TUGAS AKHIR - SF 184801

IDENTIFIKASI SEGMEN TIMUR SESAR GRINDULU MENGGUNAKAN METODE MAGNETIK DENGAN ANALISIS KUALITATIF

Eden Lazuardi
NRP 0111640000016

Dosen Pembimbing
Dr. Sungkono, M.Si

Departemen Fisika
Fakultas Sains
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

TUGAS AKHIR –SF 184801

IDENTIFIKASI SEGMEN TIMUR SESAR GRINDULU MENGGUNAKAN METODE MAGNETIK DENGAN ANALISIS KUALITATIF

Eden Lazuardi
NRP 0111640000016

Dosen Pembimbing
Dr. Sungkono, M.Si

DepartemenFisika
Fakultas Sains
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

FINAL PROJECT - SF 184801

IDENTIFICATION GRINDULU FAULT'S EASTERN SEGMENT USING MAGNETIC METHOD WITH QUALITATIVE ANALYSIS

Eden Lazuardi
NRP 0111640000016

Advisor Lecturer
Dr. Sungkono, M.Si

Department of Physics
Fakulty of Science
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

LEMBAR PENGESAHAN

Identifikasi Segmen Timur Sesar Grindulu Menggunakan Metode Magnetik dengan Analisis Kualitatif

Disusun untuk memenuhi syarat kelulusan mata kuliah
Tugas Akhir Program Strata 1
Departemen Fisika
Fakultas Sains dan Analitika Data
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
Eden Lazuardi
01111640000016

Surabaya, Agustus 2020

Menyetujui,
Dosen Pembimbing

Dr. Sungkono, M.Si
NIP. 19850702 201404.1.002

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS SAINS DAN ANALITIKA DATA
DEPARTEMEN FISIKA

Identifikasi Segmen Timur Sesar Grindulu Menggunakan Metode Magnetik dengan Analisis Kualitatif

Nama	**: Eden Lazuardi**
NRP	**: 01111640000016**
Departemen	**: Fisika, Fakultas Sains dan Analitika Data ITS**
Dosen Pembimbing	**: Dr. Sungkono, M.Si**

ABSTRAK

Sesar Grindulu merupakan salah satu sesar aktif yang berada di Kabupaten Pacitan. Akibat dari pergerakannya, sesar Grindulu diduga menjadi salah satu penyebab gempa bumi di Kabupaten Pacitan. Untuk mengidentifikasi posisi sesar ini, metode magnetik yang memberi tanggapan terhadap variasi suseptibilitas batuan diaplikasikan. Data magnetik yang terukur dilakukan beberapa koreksi dan pemisahan anomaly local dan regional. Masing-masing anomali ini selanjutnya dianalisis menggunakan metode *reduction to pole* (RTP), gradien horisontal (GH), dan *Analysis Signal* (AS) untuk mengidentifikasi keberadaan Sesar Grindulu. Hasil GH dan AS dapat mendeteksi jalur Sesar Grindulu pada beberapa lokasi. Selanjutnya, anomali magnetik total dianalisis menggunakan metode Dekonvolusi Euler (DE) untuk mengidentifikasi posisi sumber anomali. Dengan mengintegrasikan hasil GH, AS, dan DE dapat diketahui bahwa sumber anomali magnetik yang dihasilkan menunjukkan posisi Sesar Grindulu dengan pola kelurusan sama dengan peta geologi, yakni Timur Laut-Barat Daya, namun posisi yang ditunjukkan berada lebih ke selatan daripada informasi sesar di peta geologi. Selain itu, berdasarkan analisis Dekonvolusi Euler dapat diketahui kedalaman Sesar Grindulu yang berkisar ± 1000−5000 meter.

Kata Kunci: *Sesar Grindulu, Anomali regional, Gradien Horisontal, Analysis Signal, Dekonvolusi Euler*

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

Identification Grindulu Fault's Eastern Segment Using Magnetic Method with Qualitative Analysis

Name	**: Eden Lazuardi**
NRP	**: 01111640000016**
Department	**: Physics, Faculty of Science and Data Analytics ITS**
Advisor Lecturer	**: Dr. Sungkono, M.Si**

ABSTRACT

Grindulu Fault is one of the active faults located in the Pacitan Regency. As a result of its movement, the Grindulu fault is thought to be one of the causes of the earthquake in the Pacitan Regency. Consequently, in order to identify position of the fault, magnetic method that responds to variations in rock susceptibility is applied. Measured magnetic data carried out several corrections and separation of local and regional anomalies. Each anomaly is analyzed using the reduction to pole (RTP), horizontal gradient (GH), and Analysis Signal (AS) methods to identify the presence of the Grindulu Fault. The result of GH and AS can detect Grindulu Fault lines at several locations. Furthermore, the total magnetic anomaly has analyzed using the Euler Deconvolution (ED) method to identify the position of the source of the anomaly. Using integrating of GH, AS and ED, the result can be seen that the source of the magnetic anomaly produced shows the position of the Grindulu Fault with the same alignment pattern as the geological map, namely the Northeast-Southwest, but the position shown is further south than the fault information on the geological map. In addition, the ED result also demonstrate tha the depth of the Grindulu Fault has ranges from ± 1000-5000 meters.

Keywords: *Grindulu Fault, Regional Anomaly, Horizontal Gradient, Analysis Signal, Euler Deconvolution*

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

KATA PENGANTAR

Segala puji kepada Allah SWT yang telah memberikan petunjuk, kemudahan, kelancaran, dan berbagai nikmat, sehingga penulis dapat menyelesaikan penilitan Tugas Akhir yang berjudul "**Identifikasi Segmen Timur Sesar Grindulu Menggunakan Metode Magnetik dengan Analisis Kualitatif**" ini dengan maksimal dan membanggakan.

Selesainya penelitian ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Maka dengan segala hormat penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Sungkono, M.Si selaku Dosen Pembimbing, yang telah memberikan banyak masukan, kritik, arahan, dan berbagai nasehat dalam menyelesaikan penilitan maupun menjalani kehidupan ini.
2. Kedua orang tua dan kedua kakak penulis yang telah memberikan dukungan dan dorongan untuk terus maju dalam menjalankan sesuatu.
3. Keluarga besar Bapak Aminuddin dan Ibu Ani Pacitan, beserta anak-anaknya danyang berada di sebelah rumah Pak Amin. Kebaikan beliau-beliau yang menerima kehadiran penulis, merawat dan memperhatikan selayaknya bagian dari keluarga tersebut, sehingga penulis mampu menyelesaikan penilitan ini dengan sebaik-baiknya.
4. Rekan seperjuangan Tim Sukses TA Pacitan, Mbak Latifa (S2) dan Nurul Mufidah (Muf) yang selalu ikhlas membantu dan mendengarkan keluh kesah penulis serta selalu berbagi semangat dan duka selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Arif Haryono (S3) dan Mas Suryadi (Unmul Samarinda) yang membantu pengukuran data dan ikut menaklukan medan Pacitan yang penuh dengan tantangan.
6. Seluruh penghuni **Lab Geofisika Departemen Fisika ITS**, Pak Kiswanto, Sahabat Geo 16, adik-adik angkatan

2017 dan berbagai penghuni lainnya, yang menemani hari-hari penulis.

7. Keluarga Besar **Nirwasita 18/19**, yang selalu memberikan semangat dan guyonan.
8. Rion, yang setia menemani penulis menyelesaikan pengerjaan penelitian ini sejak awal mula tragedi COVID-19.
9. Serta semua orang dan pihak-pihak yang belum bisa disebutkan satu-persatu namun telah memberikan banyak bantuan, dukungan, dan doanya. Matur Nuwun.

Dengan ini penulis mengucapkan terima kasih pada para pembaca, dan mohon maaf jika masih terdapat kekurangan ataupun kesalahan dalam penelitian ini. Sehingga, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kebaikan penulisan Tugas Akhir ini. Semoga dapat bermanfaat bagi masyarakat dan dikembangkan agar nikmatnya ilmu pengetahuan dapat dirasakan setiap generasi.

Surabaya, 5 Agustus 2020

Penulis
Eden Lazuardi

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....v
ABSTRAK vii
ABSTRACT ix
KATA PENGANTAR.....xi
DAFTAR ISI xiii
DAFTAR GAMBAR xv
DAFTAR TABEL xvii
BAB I 1
PENDAHULUAN.....1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah.....2
1.3 Tujuan Penelitian.....3
1.4 Batasan Masalah.....3
1.5 Manfaat Penelitian.....3
1.6 Sistematika Penulisan.....3
BAB II.....5
TINJAUAN PUSTAKA.....5
2.1 Geologi Kabupaten Pacitan 5
2.2 Sesar/Patahan.....7
2.3 Metode Magnetik.....8
2.4 Magnetisasi Bumi 10
2.5 Medan Magnet Bumi 11
2.5.1 Medan Utama Bumi 11
2.5.2 Medan Magnet Luar 12
2.5.3 Anomali Medan Magnet.....13

2.6 Koreksi Data Magnetik 14
2.7 Reduksi Ke Kutub.....16
2.8 *Directional derivative* 17
2.9 *Analysis signal* (AS) 17
2.10 Dekonvolusi Euler 18
2.11 *Gaussian Filtering* 19
BAB III 21
METODOLOGI PENELITIAN 21
3.1 Peralatan Penelitian 21
3.2 Lokasi Penelitan.....21
3.3 Tahapan Penelitian.....22
BAB IV.....29
ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN.....29
4.1 Analisis Data.....29
4.2 Interpretasi Kualitatif 31
4.2.1 Analisis anomali lokal dan regional 31
4.2.2 Analisis RTP (*Reduce to The Pole*) 32
4.2.3 Analisis AS (*Analysis Signal*) dan Gradien Horizontal 35
4.3 *Dekonvolusi Euler* (Interpretasi Semi-kualitatif).....37
BAB V 41
KESIMPULAN 41
5.1 Kesimpulan 41
DAFTAR PUSTAKA.....43
LAMPIRAN 47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Peta Geologi Pacitan (Samodra et al., 1992b).....5
Gambar 2.2 (a) Sesar Normal (b) Sesar Balik (c) Sesar Geser Dextral (d) Sesar Geser Sinistrial.....7
Gambar 2.3 Estimasi Sesar Grindulu (Djadja, 2010).....8
Gambar 2.4 Deskripsi Reduksi Ke Kutub (Blakely, 1995)....17
Gambar 2.5 a)Persebaran medan magnetik total hasil observasi b)Persebaran medan magnetik setelah menggunakan analysis signal (Macleod et al., 1993).....18
Gambar 3.1 (a) Magnetometer (b) Kompas (c) GPS (d) Laptop 22
Gambar 3.2 Desain Pengukuran Lapangan 22
Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian.....23
Gambar 4.1 Medan magnetik total daerah penelitian.....29
Gambar 4.2 Data anomali lokal.....30
Gambar 4.3 Data anomali regional.....30
Gambar 4.4 Anomali lokal daerah penelitian.....32
Gambar 4.5 Anomali regional daerah penelitian.....32
Gambar 4.6 RTP anomali lokal.....33
Gambar 4.7 RTP anomali regional.....34
Gambar 4.8(a)Gradien horisontal pada anomali lokal (b)AS pada anomali lokal 36
Gambar 4.9 (a)Gradien horisontal pada anomali regional; (b)AS pada anomali regional. Tanda panah mengindikasikan pola anomali yang diduga sebagai Sesar Grindulu, lingkaran putus-putus menunjukkan anomali yang berkorelasi dengan Sesar Grindulu atau sesar lain disekitarnya, dan kotak menandai anomali sedang yang memotong ditengah dugaan jalur Sesar Grindulu. 36
Gambar 4.10 Hasil Dekonvolusi Euler data magnetik total dan interpretasinya.Posisi sumber anomali hasil masing-masing SI=1, SI=2, SI=3 yang digambar diatasgrid hasil data kedalamanya secara berurutan untuk (a), (b) dan (c); (d) Perbandingan estimasi posisi Sesar Grindulu berdasarkan peta geologi (Samodra et al., 1992b), AS, HG, dan dekonvolusi

Euler yang masing-masing ditandai oleh garis, panah, panah garis putus-putus, dan garis putus-putus. 40

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Suseptibilitas Batuan Sedimen 14
Tabel 2.2 Suseptibilats Batuan Beku..... 14
Tabel 2.3 Suseptibilats Batuan Metamorf 14
Tabel 2.4 Structural Index (SI) Magnetik (Everett, 2013) 19

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah salah satu negara yang berpotensi mengalami banyak gempa bumi.Salah satu penyebabnya adalah kondisi tektonik Indonesia yang berada pada pertemuan lempeng-lempeng besar dan lempeng kecil atau *microbloks*. Ada empat lempeng utama yang mengelilingi Indonesia, yaitu lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia, Lempeng Laut Filipina, dan Lempeng Pasifik (Pusat Studi Gempa Nasional (Indonesia), 2017).

Gempa bumi adalah berguncangnya bumi akibat getaran yang dihasilkan oleh percepatan energi yang dilepaskan dan menyebar ke berbagai arah dari pusat sumber energi. Gempa bumi yang sering terjadi di Indonesia mayoritas disebabkan oleh pertemuan antar lempeng tektonik yang menciptakan jalur gempa dan jalur vulkanisme dengan dampak yang besar terhadap distribusi penyebaran gempa (Hidayat and Santoso, 1997).

Sesar Grindulu dan Sesar Pucak merupakan golongan sesar aktif di Kabupaten Pacitan (Caesardi et al., 2018). Berdasarkan riwayat sejarahnya kedua sesar ini pernah menyebabkan gempa bumi. Selain itu, Pacitan pernah diguncang gempa sebesar 7 SR pada 20 Oktober 1859 dan pada Februari 2011 terjadi gempa bumi dengan episenter yang berada pada jalur Sesar Grindulu (Hidayat et al., 2012). Jalur sesar ini diperkirakan membujur dari Pacitan hingga Trenggalek. Selain itu, kajian ataupun penelitian mengenai Sesar Grindulu telah dilakukan oleh beberapa peneliti dengan menggunakan metode geofisika seperti, pemodelan anomali gravitasi (Parera, 2015), estimasi gelombang geser dengan metode mikrotremor (Caesardi et al., 2018), dan analisa kinematik dengan data bouger (Gultaf, 2014). Sesar Grindulu memiliki orientasi arah dari timur laut menuju barat daya dengan keterangan hasil reaktivasi dari sesar tua yang berada di batuan dasar (Gultaf, 2014).

Untuk menunjang serta menambah informasi mengenai kajian tentang Sesar Grindulu, pada penelitian ini mencoba untuk mengidentifikasi kembali Sesar Grindulu menggunakan metode magnetik. Metode magnetik adalah metode geofisika yang menggunakan variasi intensitas medan magnetik di permukaan bumi yang disebabkan adanya distribusi benda yang termagnetisasi di bawah permukaan bumi. Keberadaan sesar atau patahan dapat diidentifikasi dengan metode magnetik karena apabila terdapat suatu patahan maka terjadi perubahan struktur batuan atau peristiwa metamorfosis batuan karena deformasi lapisan akibat tekanan pada lapisan tersebut sehingga terdapat perbedaan nilai anomali magnetik (Fashihullisan et al., 2014).

Pada analisis data magnetik umumnya menggunakan beberapa metode pengolahan untuk mengetahui keberadaan anomali secara lebih jelas. Contoh dari metode pengolahan tersebut antara lain seperti metode *Reduce to the pole* (RTP), Gradien Horisontal, *Analysis Signal*, Dekonvolusi Euler, dan lain-lain. Penggunaan beberapa metode tersebut memiliki peran atau fungsi yang berbeda. Contohnya, menurut (Macleod et al., 1993) interpretasi data magnetik pada wilayah latitude mangetik rendah dapat diperjelas dengan proses integrasi arah vertikal berdasarkan perhitungan *Analysis Signal* dan peningkatan parameter lain menggunakan metode RTP. Selain itu, menurut (Atawa et al., 2019) batas tepi anomali dapat diidentifikasi berdasarkan deviasi dua arah horizontal yang diketahui (Utara-Selatan dan Timur-Barat) dan kedalaman dari sumber penyebab anomali dapat diperkirakan dengan perhitungan matematis persamaan homogenitas Euler. Sehingga pada penelitian ini digunakan metode magnetik dalam mengidentifiaksi Sesar Grindulu yang berdasarkan hasil analisis kualitatif dari beberapa metode.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang berusaha diselesaikan dalam Tugas Akhir ini antara lain:

1. Bagaimana menentukan anomali magnetik dari Sesar Grindulu di Kabupaten Pacitan?
2. Bagaimana menentukan perkiraan letak Sesar Grindulu?

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut merupakan tujuan dari penelitian ini:

1. Mengetahui anomali magnetik dari Sesar Grindulu di Kabupaten Pacitan
2. Menentukan perkiraan letak Sesar Grindulu

1.4 Batasan Masalah

Agar bahasan pada penelitian ini tidak menyimpang, maka disusun batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan di 3 daerah di Kabupaten Pacitan, yaitu daerah Gunung Sari, Djetis-Kidoel, dan Tegalombo

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah hasil penelitian dapat memberikan informasi, ilmu pengetahuan, dan wawasan.Kemudian harapan lainnya, dapat digunakannya hasil penelitian sebagai bahan pertimbangan bagi pemerintah daerah Kabupaten Pacitan mengingat seringnya terjadi gempa permukaan yang salah satu penyebabnya berasal dari pergerakan sesar-sesar yang ada.Penulis juga berharap penelitian ini bisa dikembangkan dan dimanfaatkan ke arah yang lebih baik lagi kedepannya.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada penelitian Tugas Akhir ini secara garis besar ialah sebagai berikut:

- BAB I PENDAHULUAN
  Bab ini berisi latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penilitan, dan sistematika penulisan.
- BAB II TINJAUAN PUSTAKA
  Bab ini berisi teori atau konsep dasar yang digunakan sebagai landasan dalam pengerjaan tugas akhir ini.
- BAB III METODE PENELITIAN

Metode penelitian berisi tentang penjelasan peralatan yang dibutuhkan, lokasi penelitian, dan kesuluruhan diagram alur penelitian.

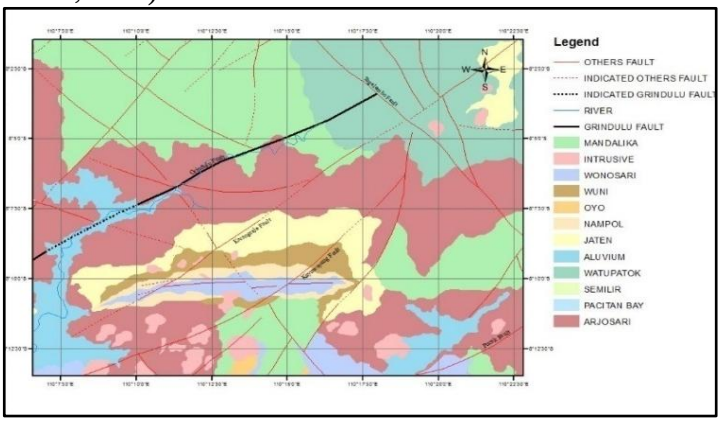
- BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN
  Bab ini berisi hasil dari pengukuran dan pengolahan data, serta pembahasan mengenai hasil yang telah didapatkan.
- BAB V KESIMPULAN
  Bab kesimpulan ini berisi jawaban-jawaban dari tujuan penelitian tugas akhir yang telah dituliskan.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Kabupaten Pacitan

Kabupaten pacitan terletak antara 110,55^{o}−111,25^{o} BT; 7,55^{o}−8,17^{o} LS dan termasuk dalam wilayah pantai selatan Pulau Jawa dengan garis pantai yang berhadapan langsung dengan Samudra Hindia. Hal tersebut yang menyebabkan Kabupate Pacitan termasuk dalam Zona Pegunungan Selatan. Zona Pegunungan Selatan pada daerah Jawa Timur cenderung berbentuk blok yang terangkat dan miring ke arah selatan (Caesardi et al., 2018).

Kabupaten Pacitan memiliki topografi mendatar dan bergunung dengan 85% wilayahnya didominasi pegunungan dan perbukitan. Wilayah Pacitan dengan topografi bergunung banyak dijumpai di bagian utara DAS Grindulu, antara lain seperti Kecamatan Nawangan, Bandar, Tegalombo, dan sebagian dari Kecamatan Arjosari (Pemerintah Kabupaten Pacitan, 2013).



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

Kabupaten Pacitan tersusun dalam 13 formasi batuan dengan 4 jenis batuan berdasarkan proses terbentuknya, yakni

batuan endapan permukaan, batuan sedimen, batuan gunung api, dan batuan terobosan (Samodra et al., 1992b).Formasi yang menyusun Kabupaten Pacitan dapat dilihat sebagaimana Gambar (2.1) yang dapat dideskripsikan sebagaimana berikut (Samodra et al., 1992b):

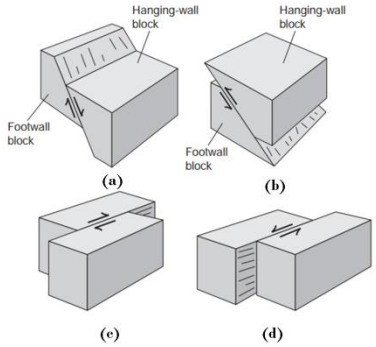
- Aluvium: Korakal, kerikil, pasir, lanau, lempung dan lumpur
- Formasi Kalipucang: Konglomerat dan lempung
- Formasi Wonosari: Batu gamping terumbu, batu gamping berlapis, batu gamping berkepingan, batu gamping pasiran, dan napal
- Formasi Oyo: Batu pasir gampingan, batu pasir tufan, batu lanau gampiagan, batu gamping tufan, napal pasiran, dan napal tufan
- Formasi Nampol: Batu pasir tufan, batu lanau, batu gamping tufan, batu lempung dan lignit, bersisipan konglomerat dan breksi
- Formasi Wuni: Breksi gunung api, tuf, batu pasir tufan, batu pasir sela dan batu lanau, bersisipan lignit dan batu gamping, setempat mengandung kayu terkesikkan
- Formasi Jaten: Konglomerat, batu pasir konglomeratan, batu pasir tufan, batu lumpur, batu lanau, lignit, serpih karbonan dan tuf, setempat belerang
- Formasi Campurdarat: Batu gamping hablur dan sisipan batu lempung tufan
- Formasi Semilir: Tuf, breksi batu apung, batu pasir tufan dan batu lempung
- Formasi Arjosari: Konglomerat aneka bahan, batu pasir, batu lanau, batu gamping, batu lempung, napal pasiran, batu pasir berbatu apung, bersisipan breksi gunung api, lava dan tuf

- Formasi Watupatok: Lava, sisipan batu pasir, batu lempung dan rijang
- Formasi Mandalika: Perselingan breksi gunung api, lava, tuf, bersisipan batu pasir tufan, batu lanau dan batu lempung.
- Batuan Terobosan: Andesit, dasit, basal, diorit

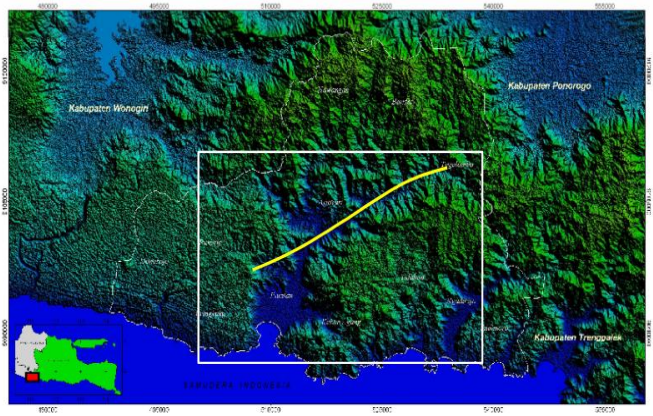
2.2 Sesar/Patahan

Sesar atau patahan merupakan suatu bidang rekahan batuan yang menimbulkan gerakan relatif suatu blok terhadap blok lainnya. Pergerakan sesar diakibatkan adanya arus konveksi di dalam bumi yang mampu menggerakkan lempeng-lempeng diatasnya sehingga memberikan tegangan (*stress*) pada batuan di kerak bumi. Akumulasi tegangan juga disertai dengan pelengkungan batuan yang semakin lama akan mencapai titik maksimumnya dan sewaktu-waktu akan terjadi pergeseran secara tiba-tiba (Sapitri, 2017).

Sesar dapat dikategorikan berdasarkan potongan garis horisontalnya seperti pada Gambar 2.2. Pada Gambar 2.2 (a) adalah sesar normal (*normal faults*) dimana posisi *hanging-wall* turun kebawah sedang pada Gambar 2.2 (b) adalah sesar balik (*reverse fault*) yang posisi *hanging-wall*nya naik ke atas. Selanjutnya pada Gambar 2.2 (c) adalah sesar geser lateral kanan (*dextral*) sedangkan Gambar 2.2 (d) adalah sesar geser lateral kiri (*sinistrial*) (Van der Pluijm and Marshak, 2004).



Gambar 2.2 (a) Sesar Normal (b) Sesar Balik (c) Sesar Geser *Dextral* (d) Sesar Geser *Sinistrial* (Van der Pluijm and Marshak, 2004)



Gambar 2.3 Estimasi Sesar Grindulu (Djadja, 2010)

Gambar 2.1 menunjukkan bahwa di Kabupaten Pacitan terdapat beberapa sesar, yakni: Sesar Punung, Sesar Pucunglangan, Sesar Buyutan, Sesar Rohtawu, Sesar Grindulu, Sesar Karangrejo, Sesar Kayuwayang, Sesar Tegalombo, Sesar Binade, Sesar Lorong, dan Sesar Pucak (Samodra et al., 1992b). Pada Februari 2011 pernah terjadi peristiwa gempabumi dengan episenter di sekitar jalur sesar Grindulu (Hidayat et al., 2012). Dengan demikian, jalur sesar Grindulu ini diklasifikasikan dalam kawasan rawan gempa bumi yang tinggi (Djadja, 2010). Sesar ini memiliki arah timur laut−barat daya (sebagaimana pada Gambar 2.1 dan Gambar 2.2).

2.3 Metode Magnetik

Metode magnetik adalah salah satu metode geofisika yang digunakan untuk mengetahui variasi medan magnet di bawah permukaan bumi. Metode ini tergolong dalam metode geofisika pasif karena tidak memerlukan medan eksternal saat melakukan pengukuran. Dalam metode ini, varisasi medan magnet disebabkan oleh variasi lateral dalam magnetisasi batuan di bawah permukaan bumi. Hasil variasi intensitas medan magnet yang terukur digunakan untuk mencitrakan distribusi bahan magnetik di bawah permukaan (Sapitri, 2017).

Metode magnetik muncul dari konsep gaya magnetik. Gaya magnetik adalah gaya yang disebabkan oleh hubungan antara dua kutub pada jarak tertentu dengan arah tiap kutub magnetik yang berbeda sehingga muncul gaya yang saling tarik menarik atau tolak menolak. Hubungan gaya magnetik dan kutub magnetik dinyatakan dalam hukum Coulomb, yakni gaya magnetik berbanding terbalik terhadap kuadrat jarak antara dua kutub magnetik. Pernyataan hukum tersebut dapat dituliskan dalam Persamaan 2.1

$$\overrightarrow{Fm} = \frac{1}{\mu}\frac{p_1 p_2}{r^2}\vec{r} \qquad (2.1)$$

dengan $\overrightarrow{Fm}$ merupakan gaya magnetik monopol pada p_1 dan p_2, r mengindikasikan jarak antara dua kutub, $\vec{r}$ adalah vektor satuan ber-arah dari p_1 ke p_2, p adalah muatan kutub 1 dan 2 monopol, dan μ merepresentasikan permeabilitas magnetik pada ruang hampa (Telford et al., 1990).

Batuan magnetik dapat dilihat sebagai kumpulan dari momen-momen magnetik. Jika suatu batuan magnetik diletakkan pada medan magnet bumi, batuan tersebut menjadi termagnetisasi karena induksi magnetik yang terjadi pada batuan tersebut oleh medan magnetik utama bumi.

Selanjutnya, kemampuan suatu bahan untuk menyearahnya momen-momen magnetik dalam medan magnet bumi disebut sebagai intensitas kemagnetan atau didefinisikan sebagai momen magnet persatuan volume, yang secara matematik didefinisikan sebagaimana Persamaan 2.2.

$$\overrightarrow{M} = \frac{\overrightarrow{m}}{V} \qquad (2.2)$$

Dengan $\overrightarrow{M}$ adalah intensitas magnetik, $\vec{m}$ menotasikan momen magnet, dan V adalahvolume benda (Suyatno, 2008).

Suatu batuan magnetik dapat termagnetisasi tergantung dari suseptibilitas magnetiknya. Suseptibilitas magnetik ini dapat dideskripsikan sebagai kemampuan suatu batuan dalam menerima sifat magnetik dari medan magnet bumi (Sapitri, 2017). Suseptibiltas juga berhubungan dengan intensitas

magnetik dan kuat medan magnetik yang dituliskan seperti Persamaan 2.3.

$$\overrightarrow{M} = k\overrightarrow{H} \tag{2.3}$$

Dengan*k* adalah suseptibilitas magnetik batuandan $\overrightarrow{H}$ adalah kuat medan magnetik bumi.

Suseptibilitas magnetik setiap batuan memiliki nilai yang berbeda-beda. Batuan beku memiliki suseptibilitas yang tinggi, batuan metamorf memiliki suseptibiltas menengah sampai rendah, dan batuan sedimen memilki suseptibilitas sangat rendah (Telford et al., 1990).

Suatu batuan yang berada dalam pengaruh medan magnet bumi akan mengalami magnetisasi, sehingga memiliki medan magnetik sendiri dan memiliki arah medan magnet yang sama dengan medan magnet bumi. Dengan demikian, hasil pengukuran medan magnet adalah hasil penjumlahan dua medan magnet tersebut. Proses magnetisasi yang terjadi pada batuan tersebut dikenal sebagai induksi magnetik yang dapat dirumuskan seperti pada Persamaan 2.4

$$\overrightarrow{B} = \mu_0 \left(\overrightarrow{H} + \overrightarrow{M}\right) \tag{2.4}$$

$$\overrightarrow{B} = \mu_0 \left(1 + k\right)\overrightarrow{H} \tag{2.5}$$

$$\overrightarrow{B} = \mu_0 \mu_r \overrightarrow{H} \tag{2.6}$$

dengan μ_0 adalah permeabilitas magnetik pada ruang hampa dan μ_r adala permeabilitas relatif (Sapitri, 2017).

2.4 Magnetisasi Bumi

Bumi terdiri atas tiga lapisan utama, yakni inti bumi, mantel bumi, kerak bumi. Inti bumi terbagi lagi menjadi inti bumi dalam dan inti bumi luar. Inti bumi dalam bersifat padat dan sebagian besar terdiri atas material besi dengan temperatur 5.700 ^{o}C, sedangkan inti bumi luar lebih bersifat fluida yang mengandung besi, nikel, dan bebera logam lain. Adanya perbedaan tekanan, temperatur, dan material penyusun pada inti bumi dalam dan luar menyebabkan timbulnya medan magnet utama bumi. Hubungan antara medan magnet utama bumi dengan kerak bumi menyebabkan adanya anomali

medan magnet bumi dan anomali inilah yang biasa digunakan untuk melakukan pengukuran dalam eksplorasi (Sapitri, 2017).

2.5 Medan Magnet Bumi

Bumi dianggap sebagai sebuah magnet speris yang sangat besar dengan medan magnet yang mengelilinginya. Medan magnet tersebut dihasilkan oleh suatu dipole magnet yang terletak di pusat bumi dengan sumbu dipole yang bergeser 11° dari sumbu rotasi bumi atau dengan kata lain kutub utara geografis bumi tidak terletak pada tempat yang sama dengan posisi kutub selatan geografis bumi. Pengaruh kutub utara dan selatan bumi dipisahkan oleh garis khatulistiwa magnet dengan intensitas magnet tertinggi berada di kutub dan terendah pada khatulistiwa.

Secara umum, medan magnet yang terukur di bumi terbagi menjadi tiga, yaitu medan utama bumi, medan magnet luar, dan anomali medan magnet (Wulandhari, 2017).

2.5.1 Medan Utama Bumi

Medan magnet utama bumi muncul akibat adanya arus elektromagnetik dari sirkulasi konveksi antara inti luar bumi dengan inti dalam bumi. Inti bumi dalam merupakan padatan yang mengandung besi, nikel, dan logam lain, sehingga dapat berfungsi sebagai konduktor listrik yang baik.

Proses sirkuliasi konveksi antara dua lapisan inti bumi ini dapat menghasilkan aliran elektron atau arus listrik. Arus listrik yang mengalir pada konduktor akan menghasilkan medan magnet bumi atau disebut dengan geodinamo. Medan magnet ini merupakan sumber medan magnet utama bumi. Nilai medan magnet utama bumi tidak tetap dan berubah-ubah terhadap waktu dengan variasi perubahan yang sangat kecil. Oleh karena itu ditentukanlah standar nilai yang disebut dengan IGRF (*International Geomagnetics Reference Field*) yang selalu diperbarui setiap lima tahun.

Arah medan magnet di permukaan bumi dijabarkan dalam dua unsur medan magnet, yakni deklinasi (D) dan inklinasi (I). Deklinasi adalah sudut antara arah utara magnetik dengan arah utara geografi. Deklinasi dapat bernilai positif atau negatif

sesuai dengan letak pengukuran. Jika jarum kompas mengarah sesuai arah jarum jam terhadap utara geografi maka deklinasi bernilai positif atau menunjukkan timur, berlaku juga untuk sebaliknya jika jarum kompas berlawanan arah jarum jam terhadap utara geografi maka deklinasi negatif atau menunjukkan barat. Inklinasi adalah sudut antara bidang horizontal (H) dengan total medan magnet (F) (Sapitri, 2017).

2.5.2 Medan Magnet Luar

Sinar ultraviolet matahari yang mengenai langsung lapisan atmosfer bagian terluar akan mempengaruhi bidang geomagnetik. Akibat adanya interaksi tersebut, pada lapisan atmosfer mengalami ionisasi. Proses ionisasi ini membuat bidang geomagnetik akan berasosiasi atau terpengaruh aliran elektron yang berada di lapisan atmosfer. Bidang geomagnetik atau medan magnet luar yang telah berubah ini menyebabkan variasi waktu lebih cepat daripada yang disebabkan oleh medan utama bumi. Beberapa efeknya antara lain adalah:

a. Siklus 11 tahunan yang berhubungan dengan aktivitas sunspot
b. Variasi harian dengan periode 24 jam dalam rentang 30 nT yang bervariasi berdasarkan latitude dan musim serta kemungkinan dikontrol oleh pergerakan angin
c. Variasi harian dengan periode 25 jam dengan amplitudo relatif kecil (± 2 nT) yang bervariasi sepanjang bulan
d. Badai magnetik yang terjadi dalam periode yang tidak beraturan, sehingga sering disebut gangguan yang bersifat transient. Besar medan magnetnya mencapai 1000 nT, sehingga menjadi hal yang perlu dihindari saat pengukuran

Variasi waktu dan spasial medan utama bumi berpengaruh signifikan pada prospeksi magnetik kecuali untuk badai magnetik tertentu. Variasi harian dapat dikoreksi menggunakan *base-station magnetometer* (Telford et al., 1990).

2.5.3 Anomali Medan Magnet

Besarnya anomali magnetik disebabkan oleh medan magnetik remanen dan medan magnet induksi. Pada proses magnetisasi batuan, medan magnetik remanen memiliki pengaruh yang besar terutama pada besar dan arah medan magnetnya. Namun pengaruh ini rumit untuk diamati karena berkaitan dengan persitiwa magnetisasi sebelumnya.

Sifat kemagnetan batuan ditentukan oleh suseptibilitas dari batuan tersebut, hal itu dapat digolongkan sebagai berikut (Perdana and Suaidi, 2014):

a. Diamagnetik

   Batuan diamagnetik tersusun atas atom-atom dengan elektron yang jenuh, dimana setiap elektron berpasangan dan memiliki spin berlawanan di setiap pasangan. Suseptibilitas magnetiknya negatif yang sangat lemah, sekitar 10^{-5} SI. Batuan yang tergolong diamagnetik antara lain, batuan kuarsa, marmer, grafit, gipsum dan sebagainya.

b. Paramagnetik

   Batuan paramagnetik memiliki suseptibilitas magnetik yang positif dan lemah, sekitar 10^{-2} SI. Atom-atom dari batuan paramagnetik memiliki momen magnet permanen yang berinteraksi satu sama lain secara lemah. Batuan yang tergolong paramagnetik adalah batuan olivine, pyroxene, amphibole, dan biotit.

c. Feromagnetik

   Batuan feromagnetik tergolong batuan yang mudah terinduksi medan magnet luar karena memiliki banyak kulit elektron sehingga suseptibilitasnya cenderung positif dan tinggi. Suhu menjadi hal utama yang memengaruhi sifat feromagnetik ini, batuan feromagnetik dapat kehilangan sifat magnetisasinya jika melewati suhu Curie dan berubah menajdi paramagnetik. Batuan yang tergolong feromagnetik antara lain, pyrit, magnetit, dan sebagainya.

Tabel 2.1, Tabel 2.2, dan Tabel 2.3 merupakan nilai suseptibilitas dari jenis masing-masing batuan sedimen, batuan beku, dan batuan metamorf (Telford et al., 1990).

Tabel 2.1 Suseptibilitas Batuan Sedimen

Nama batuan	**Kisaran (x10-3)**	**Rata-rata (x10-3)**
Dolomite	0-0,9	0,1
Limestone	0-3	0,3
Sandstone	0-20	0,4
Shales	0,01-15	0,6

Tabel 2.2 Suseptibilats Batuan Beku

Nama batuan	**Kisaran (x10-3)**	**Rata-rata (x10-3)**
Granite	0-50	2,5
Rhyolite	0,2-35	
Dolorite	1-35	17
Augite-syenite	30-40	
Olivine-diabase		25
Diabase	1-160	55
Porphyry	0,3-200	60
Gabbro	1-90	70
Basalts	0,3-175	70
Diorite	0,6-120	85
Pyroxenite		125
Peridotite	90-200	150
Andesite		160

Tabel 2.3 Suseptibilats Batuan Metamorf

Nama batuan	**Kisaran (x10-3)**	**Rata-rata (x10-3)**
Amphibolite		0,7
Schist	0,3-3	1,4
Phyllite		1,5
Gneiss	0,1-25	
Quartzite		4
Serpentine	3-17	
Slate	0-35	6

2.6 Koreksi Data Magnetik

Data pengukuran perlu melewati tahap koreksi dari pengaruh medan magnet lain agar anomali magnetik dapat diketahui. Ada dua koreksi utama yang dilakukan dalam

pengukuran data magnetik meliputi koreksi diurnal (harian) dan koreksi IGRF.

2.6.1 Koreksi Harian (Diurnal)

Koreksi harian adalah koreksi untuk menghilangkan pengaruh medan magnet luar. Variasi medan magnet yang ada sebagian bersumber dari medan magnet luar akibat perputaran arus listrik pada lapisan ionosfer. Koreksi harian dilakukan dengan perhitungan waktu pengukuran pada setiap titik dan dikurangi dengan waktu pengukuran di *base station*. Koreksi harian dapat dituliskan seperti pada Persamaan 2.7

$$H = \frac{(t_n - t_{awal})}{(t_{akhir} - t_{awal})}(H_{akhir} - H_{awal}) \tag{2.7}$$

dengan H adalah nilai intensitas magnetik total, t_n adalah waktu pengukuran pada titik tertentu, t_{awal} adalah waktu pengukuran awal di base station, t_{akhir} adalah waktu pengukuran akhir di base station, H_{akhir} adalah intensitas medan magnet pada titik akhir, dan H_{awal} adalah intensitas magnetik pada titik awal (Wulandhari, 2017).

2.6.2 Koreksi IGRF (International Geomagnetic Refrence Field)

Koreksi IGRF merupakan koreksi yang dilakukan untuk menghilangkan pengaruh medan magnet utama bumi. Koreksi ini digunakan karena medan magnet bumi bervariasi secara alami. IGRF (*International Geomagnetic Refrence Feild*) adalah acuam geomagnet internasional yang tidak terganggu pada setiap titik di permukaan bumi. Koreksi IGRF dilakukan dengan cara mengurangkan nilai intensitas medan magnet terukur dengan nilai IGRF atau medan magnet utama bumi (H_0) daerah pengukuran. Dengan demikian, intensitas magnetik (ΔH) dapat dideskripsikan sebagimana berikut:

$$\Delta H = H - H_0 \tag{2.8}$$

2.7 Reduksi Ke Kutub

Reduksi ke kutub atau *reduction to pole* (RTP) digunakan untuk mengeliminasi pengaruh inklinasi dan deklinasi medan magnet utama bumi pada wilayah pengukuran. Dengan proses reduksi ke kutub, data magnetik yang terukur disembarang tempat ditransformasi "seakan-akan" terukur pada kutub magnet bumi (yakni sudut inklinasi benda 90° dan deklinasi 0°). Secara matematik, RTP dapat dilakukan melalui proses filter atau konvolusi dari data dan filter RTP sebagaimana berikut:

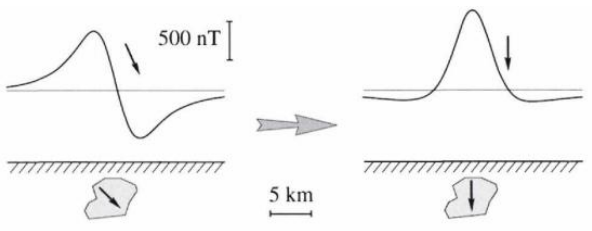
$$F\left[RTP\right] = F\left[\Delta H\left(x, y\right)\right] R\left(\theta\right) \tag{2.9}$$

Dengan $F\left[...\right]$ merupakan transformasi Fourier dari suatu data,serta $\theta = \arctan\left(k_x / k_y\right)$. Sedangkan, $R\left(\theta\right)$ merupakan filter RTP yang dapat dituliskan sebagai berikut:

$$R\left(\theta\right) = \frac{1}{\left(i\cos\left(I\right)\cos\left(D-\theta\right)+\sin\left(I\right)\right)^2} \tag{2.10}$$

Dengan i merupakan bilangan imaginer, I dan D menotasikan sudut inklinasi dan deklinasi magnet bumi suatu daerah pengukuran.

Gambar 2.3 merupakan deskripsi penggunaan analisa RTP. Gambar ini menunjukkan bahwa keberadaan anomali yang sebelumnya memiliki arah medan dengan sudut tertentu setelah mengalami RTP arahnya menjadi tegak lurus searah dengan medan magnet utara bumi dan keberadaaan anomali tepat berada diatas sumber penyebabnya atau *shallow bodies*.



Gambar 2.4 Deskripsi Reduksi Ke Kutub (Blakely, 1995)

2.8 *Directional derivative*

Directional derivative merupakan salah satu transformasi matematis yang digunakan untuk memberikan hasil yang lebih tajam pada anomali data magnetik yang terisolasi. Terdapat tiga komponen dalam *directional derivative*, yaitu komponen horizontal X, komponen horizontal Y, dan komponen vertikal. Komponen horizontal pada umumnya digunakan untuk menentukan lokasi anomali pada kontak vertikal yang terisolasi. Perhitungan matematis, *derivative* ke-n untuk komponen horizontal dapat ditunjukkan menggunakan Persamaan 2.11 dan 2.12 (Blakely, 1995).

$$F\left[\frac{d^n\phi}{dx^n}\right] = \left(ik_x\right)^n F\left[\phi\right] \tag{2.11}$$

$$F\left[\frac{d^n\phi}{dy^n}\right] = \left(ik_y\right)^n F\left[\phi\right] \tag{2.12}$$

Dengan ϕ menotasikan intensitas magnetik total, $F\left[...\right]$ mengindikasikan transformasi Fourier dari suatu data, i merepresentasikan bilangan imaginer, k_y dan k_x secara berurutan merupakan bilangan gelombang komponen Y dan X. Sedangkan untuk komponen vertikal digunakan dalam mempertajam keberadaan anomali dangkal dan pada kasus tertentu dan untuk mereduksi anomali-anomali yang dominan (Palupi, 2017). Perhitungan matematis komponen vertikal dapat ditunjukkan padaPersamaan 2.13 (Blakely, 1995).

$$F\left[\frac{\partial^2\phi}{\partial z^2}\right] = k_x^2 F\left[\phi\right] + k_y^2 F\left[\phi\right] = \left|k^2\right| F\left[\phi\right] \tag{2.13}$$

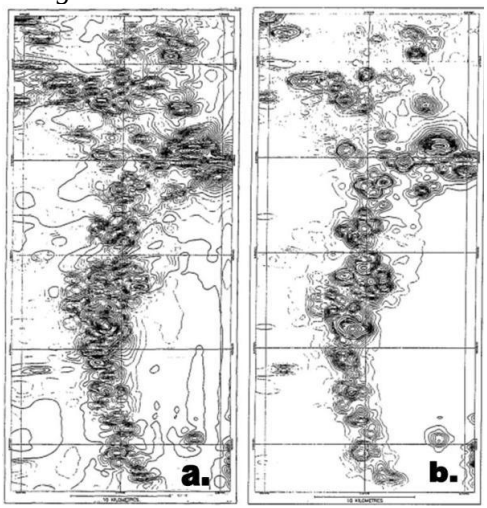
2.9*Analysis signal* (AS)

Metode *analysis signal* adalah metode gabungan dari metode *directional derivative* komponen horizontal dan

vertikal. Metode *analysis signal* tidak terpengaruh oleh arah medan magnetisasi, melainkan dipengaruhi oleh nilai amplitudo dari magnetisasi itu sendiri. Hasil analisis signal dapat menunjukkan bagian tepi tubuh magnetik secara lebih jelas. Amplitudo *analysis signal* yang berasal dari tiga gradien ortogonal pada medan mangetik total, seperti pada Persamaan (2.14) (Macleod et al., 1993).

$$\left|A(x,y)\right| = \sqrt{\left(\frac{\partial M}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial M}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial M}{\partial z}\right)^2} \qquad (2.14)$$

Pada Gambar 2.4 merupakan contoh hasil interpretasi menggunakan metode *analysis signal*, terlihat perbedaan bagian tubuh anomali yang sangat jelas dimana puncak anomali terlihat dan memiliki batas tepi yang lebih tegas pada hasil *analysis signal*.



Gambar 2.5 a)Persebaran medan magnetik total hasil observasi b)Persebaran medan magnetik setelah menggunakan *analysis signal* (Macleod et al., 1993)

2.10 Dekonvolusi Euler

Dekonvolusi Euler merupakan metode yang didasari oleh persamaan Homogenitas Euler. Proses perhitungan metode ini dilakukan melalui parameter medan gravitasi atau

komponen penyebab medan magnetik didefinisikan sebagai tingkatan homogenitas yang dikenal dengan *Structural Index* (SI). Persamaan Homogenitas Euler dapat ditunjukkan seperti Persamaan 2.15.

$$\left(x-x_0\right)\frac{\partial T}{\partial x}+\left(y-y_0\right)\frac{\partial T}{\partial y}\left(z-z_0\right)\frac{\partial T}{\partial z}=N\left(B-T\right) \quad (2.15)$$

Dengan $\left(x_0, y_0, z_0\right)$ adalah letak dari sumber magnetik, B adalah medan magnetik, dan N adalah nilai *structural index* (SI) (Atawa et al., 2019). Nilai SI dapat dilihat pada Tabel 2.4. Selanjutnya, perhitungan letak sumber anomali melibatkan Persamaan 2.11−2.13 serta melibatkan proses inversi.

Tabel 2.4 *Structural Index* (SI) Magnetik (Everett, 2013)

Causative Body	*Equivalent Source*	*Structural Index* (N)
Fault	*None*	1
Semi-infinite sheet	*Line of poles*	1
Finite sheet	*Line of dipoles*	2
Semi-infinite thin dike	*Pole*	2
Finite thin dike	*Dipole*	3

2.11 *Gaussian Filtering*

Teknik *Gaussian Filtering* adalah metode filter linier yang menggunakan persebaran data dalam matriks kernel Gaussian. Hasil yang didapat merupakan keluaran dari operasi dekonvolusi antara matriks kernel dengan nilai data magnetik. Matriks kernel Gaussian diperoleh berdasarkan fungsi distribusi Gaussian seperti Persamaan 2.16 (Karunianto et al., 2017).

$$G\left(i, j\right)=c.e^{-\frac{\left(i-u\right)^2+\left(j-v\right)^2}{2\sigma^2}} \quad (2.16)$$

dengan $G\left(i, j\right)$ mengindikasikan matriks kernel gauss, c menotasikan konstanta, $\left(i, u, j, v\right)$ menunjukkan anggota dalam matriks, dan σ adalah konstanta yang bergantung pada ukuran matriks kernel Gaussian.

*Gaussian Filte*r digunakan sebagai metode pemisahan anomali regional dan residual. Dari hasil penggunaanya memungkinkan untuk diketahui citra persebaran anomali (Arfaoui et al., 2018).

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Peralatan Penelitian

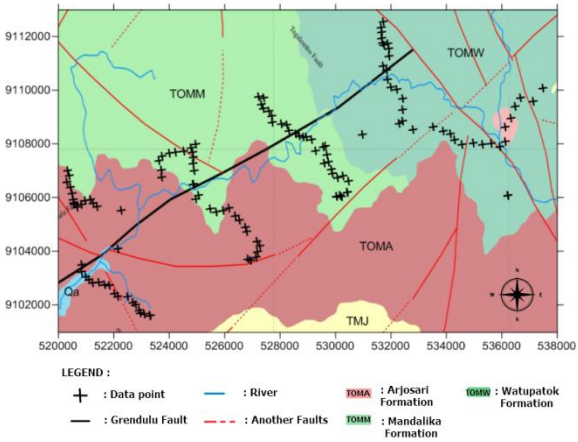
Peralatan yang digunakan untuk penelitian Tugas Akhir ini sebagimana Gambar 3.1, yang antara lain:

1. Magnetometer
   Alat ini digunakan untuk mengukur nilai magnetik pada wilayah pengukuran berdasarkan nilai refrensi IGRF (*International Geomagnetic Refrence Field*). Pada penelitian ini menggunakan 2 buah magnetometer, yaitu Magnetometer *Envi Scintrex* dan *Geoproton Memory* Magnetometer. Satu magnetometer (*Envi Scintrex*) digunakan untuk mengukur medan magnetik di *base station*, dan yang lainnya untuk *rofer* (*Geoproton Memory* Magnetometer).
2. Kompas
   Kompas digunakan untuk menentukan arah mata angin dan untuk menyesuaikan arah acuan pada antena magnetometer.
3. GPS (*Global Positioning System*)
   GPS digunakan untuk mencatat koordinat titik pengambilan data. Pada penelitian ini menggunakan GPS tipe Garmin.
4. Laptop
   Laptop digunakan untuk pengolahan data setelah selesai pengambilan data penelitian.

3.2 Lokasi Penelitan

Penelitian tugas akhir ini dilakukan di Kabupaten Pacitan, tepatnya pada koordinat 110°55 – 111°25’ BT dan 7°55’ – 8°17’ LS. Sebaran titik pengukuran direpresentasikan oleh tanda + pada Gambar 3.2. Gambar ini menunjukkan bahwa titik-tik pengukuran memotong Sesar Grindulu.

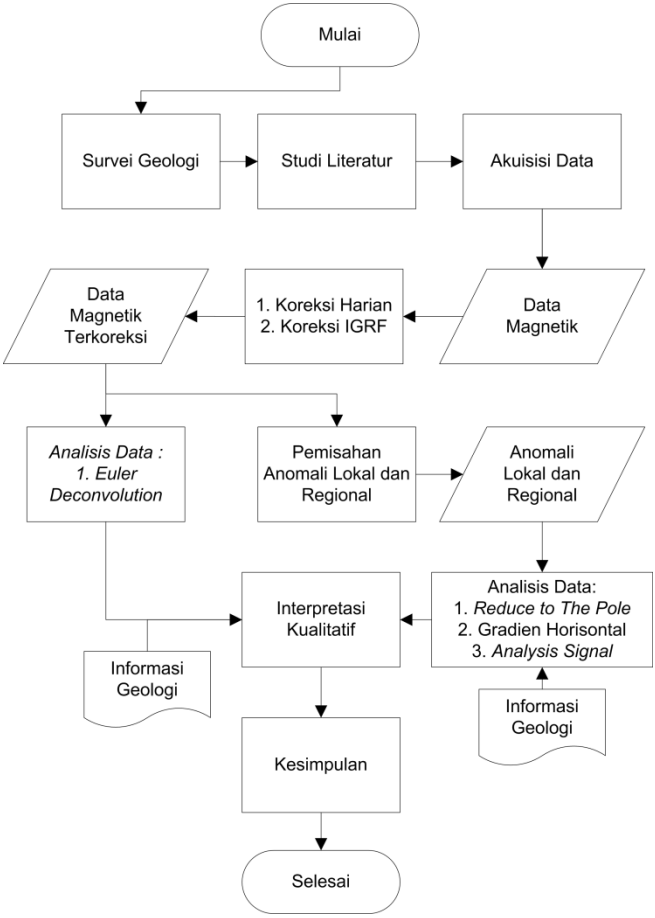
Gambar 3.1 (a) Magnetometer (b) Kompas (c) GPS (d) Laptop



Gambar 3.2 Desain Pengukuran Lapangan

3.3 Tahapan Penelitian

Alur penelitian Tugas Akhir ini dapat digambarkan secara ringkas sebagaimana Gambar 3.3. Selanjutnya, gambar ini dapat dideskripsikan sebagaimana berikut:



Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian

1. Survei Geologi

Hal pertama yang dilakukan pada penelitian ini ialah survei geologi. Survei dilakukan untuk mengetahui kondisi geologi setempat.Termasuk formasi batuan dan informasi mengenai Sesar Grindulu yang melewati Kabupaten Pacitan.

2. Studi Literatur

Dalam penelitian ini, diperlukan pemahaman terkait konsep-konsep dasar mengenai medan magnetisasi Bumi, metode magnetik, sifat kemagnetan suatu batuan, koreksi data

magnetik, dan langkah-langkah interpretasi kualitatif data magnetik. Konsep-konsep tersebut dijadikan sebagai acuan dalam penelitian. Konsep dasar ini dapat dipelajari dari berbagai sumber, antara lain: buku, jurnal, dan tugas akhir yang mampu menjadi pendukung penelitian.

3. Akuisisi Data

Tahap ini dilakukan melalui beberapa bagian, yaitu:

a. Pembuatan desain akuisisi data

Akuisisi data dimulai dengan pembuatan desain akuisis data. Selanjutnya, ditentukan jumlah titik pengukuran dan juga letak titiknya. Titik pengukuran mengacu pada informasi dugaan arah Sesar Grindulu dengan banyak titiknya berjumlah 130 titik dan terbagi ke dalam 4 lintasan.

b. Sinkronisasi alat dan pencarian nilai IGRF serta informasi inklianasi dan deklinasi Kabupaten Pacitan

Dalam penggunaan alat magnetometer perlu memasukkan infomasi nilai IGRF serta tanggal dan tahun pengukuran. Hal ini dilakukan untuk sinkronisasi pada keduanya (dua alat magnetometer). Informasi IGRF yang digunakan pada saat melakukan pengukuran bulan November 2019 bernilai 44997,1 nT.

c. Pengambilan data

Dalam proses pengambilan data, hendaknya menghindari hal-hal yang dapat mempengaruhi nilai medan magnetic, yaitu dengan melakukan pengukuran pada tempat yang berjauhan dengan material yang mengandung logam seperti tiang listrik dan beton, serta menjauhi “sumber-sumber” medan magnetik yang menjadi noise pengukuran, misalnya: kabel yang dialiri arus listrik.

4. Pengolahan data

Setelah data terkumpul dan tersusun berdasarkan lintasan dan waktu pengukuran, maka dilanjutkan dengan pengolahan data. Pengolahan data magnetik dilakukan dengan beberapa tahap, yaitu:

a. Koreksi Data

Data yang didapat dari pengukuran, kemudian dimasukkan ke laptop terlebih dahulu dan disimpan pada *Microsoft Excel*. Selain itu, data disusun berdasarkan waktu dan lintasan pengukuran. Data anomali magnetik yang sudah disusun, kemudian dirata-rata, karena pada setiap titik pengukuran dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali. Pengulangan dilakukan untuk mencegah perbedaan nilai yang terlalu tinggi.

Selanjutnya, koreksi hariandilakukan pada datamagnetikpengukuran dengan menggunakan Persamaan 2.7. Setelah itu, koreksi IGRF dilakukan dengan cara mengurangkan data yang telah terkoreksi variasi harian dengan nilai IGRF wilayah pengukuran sebesar 44997,1 nT.

b. Pemisahan Anomali Lokal dan Regional

Data hasil koresi variasi harian dan koreksi IGRF dapat disebut dengan data anomali magnetik total. Sebab anomali magnetik total merupakan gabungan dari tiga sumber, yakni: sumber di dekat permukan (anomali lokal), sumber dalam atau berada pada bagian kerak bumi (anomali regional), dan *noise*. Maka, pemisahan anomalilokal dan regional dari anomali magnetik total perlu dilakukan. Pada penelitian ini, pemisahan anomali lokal dan regional dilakukan dengan menggunakan *software Oasis Montaj*, yakni dengan memanfatkan filter Gaussian Regional/Residual.

c. Analisis Kualitatif

Analisa kualitatif anomali magnetikdilakukan mengunakan 3 metode untuk masing-masing data anomali lokal dan regional, antara lain: *Reduce to The Pole* (RTP), Gradien Horisontal, dan *Analysis signal* (AS). Selain itu, digunakan juga metode Dekonvolusi Euler pada data anomali magnetik total.

- Analisis *Reduce to The Pole* (RTP)/ Reduksi ke kutub

Masing-masing data anomali lokal dan regional kemudian diolah kembali dengan transformasi *Reduce to*

The Pole (RTP) atau Reduksi ke Kutub. Transformasi ini dilakukan dengan menggunakan Persamaan (2.10) yang berfungsi untuk menempatkan posisi anomai sesuai arah mangetik kutub utara pada posisi inklinasi 90° dari inklinasi pengukuran. Artinya, anomaliseolah-olah berada diatas benda atau sumber anomali tersebut.

Pada *software Oasis Montaj* dapat dipilih menu filter RTP dan mengisi nilai inklinasi dan deklinasi daerah pengukuran. Informasi mengenai inklinasi dan deklinasi suatu daerah dapat dicari melalui http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/. Nilai inklinasi dan deklinasi pada penelitian ini masing-masing adalah $-32,5^o$ dan $0,88^o$.

- Analisis Gradien Horizontal

  Anomali lokal dan regional diproses kembali menggunakan gradien horizontal, sebagaimana Persamaan 2.11−2.12. Kegunaan dari gradien horizontal ini adalah mempertajam anomali-anomali sudut dan menonjolkan keberadaan *shallow source* (Blakely,1995). Horizontal gradien berguna untuk menunjukkan perubahan anomali secara lateral pada bagian tepi tubuh anomali.
- *Analysis signal* (AS)

  Analysis signal (AS) merupakan analisis gabungan dari horizontal dan vertikal *derivative*yang dilakukan melalui domain bilangan gelombang. Artinya, proses ini dilakukan dengan menggunakanpendekatan FFT (*Fast Fourier Transform*). Analisis ini juga berguna untuk memperjelas anomali tepi data magnetik. Karateristik pada *analisys singal* ini adalah terlepas dari pengaruh arah magnetisasi sumber magnetik atau *source*-nya.
- Dekonvolusi Euler

  Dekonvolusi Eulerdigunakan dalam memperkirakan kedalaman dari puncak anomali bernilai tinggi dari data medan amgntik total. Dalam proses ini menggunakan metode perhitungan Homogenitas Euler yang didalamnya menggunakan parameter medan magnetik yang didefinisikan sebagai *structural index* (SI).
- Perbandingan dengan kondisi geologi wilayah

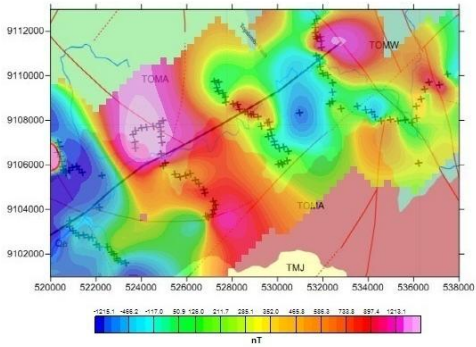
Setelah didapatkan hasil pengolahan RTP, *Directional derivative*, *Analysis signal* (AS), dan Dekonvolusi Euler kemudian dibandingakan setiap hasilnya berdasarkan kecenderungan anomali magnetik pada setiap pengolahan. Dari persebaran setiap anomali selanjutnya diinterpretasikan dengan melihat informasi geologi wilayah pengukuran beserta sifat suseptibilitas batuan yang ada pada referensi.

"Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV
ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Data

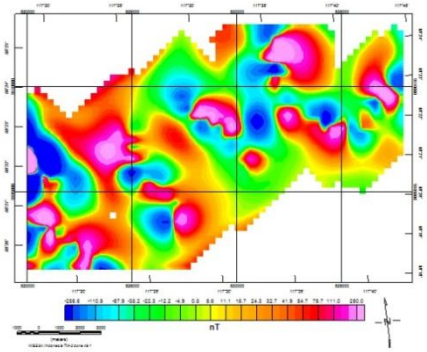
Data yang didapatkan dari tahap pengukuran merupakan nilai medan magnetik yang belum terkoreksi. Dalam analisis data, data tersebut perlu dikoreksi terlebih dahulu menggunakan koreksi variasi harian atau diurnal dan koreksi IGRF. Masing-masing koreksi digunakan untuk menghilangkan pengaruh medan magnet luar dan medan magnet utama bumi, sehingga dapat dihasilkan anomali medan magnetik total.



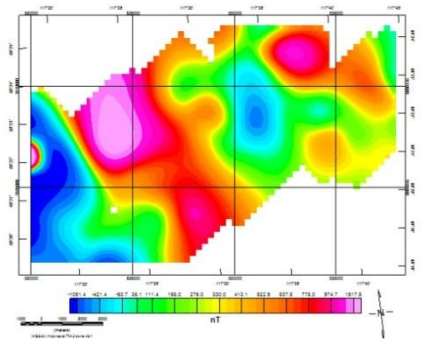
Gambar 4.1 Medan magnetik total daerah penelitian

Gambar 4.1 merupakan medan magnetik total yang dihasilkan pada daerah penelitian. Pada data ini, masih mengandung data dengan bilangan gelombang yang rendah dan tinggi. Masing-masing bilangan gelombang tersebut mewakili adanya anomali lokal dan anomali regional. Oleh sebab itu, perlu dilakukan pemisahan anomali lokal dan regional dari anomali magnetik total. Pemisahan anomali ini menggunakan filter *Gaussian Regional/Residual*. Pemisahan ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui keberadaan anomali magnetik yang berhubungan dengan kedalaman dari sumber anomali tersebut. Anomali lokal pada umumnya disebabkan oleh sumber anomali dangkal atau berada di dekat permukaan dengan bilangan gelombang lebih tinggi daripada

sumber anomali regional yang biasanya menunjukkan sumber anomali yang lebih dalam.



Gambar 4.2 Data anomali lokal



Gambar 4.3 Data anomali regional

Gambar 4.2 dan Gambar 4.3 secara berurutan adalah hasil pemisahan anomali lokal dan regional. Dalam membantu proses interpretasi, masing-masing data anomali lokal dan regional kemudian dianalisis kembali menggunakan beberapa metode seperti RTP, GradienHorisontal danAS. Selain itu, untuk mengetahui keberadaan atau letak anomali secara kuantitatif, data magentik total dapat dianalisis menggunakan metode Dekonvolusi Euler.

Pada umumnya, analisis RTP, Gradien Horisontal dan AS mampu menununjukkan keberadaan suatu anomali

berdasarkan letak sumbernya. Berdasarkan konsepnya, RTP dilakukan dengan mengubah sudut inklinasi dan deklinasi dari data magnetik sehingga anomali berada diatas letak sumbernya (Blakely, 1995) sedangkan AS memanfaatkan nilai amplitudo magnetik yang tidak dipengaruhi arah medan magnetisasi (Macleod et al., 1993). Analisis AS dapat dibandingkan dengan hasil gradien horisontal yang menunjukkan posisi sumber anomali dengan amplitudo tinggi secara lateral (Daud et al., 2019). Kemudian, Dekonvolusi Euler dapat disebut juga sebagai metode semi-otomatis dalam memperkirakan kedalaman sumber anomali serta dapat diterapkan dalam data skala besar (Atawa et al., 2019).

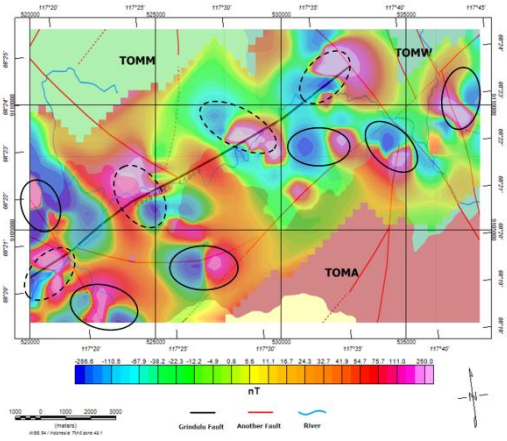
4.2 Interpretasi Kualitatif

4.2.1 Analisis anomali lokal dan regional

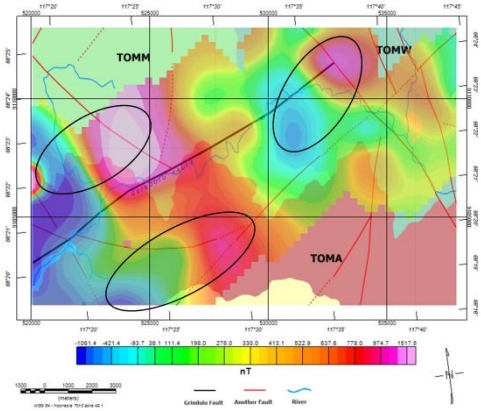
Selanjutnya, hasil pemisahan anomali lokal dan regional dikorelasikan dengan peta geologi wilayah pengukuran. Gambar 4.4 adalah hasil *overlay* anomali lokal dengan peta geologi. Pada gambar tesebut terlihat beberapa dipole magnetik (ditandai dengan lingkaran) yang tersebar di wilayah pengukuran. Beberapa dipole magnetik tersebut berkorelasi dengan sesar disekitar Sesar Grindulu (lingkaran) dan sebagian berkorelasi dengan Sesar Grindulu (lingkaran garis putus-putus). Dengan demikian, penyebab anomali lokal yang disebabkan oleh sumber anomali dangkal, keberadaan dipole magnetik tersebut dapat mengindikasikan adanya sesar dangkal yang berada disekitar Sesar Grindulu dan aktivitas dari Sesar Grindulu itu sendiri menyebabkan munculnya rekahan atau patahan dekat permukaan disekitar jalurnya.

Gambar 4.5 menunjukkan *overlay* anomali regional dengan peta geologi. Pada gambar ini keberadaan klosur anomali terlihat Gambar 4.5, mengindikasikan beberapa dipole magnetik anomali regional menunjukkan pola kelurusan yang searah dengan jalur Sesar Grindulu di peta geologi. Hal ini dapat dijadikan dugaan atas keberadaan Sesar Grindulu yang memotong sampai lapisan batuan

dalam, sebagaimana yang ditunjukkan oleh (Gultaf, 2014). Namun, dari anomali regional ini perlu dianalisis kembali untuk memastikan posisi anomali yang mengindikasikan Sesar Grindulu.



Gambar 4.4 Anomali lokal daerah penelitian



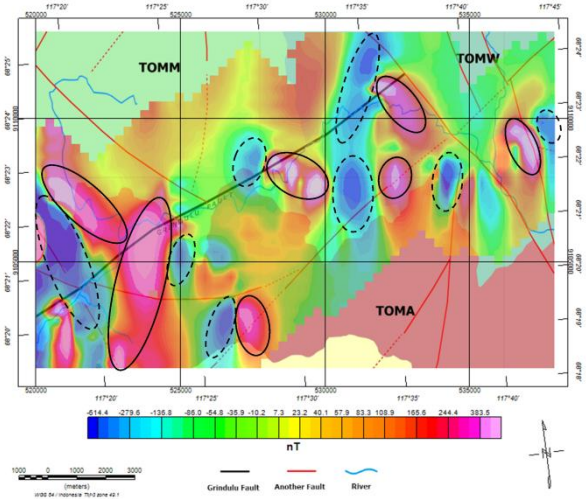
Gambar 4.5 Anomali regional daerah penelitian

4.2.2 Analisis RTP (*Reduce to The Pole*)

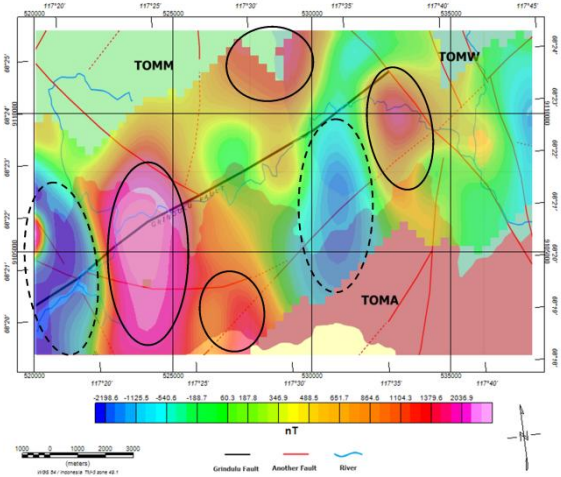
Posisi sumber anomali dapat diidentifikasi melalui metode RTP untuk data mangetik. Pada metode RTP anomali magnetik diubah sudut inklinasi dan deklinasinya

agar berada tepat di atas sumber anomalinya. Dengan demikian, hasil RTP data magnetik positif mengindikasikan bahwa terdapat sumber anomali dengan suseptibilitas tinggi yang berada di bawah anomali, dan berlaku untuk sebaliknya.

Gambar 4.6 dan 4.7 secara berurutan merupakan hasil RTP pada anomali lokal dan regional. Pada Gambar 4.6 menunjukkan pola persebaran anomali positif (ditunjukkan lingkaran) dan anomali negatif (ditunjukkan lingkaran garis putus-putus), begitu pula pada Gambar 4.7. Namun, Gambar Gambar 4.6 memiliki anomali yang lebih banyak daripada Gambar 4.7. Artinya, sumber anomali lokal jumlahnya lebih banyak dan tersebar secara acak daripada sumber anomali regional. Selain itu, anomali negatif dan positif pada Gambar 4.6 dan 4.7 secara berurutan diduga disebabkan oleh jenis batuan sedimen dan batuan gunung api atau vulkanik seperti yang tersebar pada Formasi Arjosari, Mandalika dan Watupatok (Samodra et al., 1992b).



Gambar 4.6 RTP anomali lokal



Gambar 4.7 RTP anomali regional

Selanjutnya, respon anomali positif di bagian barat daya pada hasil RTP, baik pada anomali lokal maupun regional,diduga akibat dari intrusi batuan breksi dengan nilai suseptibilitas (33−68)×10^{-3} yang tersusun di Formasi Mandalika, sedangkan respon anomali negatif disebabkan oleh batu gamping dan batu lempung dengan nilai suseptibilitas lebih rendah sekitar (2,2-2,8)×10^{-3} yang berada di Formasi Arjosari (Agustiyaningrum, 2018). Batuan breksi pada Formasi Mandalika tergolong dalam batuan gunung api dan cenderung mengandung mineral besi yang tinggi, sedangkan batu gamping dan batu lempung berada pada Formasi Arjosari merupakan batuan sedimen yang terbentuk dari proses erosi dan proses pelengseran bawah laut pada jutaan tahun yang lalu (Samodra et al., 1992).

Selain itu, pada bagian timur laut, respon anomali positif dan negatif berada pada Formasi Watupatok yang tersusun oleh batu lava bersisipan batu pasir, batu lempung, dan rijang (Samodra et al., 1992b). Dengan demikian, dapat diduga bahwa anomali positif pada wilayah tersebut disebabkan oleh batu lava yang memiliki suseptibiltas tinggi (35-50)×10^{-3} sedangkan anomali negatif disebabkan oleh

lempung (0,01-15)×10^{-3} (Telford et al., 1990). Secara geologi, batu lava menjurus dari utara-selatan (Samodra et al., 1992b).

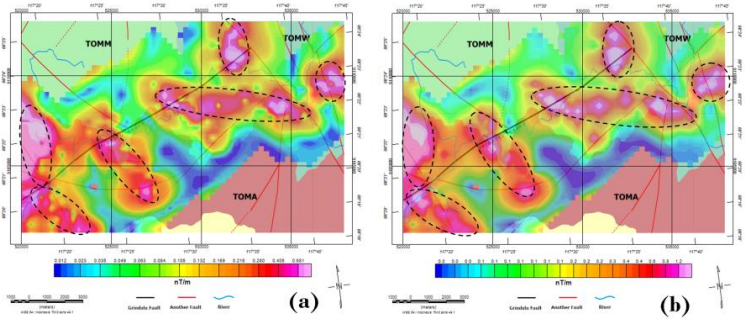
Hasil RTP pada anomali lokal dan regional (Gambar 4.6 dan Gambar 4.7) masih belum dapat menunjukkan adanya pola kemenerusan Sesar Grindulu. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh adanya pengaruh magnetik dari sesar-sesar lain yang kompleks disekitar Sesar Grindulu atau posisi Sesar Grindulu yang berada di lebih dari satu formasi yang membuat pengaruh batuan di setiap formasinya menutupi pola kelurusan sesar.

4.2.3 Analisis AS (*Analysis Signal*) dan Gradien Horizontal

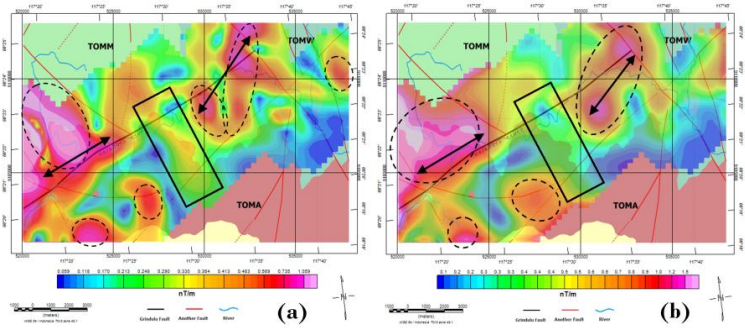
Selanjutnya, dalam menentukan batas anomali magnetik biasanya digunakan perbandingan antara hasil AS dan gradien horisontal (Timur, 2017). Metode gradien horisontal mampu menunjukkan batas tepi yang disebabkan oleh patahan atau batas struktur geologi yang ditunjukkan oleh nilai amplitudo maksimum. Metode gradien horisontal juga memiliki keuntungan yaitu tidak terpengaruh terhadap *noise* dalam data karena menggunakan perhitungan dua turunan horisontal orde pertama pada data lapangan (Daud et al., 2019). Kemudian, metode AS berfungsi untuk menunjukkan posisi anomali berdasarkan amplitudo magnetik namun tidak dipengaruhi oleh arah magnetisasi (Macleod et al., 1993). Selain itu, AS dapat mereduksi anomali negatif (Subarsyah and Nhirwana, 2016), sehingga anomali dengan kontras tinggi atau amplitudo tinggi dapat diidentifikasi sebagai pengaruh dari adanya suatu patahan.

Gambar 4.8 merupakan hasil gradien horisontal dan AS pada data anomali lokal. Pada gambar tersebut persebaran anomali dengan amplitudo tinggi pada hasil gradien horizontal dan AS menunjukkan pola dan persebaran yang sama (ditunjukkan dengna lingkaran garis putus-putus). Apabila dikorelasikan dengan informasi geologi, anomali tersebut dapat disebabkan oleh adanya sesar disekitar jalur

Sesar Grindulu. Namun, terdapat kemungkinan lain, yakni anomali dengan amplitudo tinggi selain disebabkan oleh sesar, dapat disebabkan juga oleh lapisan batuan gunung api/vulkanik yang tersebar pada struktur dangkal.



Gambar 4.8(a)Gradien horisontal pada anomali lokal (b)AS pada anomali lokal



Gambar 4.9 (a)Gradien horisontal pada anomali regional; (b)AS pada anomali regional. Tanda panah mengindikasikan pola anomali yang diduga sebagai Sesar Grindulu, lingkaran putus-putus menunjukkan anomali yang berkorelasi dengan Sesar Grindulu atau sesar lain disekitarnya, dan kotak menandai anomali sedang yang memotong ditengah dugaan jalur Sesar Grindulu.

Selanjutnya, Gambar 4.9 merupakan hasil gradien horisontal dan AS pada anomali regional. Gambar tersebut menunjukkan bahwa pada bagian barat daya dan timur laut

terdapat anomali dengan amplitudo tinggi (garis panah), yang diinterpretasikan sebagai dugaan Sesar Grindulu. Perbedaan interpretasi dengan informasi dari peta geologi pada Sesar Grindulu dapat dilihat pada Gambar 4.9 (a) dan (b), akan tetapi, keduanya memiliki arah yang hampir sama.

Kemudian, dibagian tengah wilayah pengukuran menunjukkan amplitudo bernilai sedang, baik pada gradien horisontal maupun AS (ditunjukkan dengan kotak). Pola anomali tinggi pada bagian barat daya dan timur laut menunjukkan kesesuaian terhadap penelitan sebelumnya (Gultaf, 2014) yang menyebutkan orientasi Sesar Grindulu berarah dari timur laut-barat daya, sedangkan adanya anomali perubahan anomali pada bagian tengah wilayah pengukuran kemungkinan disebabkan oleh kurangnya titik pengukuran yang mewakili area tersebut atau letak sumber anomali regional lebih dalam daripada sekitarnya.

4.3 *Dekonvolusi Euler* (Interpretasi Semi-kualitatif)

Hasil *Dekonvolusi Euler* akan menunjukkan pengelompokkan batas kedalaman dari anomali magnetik yang dipengaruhi oleh penentuan nilai *Structure Index* (SI). Gambar 4.10merupakan hasil estimasi kedalaman data magnetik total pada masing-masing nilai SI=1, SI=2, dan SI=3. Masing-masing nilai SI ini menggambarkan jenis karakter sumber anomali, yaitu SI=1 untuk *fault*, SI=2 untuk *finite sheet*, dan SI=3 untuk *finite thin dike* (Everett, 2013).

Gambar 4.10 (a)−4.10 (c) menunjukkan hasil SI=1, SI=2, dan SI=3 yang mengindikasikan sebagaiposisi sumber anomali yang searah dengan jalur Sesar Grindulu (Samodra et al., 1992b). Ketiga hasil tersebut juga menunjukkan nilai estimasi kedalaman yang mirip, dengan nilai antara ± 200−5000 meter, namun terdapat beberapa titik yang memiliki kedalaman berbeda.

Selain itu, Gambar 4.10(a)−4.10(c) juga menunjukkan bahwa sumber anomali memiliki pola menerus pada SI=2 dan SI=3, dengan SI=3 yang lebih jelas daripada SI=2. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan bahwa semakin tinggi nilai

SI yang digunakan seringkali menunjukkan kesesuaian dengan sesar yang diidentifikasi, karena struktur sesar seringkali sangat kompleks (Reid et al., 1990). Selanjutnya, hasil dekonvolusi Euler untuk SI=3 ini (Gambar 4.10 (c)) digunakan untuk menentukan posisi Sesar Grindulu.

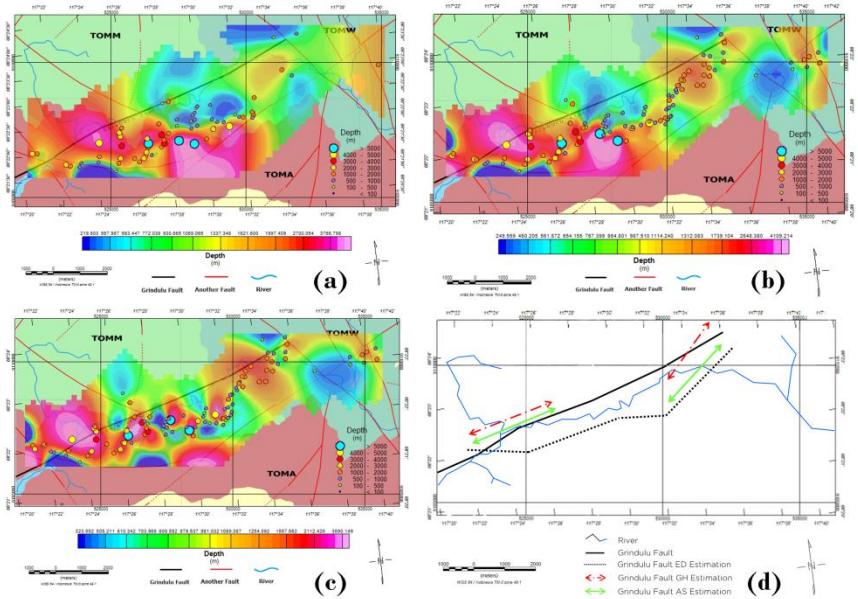
Gambar 4.10 (d) merupakan bentuk estimasi posisi Sesar Grindulu yang dibuat berdasarkan persebaran titik kedalaman hasil Dekonvolusi Euler, Gradien Horisontal (GH), dan AS yang masing-masing ditandai oleh garis putus-putus, panah garis putus-putus, dan panah. Gambar ini menunjukkan bahwa hasil Dekonvolusi Euler lebih menerus dan tidak hanya pada lokasi-lokasi tertentu (seperti pada AS dan GH). Selain itu, hasil Dekonvolusi Euler menunjukkan pola sebaran anomali yang searah dengan jalur Sesar Grindulu.

Selain itu, Gambar 4.10 (d) mengindikasikan kesamaan pola atau jalur dugaan Sesar Grindulu yang sama pada bagian ujung timur laut dan barat daya dari hasil Dekonvolusi Euler, Gradien Horisontal (GH) dan AS. Dengan demikian, Sesar Grindulu dari hasil penelitian menunjukkan pola atau arah yang sama dengan informasi geologi sebelumnya. Namun, terdapat perbedaan lokasi dari dugaan sesar pada penelitian ini (garis putus-putus) dengan informasi peta geologi (garis), dimana interpretasi Sesar Grindulu pada penelitian berada lebih ke selatan dari jalur sesar di peta geologi. Selanjutnya, Sesar Grindulu diketahui melewati 3 formasi batuan, yaitu Formasi Arjosari, Formasi Mandalika, dan Formasi Watupatok (Samodra et al., 1992a). Perbedaan struktur diantara ketiga formasi tersebut menyebabkan keadaan batuan pada jalur Sesar Grindulu menjadi bermacam-macam. Perbedaan jenis batuan tersebut dapat terlihat dari hasil Dekonvolusi Euler pada perbedaan *depth scale* yang ditunjukkan oleh ukuran lingkaran yang berbeda-beda.

Gambar 4.10 (c) menunjukkan adanya sumber anomali yang berada pada kedalaman ± 4000−5000 meter, yang berada diantara Formasi Arjosari dan Formasi Mandalika. Berdasarkan urutan stratigrafi formasi, Formasi Arjosari dan Mandalika merupakan satuan tertua yang

terbentuk pada masa Oligosen Akhir yang menjadi lapisan dasar dari sturkur lainnya (Samodra et al., 1992). Dengan demikian, dapat diduga bahwa Sesar Grindulu merupakan jenis sesar dalam yang patahannya mencapai pada bagian dasar susunan batuan.Berdasarkan analisis anomali bouger (gravitasi), kemenerusan Sesar Grindulu sampai pada lapisan batuan dasar atau *basement* (Gultaf, 2014).

Hasil Dekonvolusi Euler juga menunjukkan beberapa titik sumber anomali yang berada pada kedalaman ≥ 5000 meter di bagian tengah jalur sesar, hal ini berkorelasi dengan keberadaan anomali sedang pada hasil GH dan AS pada Gambar 4.9 (ditandai dengan kotak) dengan dugaan adanya beberapa sumber anomali regional yang lebih dalam yang tidak terdeteksi oleh metode Dekonvolusi Euler.



Gambar 4.10 Hasil *Dekonvolusi Euler* data magnetik total dan interpretasinya.Posisi sumber anomali hasil masing-masing SI=1, SI=2, SI=3 yang digambar diatas*grid* hasil data kedalamanya secara berurutan untuk (a), (b) dan (c); (d) Perbandingan estimasi posisi Sesar Grindulu berdasarkan peta geologi (Samodra et al., 1992b), AS, HG, dan dekonvolusi Euler yang masing-masing ditandai oleh garis, panah, panah garis putus-putus, dan garis putus-putus.

BAB V
KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis data dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Sesar Grindulu dapat diidentifikasi oleh pola anomali amplitudo tinggi pada analisis gradien horisontal dan AS, serta melalui posisi sumber anomali dari hasil Dekonvolusi Euler.
2. Sesar Grindulu hasil Dekonvolusi Euler menunjukkan posisi sesar yang lebih ke selatan dari yang ditunjukkan oleh peta geologi dengan kedalaman sesar berkisar ± 1000−5000 meter.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR PUSTAKA

Agustiyaningrum, L., 2018. Interpretasi Struktur Bawah Permukaan Dan Identifikasi Jalur Sesar Mayor Grindulu Berdasarkan Data Anomali Medan Magnet 135.

Arfaoui, M., Inoubli, M.H., Amiri, A., 2018. An optimal multiscale approach to interpret gravity data using successive decomposition of the Bouguer anomaly. Contrib. Geophys. Geod. 48, 29.

Atawa, M., Boukerbout, H., Zouaghi, T., Mzali, H., Saibi, H., Abtout, A., 2019. Interpretation of gravity data using 3D inversion and 2D continuous wavelet transform in Hedil deformed structures, northern Tunisia. J. Afr. Earth Sci. 151, 371–390. https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2019.01.002

Blakely, R.J., 1995. Potential theory in gravity and magnetic applications. Cambridge University Press, Cambridge [England] ; New York.

Caesardi, M.A., Sungkono, D., Si, M., Syaifuddin, F., Si, S., 2018. Estimasi Kecepatan Gelombang Geser (Vs) Melalui Inversi Kurva Horizontal to Vertical Spectrum Ratio Pada Jalur Sesar Grindulu 61.

Daud, Y., Sulistiyo, A., Fahmi, F., Nuqramadha, W.A., Fitrianita, Sesega, R.S., Rosid, S., Pati, G.P., Maulana, M.R., Khoiroh, M., Rahman, K.R., Subroto, W., 2019. First horizontal derivative and Euler Deconvolution in application for reconstructing structural signature over the Blawan-Ijen Geothermal area. Earth and Environmental Science 9. https://doi.org/10.1088/1755-1315/254/1/012008

Everett, M.E., 2013. Near-Surface Applied Geophysics. Cambridge University Press, Cambridge. https://doi.org/10.1017/CBO9781139088435

Fashihullisan, A.L., Susilo, A., Jam'an, A.F., 2014. Identifikasi Daerah Sesar dan Intrusi Berdasarkan Perbandingan Antara Filter(RTP,Upward,Downward,

dan Analytic Signal) Data Mapping Regional Magnetik Daerah Garut, Jawa Barat 7.

Gultaf, H., 2014. Analisa Kinematika Sesar Grindulu di Daerah Pacitan dan Sekitarnya.

Hidayat, E., Kumoro, Y., Raharjo, P.D., Puswanto, E., 2012. Kajian Tektonik Aktif Pada Patahan Grindulu Untuk Mendukung Mitigasi Bencana Gempabumi dan Gerakan Tanah di Wilayah Pacitan 12.

Hidayat, N., Santoso, E.W., 1997. Gempa Bumi dan Mekanismenya 3.

Karunianto, A.J., Haryanto, D., Hikmatullah, F., Laesanpura, A., 2017. Penentuan Anomali Gayaberat Regional dan Residual Menggunakan Filter Gaussian Daerah Mamuju Sulawesi Barat. EKSPLORIUM 38, 89. https://doi.org/10.17146/eksplorium.2017.38.2.3921

Macleod, I.N., Viera, S., Chaves, A.C., 1993. Analytic Signal and Reduce-to-the-Pole in the Interpretation of Total Magnetic Field Data at Low Magnetic Latitudes [WWW Document]. URL https://www.geosoft.com/media/uploads/resources/technical-papers/analytic_signal_reduction-to-pole.pdf (accessed 5.28.20).

Palupi, P.R., 2017. Pemetaan Struktur Bawah Permukaan Situs Arkeologi Biting Sekitar Blok Randu Kerajaan Lamajang Berdasarkan Metode Magnetik (Studi Kasus di Desa Kutorenon Kecamatan Sukodono Kabupaten Lumajang Jawa Timur) 157.

Parera, A.F.T., 2015. Pemodelan Tiga Dimensi Anomali Gravitasi dan Identifikasi Sesar Lokal dalam Penentuan Jenis Sesar di Daerah Pacitan 5.

Pemerintah Kabupaten Pacitan, 2013. Kabupaten Pacitan 9.

Perdana, O.A., Suaidi, D.A., 2014. Application Geomagnetic Method to Identification Chromit Mineral’s in Sukorejo Village, Kalidawir District, Tulungagung Regency 8.

Pusat Studi Gempa Nasional (Indonesia), 2017. Peta sumber dan bahaya gempa Indonesia tahun 2017.

Reid, A.B., Allsop, J.M., Granser, H., Millett, A.J., Somerton, I.W., 1990. Magnetic interpretation in three dimensions using Euler deconvolution. GEOPHYSICS 55, 80–91. https://doi.org/10.1190/1.1442774

Samodra, H., Gafoer, S., Tjokrosapoetra, S., 1992a. Geologi Lembar Pacitan, Jawa.

Samodra, H., Gafoer, S., Tjokrospoetro, S., 1992b. Peta Geologi Lembar Pacitan, Jawa.

Sapitri, W.I., 2017. Identifikasi Patahan Lembang Menggunakan Pemodelan Ke Depan 2D Metode Magnetik 11.

Subarsyah, S., Nhirwana, B., 2016. Penggunaan Metode Analisis Sinyal Dalam Interpretasi Data Magnet di Perairan Selat Sunda untuk Menentukan Arah dan Posisi Pipa Bawah Laut. J. Geol. Kelaut. 9, 45. https://doi.org/10.32693/jgk.9.1.2011.199

Supartoyo, Djadja, 2010. Peta Kawasan Rawan Bencana Gempa Bumi Provinsi Jawa Timur.

Suyatno, I., 2008. Analisis dan Interpretasi Data Medan Geomagnetik total untuk Melokalisir Batu Besi di Sekitar Ujanmas, Kabupaten Kaur Propinsi Bengkulu 44.

Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E., 1990. Applied Geophysics Second Edition. Press Syndicate of the University of Cambridge.

Timur, E., 2017. Assessment of Vertical Magnetic Gradient Data of Tuzla Fault Using Boundary Analysis and 3-D Inversion Techniques. J. Power Energy Eng. 05, 33–45. https://doi.org/10.4236/jpee.2017.512006

Van der Pluijm, B.A., Marshak, S., 2004. Earth structure: an introduction to structural geology and tectonics, 2. ed., international student ed. ed. Norton, New York, NY.

Wulandhari, S., 2017. Identifikasi Anomali Bawah Permukaan Daerah Kayangan Api, Desa Sendangharjo, Kec. Ngasem, Kab. Bojonegoro Menggunakan Metode Magnetik 92.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

LAMPIRAN

1. Data Pengukuran Magnetik Terkoreksi

X	Y	Z	nT
520992	9103050	53	8.133333
521101	9102943	56	-86.9467
521235	9102824	56	-336.913
521456	9102840	64	-734.76
521666	9102753	72	-190.367
521839	9102725	94	-22.36
522023	9102428	197	-361.38
522143	9102312	211	-509.407
522498	9102312	235	55.30667
522692	9102092	254	-37.8333
522789	9102003	231	68.22
522918	9101800	209	73.98
522956	9101701	196	-239.847
523103	9101657	182	-466.313
523300	9101602	201	-888.6
523315	9101601	218	-1194.25
520834	9103234	60	-1162.68
521393	9105659	70	-1563.51
521255	9105791	68	-1151.85
521159	9105925	67	-1587.88
520969	9105889	68	-2626.16
520827	9105739	68	-932.12
520672	9105640	67	-1102.07
520573	9105759	73	-2270.48
520550	9105812	78	-1039.53
520537	9105926	97	-508.307

520490	9106156	94	174.32
520434	9106383	117	-234.173
520306	9106576	153	3942.453
520334	9107007	171	-961.447
520391	9106820	172	-1281.58
522265	9105522	60	-899.5
520842	9103502	47	-63.6467
526841	9103710	417	74
526934	9103660	380	783.6867
527134	9103777	386	944.6133
527185	9103979	359	956.7733
527268	9104196	293	936.4267
527167	9104367	246	716.3267
526795	9104732	201	974.3
526748	9104895	188	780.3533
526531	9105157	130	841.4467
526384	9105318	128	619.76
526154	9105608	116	513.2333
525944	9105517	95	481.16
525698	9105464	85	800.8267
525476	9105580	95	576.7467
524958	9105946	130	-898.26
525055	9106081	191	1514.227
524882	9106495	277	1708.273
524860	9106495	329	1361.167
524897	9107001	371	1470.473
524859	9107268	395	1433.36
524865	9107502	425	1859.087
524846	9107688	459	1597.453
524956	9107988	503	1491.147

524784	9107852	512	2051.747
524526	9107729	528	1413.927
524225	9107688	532	2139.393
524003	9107654	527	2004.587
523741	9107540	531	2054.867
523628	9107375	510	1788.573
523715	9107027	486	2039.947
523727	9106757	452	1874.253
527220	9109758	339	-28.6333
527410	9109714	326	84.93333
527322	9109474	362	-24.1667
527392	9109315	341	151.3
527596	9109222	328	138.3133
527701	9109038	316	-5.5
527716	9108804	317	306.3333
528043	9108748	309	925.68
528242	9108704	321	1070.573
528319	9108488	361	306.9467
528561	9108376	368	414.14
528690	9108300	354	1253.8
528838	9108256	336	817.6533
528942	9108253	331	375.26
529557	9107886	189	6.82
529633	9107917	193	572.66
529135	9108158	307	225.5933
529745	9107324	221	11.16667
529592	9107277	258	104.3067
529849	9107052	288	-223.22
529887	9106895	298	-152.747
530071	9106739	323	189.7667

530268	9106804	355	25.69333
530469	9106613	392	289.8333
530425	9106195	420	222.2867
530037	9106043	475	232.6
530425	9106195	420	85.28667
530037	9106043	475	196.1
530160	9106081	490	202.38
530216	9106028	496	130.4867
529279	9107739	201	682.62
529690	9107596	137	-67.8333
530969	9108344	182	-1157.11
532293	9108759	200	288.0067
532795	9108527	220	224.0667
532420	9108845	216	193.5667
532419	9109273	249	-118.867
532423	9109687	288	61.06667
532209	9110028	346	250.7467
531996	9110112	387	-10.95
531875	9110398	435	475.84
531842	9110745	474	-248.087
531718	9110904	478	-543.493
531922	9111548	594	761.9267
531933	9111269	529	1891.66
531888	9111734	631	1277.133
531739	9111686	662	979.56
531692	9111769	686	803.06
531664	9111936	694	894.2267
531663	9112161	727	871.6867
531647	9112334	741	84.56667
531723	9112552	749	48.36667

533522	9108633	229	-114.68
533886	9108476	233	229.26
534143	9108372	234	-681.827
534293	9108148	236	-10.1667
534562	9107977	244	655.4333
534970	9108031	253	566.6933
535303	9107977	269	52.32667
535619	9108014	300	108.0667
535928	9107891	319	37.64
536126	9108087	325	411.6933
536119	9108627	324	324.5533
536327	9108956	320	358.4667
536481	9109394	331	78.55333
536673	9109716	346	1048.36
537132	9109582	396	1140.713
537482	9110073	456	-21.7133

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BIODATA PENULIS

Nama penulis adalah Eden Lazuardi dan biasa dipanggil Eden. Penulis lahir di Kota Batu pada tanggal Februari 1998. Pendidikan formal penulis dimulai dari TK Dharma Wanita Kota Batu, SDN Temas 01 Batu, SMPN 03 Batu, SMAN 01 Batu, hingga diterima di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS), Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) yang diubah menjadi Fakultas Ilmu Alam (FIA) kemudian diubah menjadi Fakultas Sains (FS) dan akhirnya diubah menjadi Fakultas Sains dan Analitika Data (FSAD), Departemen Fisika Bidang Fisika Bumi/Geofisika.

Selama masa perkuliahan, penulis juga aktif di bidang keorganisasian, yaitu Kru ITS TV Tahun 2016-2018, Kepala Produksi Berita ITS TV Tahun 2017/2018, Anggota UKTK ITS bidang karawitan, Staf *Public Relation* UKTK ITS 17/18, Staf *Social Development* Himasika ITS 17/18, Ketua Himasika ITS 18/19, Fasilitator Inti Divisi Kesehatan GERIGI ITS 2017, dan Kepala Periode 10 GERIGI ITS 2018. Selain itu, penulis juga sempat mengikuti beberapa seleksi karya tulis ilmiah pada tahun 2017-2019 dan pernah mengikuti semifinal lomba *quick competition* bidang geofisika tahun 2019. Dalam bidang Geofisika, penulis sempat ikut dalam proses akuisisi data untuk beberapa proyek, seperti pencarian titik kebocoran pipa air dengan metode VLF-EM milik Medco Energi di Jawa Barat, pencarian sumber air dengan metode geolistrik resistivitas di daerah Lapele, Sampang, Madura bersama Bapak Juan Pandu TG ITS, dan pencarian sumber air dengan metode resistivitas di Sampang bersama BPBD Jatim. Kritik, saran, atau mutualan dapat menguhubungi penulis melalui alamt *email* : edenlazuardi@gmail.com