error. Horisontal variasi sudut dinotasikan sebagaimana Persamaan 2.16

$$\text{GH variasi sudut} = \frac{\partial f}{\partial x} \cos \theta + \frac{\partial f}{\partial y} \sin \theta \quad (2.16)$$

BAB III METODOLOGI

3.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada tanggal 23-30 Oktober 2019 di Kabupaten Pacitan, Jawa Timur. Lokasi pengambilan data terbagi menjadi dua, yang pertama disebut *base station* bertempat di Desa Sedayu, Kecamatan Arjosari, Kabupaten Pacitan dan yang ke dua pengambilan data dilakukan terhadap 4 lintasan meliputi Kecamatan Arjosari- Pacitan Kota.

3.2. Peralatan dan Bahan

Pada penelitian ini digunakan beberapa macam alat yang digunakan selama penelitian. Adapun fungsi dari masing-masing peralatan adalah sebagai berikut:

1) Magnetometer

Magnetometer yang dipakai pada penelitian ini ada 2 jenis yaitu *Geotron Proton Memory* dan *Envy Scintrex* (Gambar 3.1). Fungsi dari magnetometer secara berurutan adalah untuk mengukur nilai intensitas magnetik di *base station* dan di titik pengukuran.



Gambar 3.1. Magnetometer

2) *General Positioning System* (GPS)

GPS yang dipakai pada penelitian ini adalah GPS Garmin (Gambar 3.2 kiri). GPS ini digunakan untuk mengetahui koordinat setiap titik pengukuran.

3) *Stopwatch*

Stopwatch (Gambar 3.2 kanan) berfungsi sebagai *timer* setiap 5 menit untuk pengukuran di *base station*. Selain itu, stopwatch juga digunakan untuk mencatat waktu setiap

pengukuran data di rover. Waktu ini digunakan untuk koreksi variasi harian.



Gambar 3.2. GPS (kiri) dan Stopwatch (kanan)

4) Kompas

Kompas dipakai untuk mengetahui arah geografis tiap titik pengukuran. Arah tersebut sangat penting sebagai menunjukkan arah antenna dari magnetometer.

5) Akumulator

Akumulator berfungsi sebagai sumber tegangan pada alat, dalam hal ini dipakai akumulator dengan tegangan 12 Volt.

3.3. Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan melalui beberapa tahapan yang antara lain: studi literatur, survei pendahuluan, akuisisi data, dan analisa data medan magnet yang terukur. Untuk memudahkan pemahaman mengenai metodologi yang digunakan, alur penelitian ini dapat dideskripsikan dalam diagram alir penelitian (Gambar 3.3).

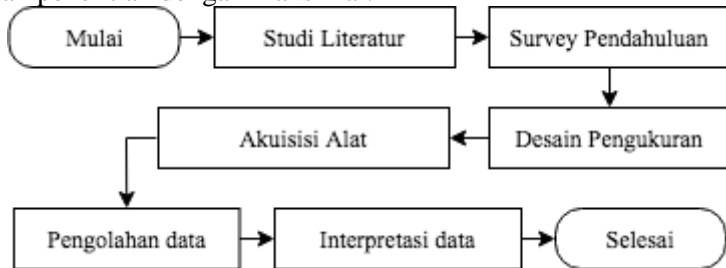
1) Studi literatur

Studi literatur dilakukan dengan mangkaji peta geologi yang diperoleh dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (PPLG) Bandung. Studi literatur juga dilakukan dengan mengkaji kondisi topografi Kabupaten Pacitan yang diakses *online* melalui *Google Earth*, sehingga diketahui ketinggian dan kecuraman lereng sebelum menentukan titik pengukuran. Selain itu, studi literatur mengenai metode magnetik secara umum dan metode

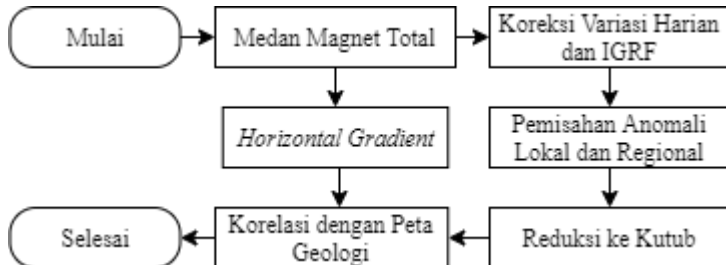
analisa data magnetik (kontinuasi ke atas dan RTP) serta inversi data magnetik.

2) Survei Pendahuluan

Survei pendahuluan dilakukan dengan membandingkan antara kondisi geologi. Hasil dari survei ini digunakan sebagai acuan dalam desain pengukuran. Perlunya dilakukan survei pendahuluan ini agar pengambilan data magnetik mewakili kondisi geologi daerah penelitian dengan maksimal.



Gambar 3.3. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.4. Diagram Alir Pengolahan Data

3) Desain Pengukuran

Desain pengukuran (Gambar 3.5) dibuat setelah dilakukannya studi literatur dan survei pendahuluan. Pengukuran data di lapangan dilakukan terhadap 4 lintasan, masing-masing lintasan mempunyai panjang 6 kilometer dengan titik-titik pengukuran selang jarak 200 meter. Pengukuran dilakukan di 5 titik tambahan sebagai penghubung antar lintasan satu dan yang lainnya.



Gambar 3.5. Desain Pengukuran

4) Akuisisi data magnetik

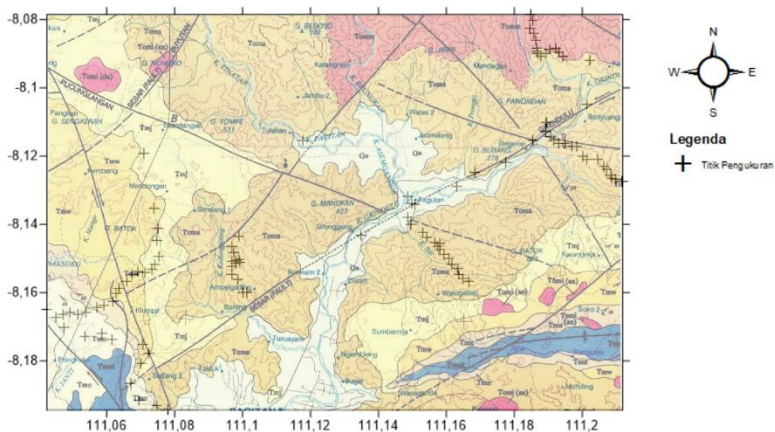
Pengukuran data magnetik ini dilakukan dengan menggunakan 2 alat magnetometer, masing-masing alat berfungsi untuk pengukuran di *base station* dan *rover* (lintasan yang diinginkan untuk pengukuran data magnetik) yang . Lokasi pengukuran terbagi menjadi dua yaitu *base station* dan titik pengukuran di lapangan atau *rover*. Adapun penjelasan dari masing-masing adalah sebagai berikut:

a) Pengukuran di *Base Station*

Pengambilan data *base station* dilakukan di Desa Sedayu, Kecamatan Arjosari, Kabupaten Pacitan. Magnetometer yang dipakai di *base station* adalah tipe *Envy Scintrex*. Data diambil setiap 5 menit sekali selama pengambilan data di lapangan berlangsung. *Base station* terletak di satu titik yang sama (tidak berpindah). Langkah kerja pertama ialah mengeset magnetometer dan antenanya dengan antena yang dihadapkan ke arah yang sesuai. Langkah selanjutnya, magnetometer harus *disetting* terlebih dahulu mengenai titik koordinat *base station* sesuai GPS dan diinput pula nilai IGRF di titik tersebut. Langkah terakhir, nilai medan magnet dicatat setiap 5 menit sekali beserta waktu pengukurannya.

b) Pengukuran di Lapangan

Magnetometer yang dipakai untuk pengukuran di lapangan adalah tipe *Geotron Proton Memory*. Perlakuan untuk setting alat magnetometer di lapangan sama dengan di based station. Namun, pengulangan dilakukan sebanyak tiga kali di masing-masing titik pengukuran. Langkah yang sama dilakukan untuk titik pengukuran berikutnya.



Gambar 3.6. Titik-Titik Pengukuran

5) Pengolahan Data

Secara sistematis, pengolahan dilakukan dengan beberapa langkah sebagaimana pada Gambar 3.4.

a) Koreksi Variasi Harian

Koreksi harian dilakukan untuk menghilangkan pengaruh medan magnet yang berasal dari luar bumi seperti pengaruh ionisasi di atmosfer. Koreksi variasi harian menggunakan Persamaan 2.6.

b) Koreksi IGRF

Koreksi IGRF bertujuan untuk menghilangkan pengaruh medan magnet utama bumi. Proses ini dilakukan dengan cara medan magnet yang sudah terkoreksi variasi harian dikurangi oleh nilai IGRF di daerah penelitian. Nilai IGRF di Kabupaten Pacitan

sebesar 44997.1 nT yang di peroleh dengan cara memasukkan posisi lintang dan bujur lokasi penelitian pada kalkulator online yang Penulis akses melalui web <http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/igrf/point/index.html>. Proses ini menghasilkan *total magnetik intensity* (TMI) (total intensitas magnetik). Koreksi IGRF dilakukan dengan menggunakan Persamaan 2.7.

c) **Kontinuasi ke Atas**

Kontinuasi ke atas atau berfungsi untuk pemisahan antara anomali lokal dan regional. Proses ini dilakukan dengan menggunakan Persamaan 2.8. Proses kontinuasi ke atas dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Magpick dengan penentuan ketinggian kontinuasinya didasarkan pada *trial and error*.

d) **Reduksi ke Kutub (*Reduce to Pole*)**

Reduksi ke kutub merupakan proses untuk mempermudah dalam interpretasi data yang disebabkan masih adanya pola anomali yang bersifat *dipole* akibat sudut inklinasi dan deklinasi magnetik di daerah penelitian. Proses ini bertujuan untuk mengubah kurva anomali magnetik yang semula bersifat dipole menjadi monopole, sehingga puncak dari kurva anomali berada tepat di atas sumber anomalnya. Pada proses reduksi ke kutub, data medan magnet di daerah penelitian ditransformasikan sebagai data medan magnet yang diukur di kutub utara magnetik bumi dengan inklinasi 90° dan deklinasi 0° . Proses RTP dilakukan dengan menggunakan Persamaan 2.12.

Proses ini dilakukan dengan menggunakan software Magpick dengan memasukkan parameter berupa sudut inklinasi dan deklinasi dari Kabupaten Pacitan yaitu sebesar -32.5° dan 0.88° . Peta hasil RTP memiliki pola magnet yang bersifat monopole, yang berarti titik maksimum kurva anomali berada tepat di atas sumber anomalnya.

e) Gradien Horisontal

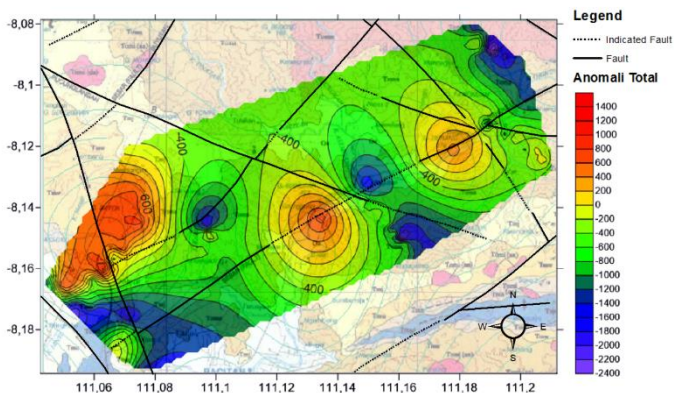
Proses gradien horizontal digunakan untuk memperjelas posisi anomali medan magnet dengan cara menampilkan lokasi batas kontak anomali medan magnet horisontal dari data magnetik. Perangkat lunak yang dipakai untuk proses gradien horizontal ini adalah Oasis Montaj, dengan menginput nilai anomali medan magnet total beserta koordinatnya (x, y dan z). Pada filter gradien horizontal, terdapat 2 opsi yaitu radian horisontal dan gradien horisontal sudut. gradien horisontal variasi sudut dilakukan dengan input tambahan berupa sudut yang yang ditentukan secara *trial and error*. Penentuan sudut mengacu pada penelitian sebelumnya (Nurrohman & Wibowo, 2016) mengenai kemiringan sesar di sekitar daerah Arjosari dan Kota Pacitan. Besar sudut yang diinput pada proses gradien horisontal sebesar 32°, 40° dan 45°.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Anomali Medan Magnet Total

Data intensitas medan magnet yang diperoleh pada pengambilan data di lapangan merupakan data mentah yang masih ada pengaruh dari dalam dan luar bumi. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengolahan data awal berupa koreksi harian untuk menghilangkan efek dari luar bumi, dan koreksi IGRF untuk menghilangkan pengaruh dari dalam bumi yang disebabkan oleh medan magnet utama bumi (Siahaan, 2009). Hasil dari dua koreksi tersebut, menghasilkan nilai anomali medan magnet total (Gambar 4.1).



Gambar 4.1 Anomali medan magnet total

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa anomali medan magnet total mempunyai nilai antara -2400 nT– 1400 nT. Gambar ini menunjukkan beberapa pasangan dipole magnetik atau klosur positif-negatif yang berdampingan, yang mana hal tersebut umumnya untuk mengindikasikan adanya sumber anomali magnetik di daerah tersebut (Haryanto, 2015). Pada daerah penelitian ini, sumber anomali magnetik kemungkinan disebabkan oleh keberadaan sesar.

Selanjutnya, sebab anomali medan magnet total ini (Gambar 4.1) merupakan campuran dari sumber anomali lokal dan anomali regional, maka perlu dilakukan pengolahan data selanjutnya yaitu pemisahan anomali lokal dan anomali regional.

4.2. Pemisahan Anomali Lokal dan Regional

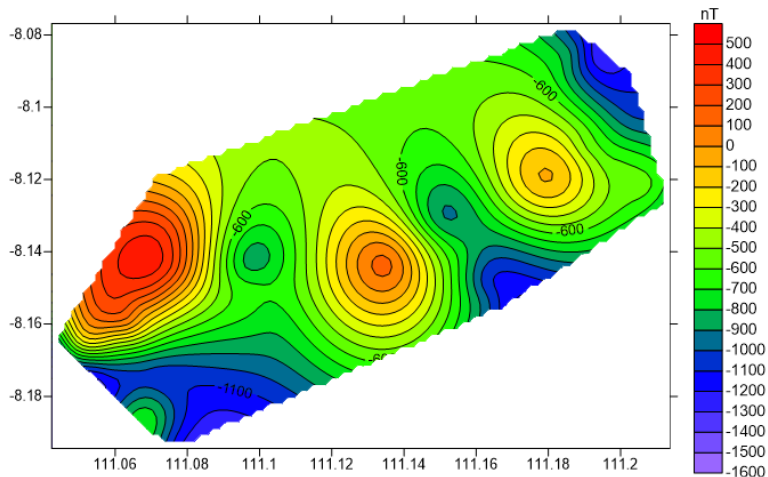
Anomali lokal merupakan anomali yang sumbernya berada di dekat permukaan atau sumber yang dangkal. Pada peta kontur anomali medan magnet total (Gambar 4.1), anomali lokal ditunjukkan oleh klosur kecil, sedangkan anomali regional adalah anomali yang sumbernya berada jauh dari permukaan bumi atau sumber yang dalam, yang umumnya ditunjukkan dengan klosur yang relatif besar (Gambar 4.1).

Proses kontinuitas ke atas dilakukan untuk pemisahan anomali medan magnet lokal dan regional. Cara kerja kontinuitas atas adalah dengan mentransformasikan nilai medan magnet yang terukur pada ketinggian tertentu, seakan-akan terukur di ketinggian lain yang lebih tinggi dari posisi semula (Blakely, 1995). Berdasarkan hasil *trial and error* beberapa ketinggian yang berbeda-beda dari 100–600 meter, hasil kontinuitas ke atas pada ketinggian 500 meter dipilih dengan alasan peta kontur tidak lagi mengalami perubahan yang signifikan pada pola anomali magnetiknya. Gambar 4.2 merupakan kontur anomali regional, sedangkan Gambar 4.3 kontur anomali lokal hasil dari kontinuitas keatas.

Peta anomali regional (Gambar 4.2) menunjukkan nilai skala tertingginya adalah -1600 nT – 500 nT . Persebaran letak klosur pada peta anomali regional tidak jauh berbeda dengan yang ada pada peta anomali medan magnet total, namun peta anomali regional memiliki pola anomali yang tampak lebih *smooth*. Hal tersebut karena anomali regional diperoleh dengan cara meloloskan anomali frekuensi rendah dan menghilangkan anomali dengan frekuensi tinggi yang berasal dari permukaan (Blakely, 1995).

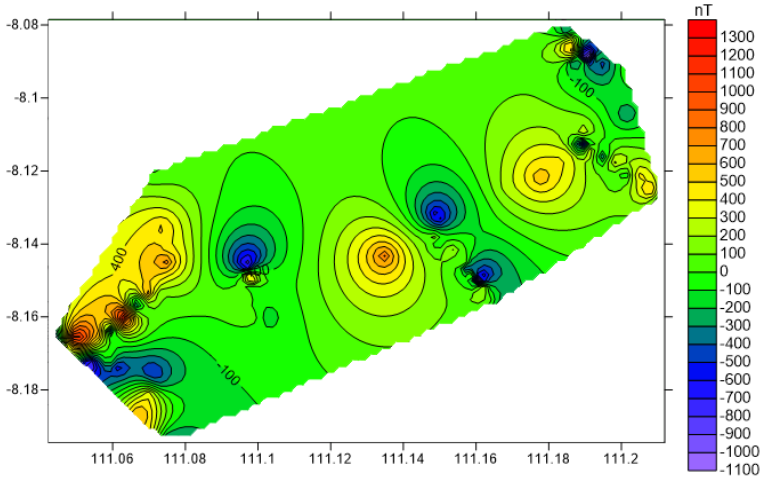
Kontur anomali regional dapat digunakan sebagai dasar untuk mendapatkan peta kontur anomali lokal (Gambar 4.3), yaitu sisa

dari anomali medan magnet total dan anomali regional. Peta anomali lokal mempunyai ukuran klosur yang relatif lebih kecil daripada peta anomali regional. Ini karena anomali dekat permukaan cenderung tereduksi selama proses kontinuasi ke atas (Ravat, 2007). Peta anomali lokal menunjukkan nilai skala tertingginya adalah 1300 nT dan terendahnya -1100 nT.



Gambar 4.2 Anomali regional dari ketinggian 500 m

Hasil dari kontinuasi ke atas ini belum mampu menggambarkan posisi yang jelas dari Sesar Grindulu, sebab arah magnetisasi di lokasi penelitian ini belum sejajar dengan arah medan magnet utama. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisa lanjutan yaitu proses Reduksi ke Kutub.



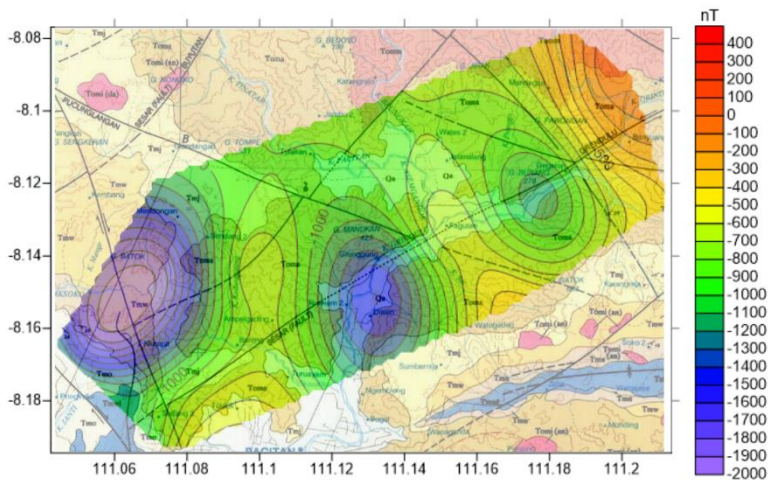
Gambar 4.3 Anomali lokal dari ketinggian 500 m

4.3. Reduksi ke Kutub

Proses reduksi ke kutub atau *reduction to pole* (RTP) dilakukan untuk menghilangkan efek *dipole* pada anomali magnet total, sehingga anomali magnet menjadi bersifat *monopole* dan dapat menggambarkan posisi dari sumber anomali yang sesungguhnya. Gambar 4.4 dan Gambar 4.5 secara berurutan merupakan hasil dari pengolahan data reduksi ke kutub pada anomali regional dan lokal.

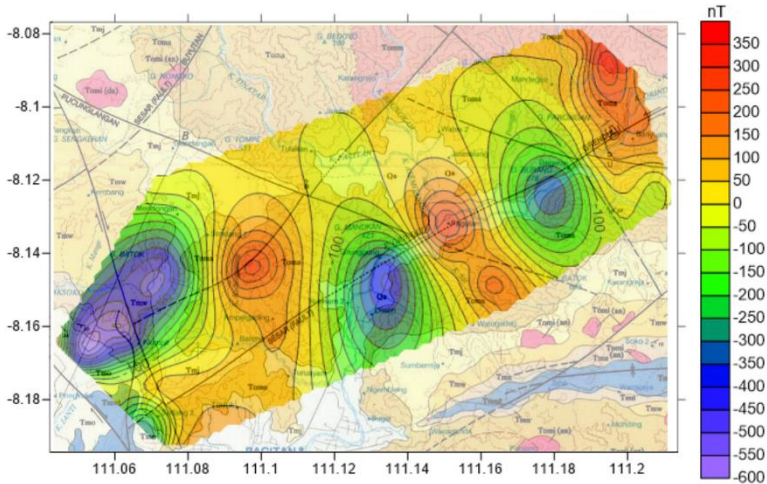
Hasil dari proses RTP pada anomali regional (Gambar 4.4) menunjukkan bahwa mayoritas di daerah penelitian mempunyai nilai susceptibilitas yang rendah. Gambar 4.4 mengindikasikan bahwa pada bagian barat daya mempunyai nilai susceptibilitas rendah, dengan nilai magnetik -1500– -1000 nT. Klosur rendah tersebut kemungkinan berasal dari sedimentasi batu pasir yang terbentuk pada masa Formasi Jaten (Smyth et al., 2008). Sama halnya dengan bagian barat daya, di bagian tengah daerah penelitian juga mempunyai nilai susceptibilitas rendah, yang diindikasikan nilai anomali magnetik -1000–-400 nT. Pada bagian tengah ini didominasi oleh sedimentasi batu pasir yang terbentuk

pada Formasi Alluvium (Hakim & Sulistijo, 2013). Pada bagian lain, terdapat klosur tinggi dengan nilai berkisar antara 100–400 nT yang berada di timur laut yang mengindikasikan tersusun atas batuan dengan nilai suseptibilitas yang tinggi. Batuan ini diduga merupakan batuan gunungapi, lava dan tuf yang terbentuk pada Formasi Mandalika (Novianti & Abdurrachman, 2018).



Gambar 4.4 RTP anomali regional

Gambar 4.5 merupakan kontur hasil RTP dari anomali lokal. Klosur dengan nilai positif pada anomali lokal ini kemungkinan didominasi oleh batuan gunungapi yang tersebar di permukaan dangkal daerah pacitan. Sedangkan klosur dengan nilai rendah, posisinya tidak mengalami perubahan yang signifikan apabila dibandingkan dengan RTP anomali regional. Hal ini menunjukkan di wilayah tersebut juga didominasi oleh batuan sedimen hingga di kedalaman dangkal.



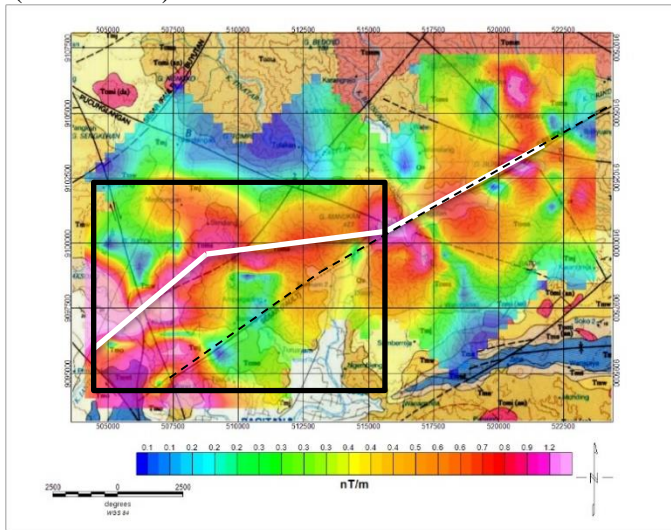
Gambar 4.5 RTP anomali lokal

4.4. Gradien Horisontal

Analisa gradien horisontal pada data magnetik ini dilakukan dengan tujuan memperjelas posisi anomali yang mencerminkan Sesar Grindulu ataupun sesar-sesar lainnya. Gradien horisontal yang digunakan dalam penelitian ini ialah gradien horisontal total dan gradien horisontal dengan sudut 32° . Penentuan sudut mengacu pada menjustifikasi bahwa kemiringan Sesar Grindulu di daerah Arjosari sebesar 32° (Nurrohman & Wibowo, 2016).

Gambar 4.6 merupakan hasil gradien horisontal dari medan magnet total (Gambar 4.1). Umumnya, posisi anomali ditunjukkan oleh gradien horisontal dengan amplitude yang maksimum (tinggi). Dengan demikian, Gambar 4.6 mengindikasikan bahwa anomali membentuk tren dari bagian barat daya mengarah ke bagian timur laut wilayah penelitian. Tren anomali tersebut tampak searah dengan jalur Sesar Grindulu yang mengarah dari barat daya ke timur laut (Samodra et al., 1992). Tren anomali ditunjukkan oleh garis putih, sedangkan Sesar Grindulu ditunjukkan oleh garis hitam putus-putus.

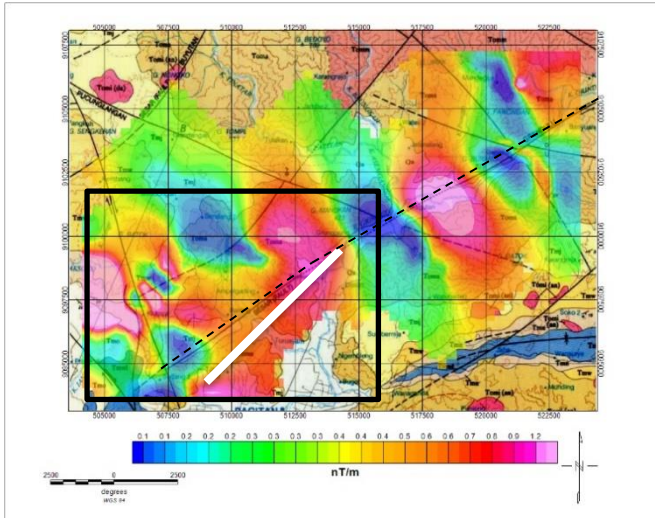
Selanjutnya, dengan mengkorelasikan antara geologi daerah penelitian dengan tren amplitudo tinggi pada gradien horisontal total, diketahui bahwa tren anomali ini disebabkan oleh adanya dua sesar antara lain: Sesar Grindulu pada bagian tengah hingga timur laut dan Sesar Pucunglangan dari barat daya hingga tengah daerah penelitian. Uniknya, terdapat bagian dari Sesar Grindulu yang tidak teridentifikasi oleh amplitudo tinggi pada gradien horisontal total (kotak hitam).



Gambar 4.6. Korelasi Gradien horisontal total dengan peta geologi

Gambar 4.7 merupakan gradien horisontal dengan sudut 32° . Gambar ini menunjukkan bahwa amplitudo tinggi bagian tengah ke timur tidak membentuk tren, sedangkan pada bagian barat daya membentuk tren barat daya-timur laut. Tren ini diduga disebabkan oleh Patahan Grindulu. Selanjutnya, dengan membandingkan antara Gambar 4.7 dan Gambar 4.6 dapat diketahui bahwa patahan Grindulu yang tidak diidentifikasi oleh anomali gradien horisontal total dapat diidentifikasi oleh gradien horisontal dengan sudut 32° . Dengan demikian, dengan menggabungkan kedua pendekatan ini, posisi Sesar Grindulu dapat diidentifikasi dengan tepat. Gradien

horizontal dengan sudut 40° dan 45° menghasilkan persebaran anomali yang tidak jauh berbeda dari gradien horizontal sudut 32° .



Gambar 4.7 Korelasi gradien horizontal dengan sudut 32° dengan Peta Geologi

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan kajian pustaka, analisa data dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa integrasi dari gradien horisontal total dan gradien horisontal dengan sudut 32° dapat mengidentifikasi posisi Sesar Grindulu secara tepat, yakni Sesar Grindulu memiliki arah barat daya–timur laut. Selain itu, Sesar Pucunglangan juga teridentifikasi dari analisa gradien horisontal total yang memiliki arah yang identik dengan sesar Grindulu.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

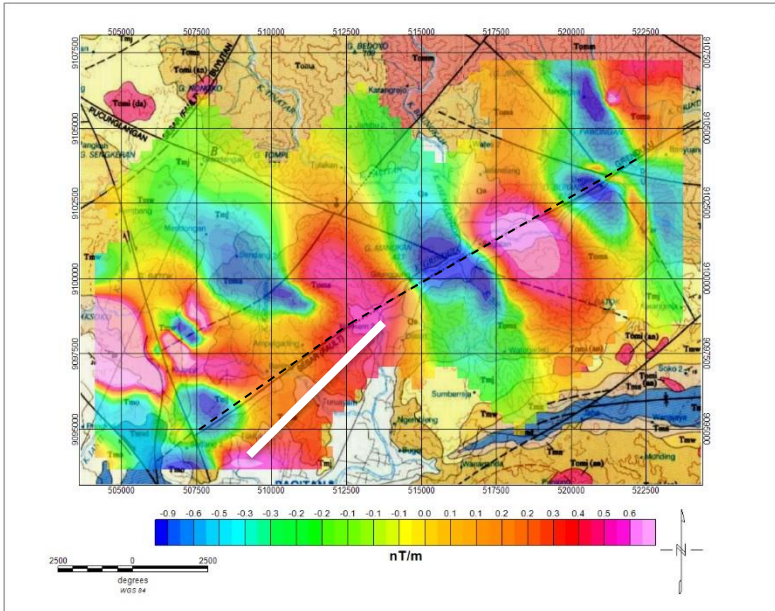
- BAPPEDA JATIM. (2011). *Gemuruh Diyakini dari Sesar Grindulu*. <http://bappeda.jatimprov.go.id/>
- Bemmelen, V. (1949). *The Geology of Indonesia*. The Hague, Govt.
- Blakely, R. J. (1995). *Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications*. Cambridge University Press.
- BPS Kabupaten Pacitan. (2017). *Distribusi Kepadatan Penduduk Menurut Kecamatan di Kabupaten Pacitan*. Badan Pusat Statistik Kabupaten Pacitan. <https://pacitankab.bps.go.id/>
- Campbell, W. H. (2003). *Introduction to Geomagnetic Fields* (2nd. ed). Cambridge University Press.
- Fahrudin, Hidayatillah, A. S., & Maulana, A. J. (2019). *Tectonic Relationships and Curtural Development between Arjosari, Pacitan, East Java and Tawangmangu, Karanganyar. Central Java. 2019*, 47–56.
- Ferreira, F. J. F., de Souza, J., de B. e S. Bongiollo, A., & de Castro, L. G. (2013). Enhancement of the total horisontal gradient of magnetic anomalies using the tilt angle. *GEOPHYSICS*, 78(3), J33–J41. <https://doi.org/10.1190/geo2011-0441.1>
- Hakim, A. Y. A., & Sulistijo, B. (2013). Integrated Exploration Method to Determine Cu Prospect in Seweden District, Blitar, East Java. *Procedia Earth and Planetary Science*, 6, 64–69. <https://doi.org/10.1016/j.proeps.2013.01.009>
- Hamilton, W. (1979). *Tectonics of The Indonesian Region*. 8.
- Haryanto, I. (2015). *Hipotesis Mengenai Sejarah Tumbukan Lempeng Zaman Kapur di Indonesia Bagian Barat*. 47–55.
- Ibraheem, I. M., Haggag, M., & Tezkan, B. (2019). Edge Detectors as Structural Imaging Tools Using Aeromagnetic Data: A Case Study of Sohag Area, Egypt. *Geosciences*, 9(5), 211. <https://doi.org/10.3390/geosciences9050211>
- Lowrie, W. (2007). *Fundamental of Geophysics* (2nd ed.). Cambridge University Press.

- Marland, B. (1954). *Structural Geology*. Prentice Hall, Inc.
- Mussett, A. E., & Khan, M. A. (2000). *Looking into The Earth: An Introduction to Geological Geophysics*. Cambridge University Press.
- Noor, D. (2012). *Pengantar Geologi*. Pakuan University Press.
- Novianti, S., & Abdurrachman, M. (2018). *Tertiary Magmatic Activity in Southern East Java: An approaching to Volcanostratigraphy and Petrogenesis Studies*. 14.
- Nurrohman, A. S., & Wibowo, N. B. (2016). *Identifikasi Jalur Sesar Minor Grindulu Berdasarkan Data Anomali Medan Magnet*. 7.
- Pereira, A. D. N. (2013). *Geophysical Fault Mapping Using The Magnetic Method at Hickory Sandstone Aquifer, Liano Uplift, Texas*. Texas A&M University.
- Purnomo, H., Syahrulyati, T., & Solihin. (2017). *Geologi dan Petrogenesa Batuan Beku Diorit Daerah Tulakan dan Sekitarnya Kecamatan Tulakan Kabupaten Pacitan Provinsi Jawa Timur*.
- Purwanto, H. S. (1997). Analisis dan Genesa Pembentukan Struktur Geologi pada Batuan Berumur Oligosen-Miosen di Daerah Pacitan dan Sekitarnya, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur. *Institut Teknologi Bandung*.
- Ravat, D. (2007). Reduction to Pole. In *Encyclopedia of Geomagnetism and Palaeomagnetism* (pp. 856–857).
- Samodra, H., Gafoer, S., & Tkorosapoetro, S. (1992). *Peta Lembar Geologi Pacitan, Jawa*. Pusat Pengembangan dan Penelitian Geologi.
- Siahaan, B. (2009). *Penentuan Struktur Pada Zona Hidrokarbon Daerah X Menggunakan Metode Magnetik*. 83.
- Smyth, H. R., Hall, R., & Nichols, G. J. (2008). Cenozoic volcanic arc history of East Java, Indonesia: The stratigraphic record of eruptions on an active continental margin. In *Special Paper 436: Formation and Applications of the Sedimentary Record in Arc Collision Zones* (Vol. 436, pp.

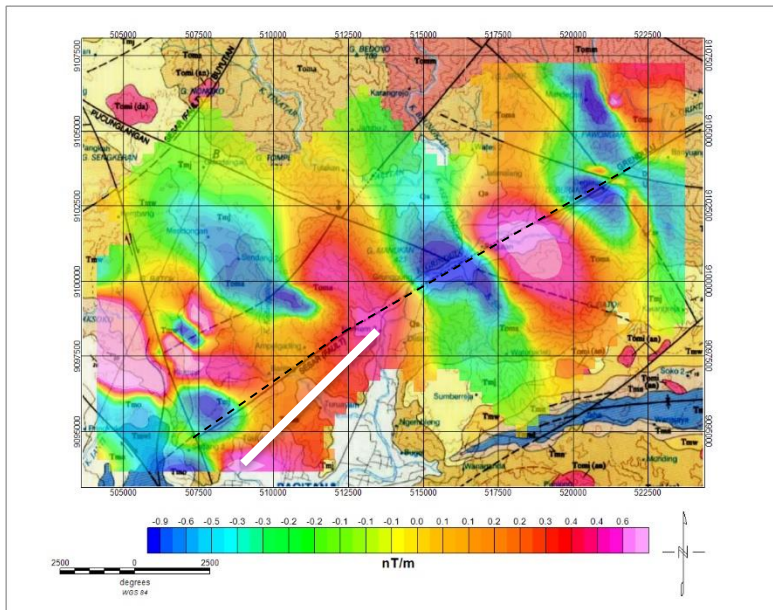
- 199–222). Geological Society of America.
[https://doi.org/10.1130/2008.2436\(10\)](https://doi.org/10.1130/2008.2436(10))
- Soehaimi, A. (2008). Seismotektonik dan Potensi Kegempaan Wilayah Jawa. *Indonesian Journal on Geoscience*.
<https://doi.org/10.17014/ijog.vol3no4.20085>
- Stocco, S., Godio, A., & Sambuelli, L. (2009). Modelling and Compact Inversion of Magnetic Data: A Matlab Code. *Computers & Geosciences*, 35(10), 2111–2118.
<https://doi.org/10.1016/j.cageo.2009.04.002>
- Suntoko, H., Nurdin, M., Sbs, Y., & Hamzah, I. (2012). *Pendeteksian Keberadaan Struktur Sesar Pada Batuan Vulkanik Dengan Metode Magnetik*. 10.
- Telford, W., Geldart, L., & Sheriff, R. E. (1990). *Applied Geophysics* (2nd ed.). Cambridge University Press.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN



Gambar 5.1 Korelasi gradien horisontal dengan sudut 40° dengan Peta Geologi



Gambar 5.2 Korelasi gradien horisontal dengan sudut 45° dengan Peta Geologi

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Nurul Mufidah, lahir di Gresik pada Hari Rabu tanggal 23 Desember 1998. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Pendidikan yang telah penulis tempuh yaitu TK Muslimat 4 Al-Falah Sembayat, Manyar Gresik (2004), MI Al-Falah Sembayat, Manyar Gresik (2010), MTs Ma'arif NU Assa'adah II, Bungah Gresik (2013), MA Ma'arif NU Assa'adah, Bungah Gresik (2016), dan penulis melanjutkan studinya di Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Analitika Data, ITS. Selama perkuliahan penulis berkecimpung di bidang Kesehatan GERIGI ITS 2017 dan juga Kesma Himasika ITS 2018-2019. Jika ada kritik, saran, atau diskusi mengenai Tugas Akhir dapat menghubungi penulis melalui nurulmufidah231298@gmail.com.

