



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - RF184838

**IDENTIFIKASI STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN
MENGUNAKAN METODE GAYA BERAT DENGAN INVERSI
SINGULAR VALUE DECOMPOSITION DAN INVERSI OCCAM DI
AREA KARST PACITAN**

**ACHMAD DWI CAHYA
NRP. 03411640000060**

**DOSEN PEMBIMBING I :
Dr. Ayi Syaeful Bahri, S.Si, M.T
NIP. 19690906 199702 1 001**

**DOSEN PEMBIMBING II :
Juan Pandu G.N.R, S.Si, M.T
NIP. 19890612 201504 1 003**

**DEPARTEMEN TEKNIK GEOFISIKA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN, DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2020**



TUGAS AKHIR - RF184838

**IDENTIFIKASI STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN
MENGUNAKAN METODE GAYA BERAT DENGAN INVERSI
SINGULAR VALUE DECOMPOSITION DAN INVERSI *OCCAM* DI
AREA KARST PACITAN**

ACHMAD DWI CAHYA
NRP. 03411640000060

DOSEN PEMBIMBING I :
Dr. Ayi Syaeful Bahri, S.Si, M.T
NIP. 19690906 199702 1 001

DOSEN PEMBIMBING II :
Juan Pandu G.N.R, S.Si, M.T
NIP. 19890612 201504 1 003

DEPARTEMEN TEKNIK GEOFISIKA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN, DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2020

Halaman ini sengaja dikosongkan



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

IDENTIFICATION OF SUB SURFACE STRUCTURE USING THE GRAVITY METHOD WITH INVERSION OF SINGULAR VALUE DECOMPOSITION AND OCCAM INVERSION IN THE KARST AREA PACITAN

ACHMAD DWI CAHYA
NRP. 03411640000060

ADVISOR I :
Dr. Ayi Syaeful Bahri, S.Si, M.T
NIP. 19690906 199702 1 001

ADVISOR II :
Juan Pandu G.N.R, S.Si, M.T
NIP. 19890612 201504 1 003

**GEOPHYSICAL ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF CIVIL, PLANNING, AND GEOENGINEERING
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA 2020**

Halaman ini sengaja dikosongkan

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh
Nama : Achmad Dwi Cahya
NRP : 0341 16 40000 060
Departemen : Teknik Geofisika
Judul Tugas Akhir : Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Menggunakan Metode Gaya Berat Dengan Inversi *Singular Value Decomposition* Dan Inversi *Occam* Di Area Karst Pacitan

Telah berhasil dipertahankan di hadapan tim penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, 30 Juli 2020

1. Dr. Avi Syaiful Bahri, S.Si, M.T (Pembimbing)
1) NIP. 19690906 199702 1 001
2. Juan Pandu Gva Nur Rochman, S.Si, M.T (Pembimbing)
2) NIP. 19890612 201504 1 003
3. Marivanto, S.Si., M.T (Penguji)
1) NIP. 19911002 201711 0 004
4. Dr. Amien Widodo, Ir., MS (Penguji)
2) NIP. 19591010 198803 1 00

Menyetujui,

Kepala Departemen Teknik Geofisika
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan
Departemen Teknik Geofisika-FTSPK
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Dr. Dwi Dasa Warnana, S.Si., M.Si
NIP. 19760123 200003 1 001

Halaman ini sengaja dikosongkan

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul “Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Menggunakan Metode Gaya Berat Dengan Inversi *Singular Value Decomposition* Dan Inversi *Occam* Di Area Karst Pacitan” adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 30 Juli 2020



Achmad Dwi Cahya
NRP. 0341164000060

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan kasih-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Menggunakan Metode Gaya Berat Dengan Inversi *Singular Value Decomposition* dan Inversi *Occam* di Area Karst Pacitan” dengan baik. Pelaksanaan dan penyusunan Laporan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberi kelancaran dalam mengerjakan Tugas Akhir.
2. Kedua orang tua dan seorang kakak dari penulis yang telah memberikan dukungan secara motivasi, fasilitas dan doa.
3. Dr. Ayi Syaeful Bahri, M.T, Juan Pandu G.N.R, S.Si, M.T, dan Dr. Amien Widodo, Ir., MS selaku dosen yang telah membimbing penulis atas arahan, saran dan kritik yang membangun dalam pelaksanaan Tugas Akhir.
4. Para dosen dan tenaga Pendidikan Departemen Teknik Geofisika ITS atas bimbingan dan bantuan selama pengerjaan Tugas Akhir dan perkuliahan.
5. Seluruh Tim TA Pacitan 2020 yang telah bekerja sama dalam pengerjaan Tugas Akhir.
6. Silmi Afina Aliyan, Putry Vibry Hardyani, Hanif F. Falah yang telah membantu dan memberikan saran selama pengerjaan Tugas Akhir.
7. Teman-teman kontrakan Robert dan manusia warkuy yang menemani pengerjaan Tugas Akhir selama Pandemi COVID-19.
8. Teman-teman TG-05 atas semangat dan dukungannya selama perkuliahan.

Penulis menyadari dalam penyelesaian Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan sebagai pembelajaran penulis dan khalayak umum. Semoga tugas akhir ini membawa manfaat bagi penulis pribadi maupun bagi pembaca.

Surabaya, 30 Juli 2020

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
ABSTRAK.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan masalah	2
1.5 Manfaat	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Dasar Teori.....	3
2.1.1. Geologi Regional.....	3
2.1.2. Metode Geofisika	7
2.2 Penelitian Terdahulu	13
BAB III METODOLOGI	15
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	15
3.2 Data Penelitian	17
3.3 Alur Kerja.....	18
3.4 Tahapan Penelitian	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Estimasi Densitas Batuan.....	23
4.2 Pemisahan Anomali	23
4.3 Profil Anomali Residual	24
4.4 Analisis Spektrum.....	26

4.5 Hasil Inversi Penampang 2D	27
4.6 Korelasi Penampang 2D dengan Profil Anomali Bouguer	30
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	33
5.1 Kesimpulan.....	33
5.2 Saran.....	33
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN	38
BIOGRAFI PENULIS.....	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pembagian Fisiografi Regional Jawa bagian Tengan dan Timur (Van Bemmelen, 1949).....	3
Gambar 2. 2 Peta Geologi Lembar Pacitan (Samodra dkk, 1990)	4
Gambar 2. 3 Konsep gaya tarik – menarik antara dua benda (Hinze dkk., 2010)	8
Gambar 2. 4 Contoh profil anomali bouguer berdasarkan litologi dibawahnya (Telford dkk., 1990).....	10
Gambar 2. 5 Nilai Densitas Batuan (Hinze dkk., 2010).....	11
Gambar 3. 1 Peta Desain Akuisisi Metode Gaya Berat di Bagian Barat Pacitan	15
Gambar 3. 2 Peta Desain Akuisisi Metode Gaya Berat di Bagian Barat Pacitan	15
Gambar 4. 1 Profil anomali residual dari arah barat ke timur.....	25
Gambar 4. 2 Profil anomali residual dari arah selatan ke utara	25
Gambar 4. 3 Plot \ln Amplitudo ($\ln A$) dengan bilangan gelombang (k) pada a.lintasan selatan – utara dan b.barat - timur.....	26
Gambar 4. 4 Hasil inversi penampang 2D arah barat - timur	28
Gambar 4. 5 Hasil inversi penampang 2D arah barat - timur	28
Gambar 4. 7 Hasil inversi penampang 2D arah selatan - utara	29
Gambar 4. 9 Korelasi profil anomali bouguer dengan penampang densitas 2D dari arah barat ke timur.....	30

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Rentang nilai densitas batuan daerah Pacitan (Tenzer dkk., 2011) 23

Halaman ini sengaja dikosongkan

Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Menggunakan Metode Gaya Berat Dengan Inversi *Singular Value Decomposition* dan Inversi *Occam* di Area Karst Pacitan

Nama : Achmad Dwi Cahya
NRP : 0341164000060
Departemen : Teknik Geofisika
Pembimbing I : Dr. Ayi Syaeful Bahri, S.Si, M.T
Pembimbing II : Juan Pandu G.N.R, S.Si, M.T

ABSTRAK

Kondisi geologi wilayah Pacitan umumnya berupa vulkanik dan karst. Satuan Karst menyebar di sepanjang pantai selatan, terutama disusun oleh batu gamping, yang setempat bersifat tufan. Permasalahan yang kompleks dan proses geologi yang beragam di daerah karst memerlukan metode geofisika yang khusus dalam penelitian. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah metode gaya berat. Penggunaan metode ini cukup efektif karena dapat mendelineasi struktur bawah permukaan. Pemodelan inversi 2D akan menghasilkan model densitas dengan visualisasi dan resolusi kedalaman. Pemodelan inversi secara 2D ini dilakukan terhadap data anomali residual menggunakan perangkat lunak *Grablog*, yang menggabungkan 2 (dua) metode inversi yaitu *Singular Value Decomposition* dan inversi *Occam*. Kemudian model penampang densitas tersebut dianalisis berdasarkan informasi geologi untuk menghasilkan interpretasi model bawah permukaan yang lebih akurat. Dalam penelitian ini struktur geologi berupa sesar dapat terlihat pada lintasan barat – timur dengan koordinat X 506 – 507,5. Dan pada lintasan selatan – utara struktur geologi berupa sesar terlihat pada koordinat Y 9102 – 9103. Ketebalan karbonat pada lintasan barat – timur memiliki ketebalan 100 meter hingga 750 meter. Batuan karbonat semakin ke arah timur semakin masif. Sementara itu ketebalan karbonat pada lintasan selatan – utara memiliki ketebalan 600 meter hingga 750 meter.

Kata Kunci: Struktur Geologi, *Singular Value Decomposition (SVD)*, *Occam*

Halaman ini sengaja dikosongkan

Identification Of Sub Surface Structure Using The Gravity Method With Inversion Of Singular Value Decomposition and Occam Inversion in The Karst Area Pacitan

Name : Achmad Dwi Cahya
Student ID : 03411640000060
Department : Geophysical Engineering
Advisor I : Dr. Ayi Syaeful Bahri, S.Si, M.T
Advisor II : Juan Pandu G.N.R, S.Si, M.T

ABSTRACT

The geological conditions in the Pacitan region are mainly volcanic and karstic. Karst units spread along the south coast, mainly composed by limestone, which is locally tuff. Complex problems and diverse geological processes in karstic areas require special geophysical methods in research. One method that can be used is the gravity method. The use of this method is quite effective because it can delineate subsurface structures. 2D inversion modeling will produce density models with depth visualization and resolution. 2D inversion modeling is performed on residual anomaly data using Grablox software, which combines 2 (two) inversion methods, namely Singular Value Decomposition and Occam inversion. Then the density cross section model is analyzed based on geological information to produce a more accurate interpretation of subsurface models. In this study the geological structure in the form of a fault can be seen in the west-east path with coordinates X 506 - 507.5. And on the south - north path the geological structure in the form of a fault is seen at coordinates Y 9102 - 9103. The thickness of the carbonate on the west - east path has a thickness of 100 meters to 750 meters. Carbonate rocks are getting more and more eastward. Meanwhile carbonate thickness on the south-north line has a thickness of 600 meters to 750 meters

Keyword : Geologic Structure , Occam , Singular Value Decomposition (SVD),

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Daerah Pacitan dan sekitarnya secara regional merupakan zona peralihan antara jalur subduksi Zaman Kapur dengan Zaman Tersier, sehingga kemungkinan pola dan perkembangan struktur utamanya pada Paleogen dan Neogen akan terpengaruh. Dari kenampakan citra landsat dan data pengukuran di lapangan, didapatkan bahwa daerah telitian struktur geologinya sangat kompleks (Indrianti dkk., 2016). Kondisi geologi wilayah Pacitan umumnya berupa vulkanik dan karst. Satuan Karst menyebar di sepanjang pantai selatan, terutama disusun oleh batu gamping, yang setempat bersifat tufan (Van Bemmelen, 1949). Karst dikenal sebagai suatu kawasan yang unik dan dicirikan oleh topografi eksokarst seperti lembah karst, doline, uvala, polje, karren, kerucut karst dan berkembangnya sistem drainase bawah permukaan yang jauh lebih dominan dibandingkan dengan sistem aliran permukaannya (Haryono dan Adji, 2016). Permasalahan yang kompleks dan proses geologi yang beragam di daerah karst memerlukan metode geofisika yang khusus dalam penelitian. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah metode gaya berat.

Metode gaya berat adalah salah satu metode geofisika dengan parameter fisis yang diukur adalah variasi medan gaya berat Bumi. Penggambaran struktur bawah permukaan menggunakan data anomali gaya berat Bouguer yang berkaitan dengan topografi dan anomali udara bebas (*free air anomaly*) yang diukur di permukaan Bumi. Metode ini merupakan metode geofisika yang didasarkan pada pengukuran variasi medan gravitasi bumi. Kondisi bawah permukaan ini diturunkan dari anomali gaya berat Bouguer yang diamati di permukaan (Setianingsih dkk., 2013). Penggunaan metode ini cukup efektif karena dapat mendelineasi struktur bawah permukaan (Atef dkk., 2016) berupa zona patahan yang ditandai dengan kontras densitas rendah dengan batuan sekitarnya (Parapat dkk., 2017). Kelurusan anomali gaya berat dapat diinterpretasikan sebagai struktur geologi berupa sesar (*fault*) (Felix dkk., 2015).

Pemodelan geofisika bersifat tidak unik sehingga dapat menghasilkan beberapa model (Grandis, 2009). Pemodelan inversi adalah salah satu teknik pemodelan yang parameter modelnya diperoleh langsung dari data pengamatan (Banu dkk., 2018). Pemodelan inversi 2D akan menghasilkan model densitas dengan visualisasi (Banu dkk., 2018) dan resolusi kedalaman (Fedi dan Rapolla, 1999). Pemodelan inversi secara 2D ini dilakukan terhadap data anomali residual menggunakan perangkat lunak *Grablog* dari (Pirttijärvi, 2008) yang menggabungkan 2 (dua) metode inversi yaitu *Singular Value Decomposition* dan inversi Occam (Hjelt, 1992). Kemudian model penampang densitas tersebut dianalisis berdasarkan informasi geologi untuk menghasilkan interpretasi model bawah permukaan yang lebih akurat.

1.2 Perumusan Masalah

Adapun masalah yang dihadapi pada pelaksanaan Tugas Akhir ini antara lain yaitu :

1. Bagaimana struktur geologi bawah permukaan di area karst Pacitan
2. Bagaimana ketebalan karbonat di area karst Pacitan

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi struktur geologi bawah permukaan menggunakan metode gaya berat dengan inversi singular value decomposition dan inversi occam di area karst Pacitan.
2. Menghitung ketebalan karbonat di area karst Pacitan

1.4 Batasan masalah

1. Analisis yang dilakukan berupa analisis profil anomali bouguer dan pemodelan inversi 2D struktur bawah permukaan dari anomali residual.
2. Metode inversi yang digunakan untuk mendapatkan nilai densitas pada pemodelan adalah *Singular Value Decomposition* dan *Occam*

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah memperoleh gambaran bawah permukaan dan ketebalan karbonat area karst Kabupaten Pacitan dan hasil yang diperoleh dapat digunakan sebagai informasi bagi berbagai pihak dalam kajian pembangunan kawasan karst berkelanjutan.

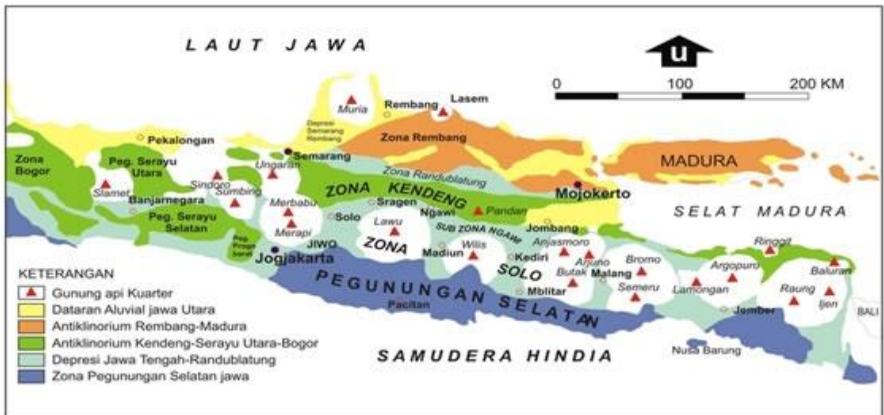
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar Teori

2.1.1. Geologi Regional

2.1.1.1. Fisiografi Regional

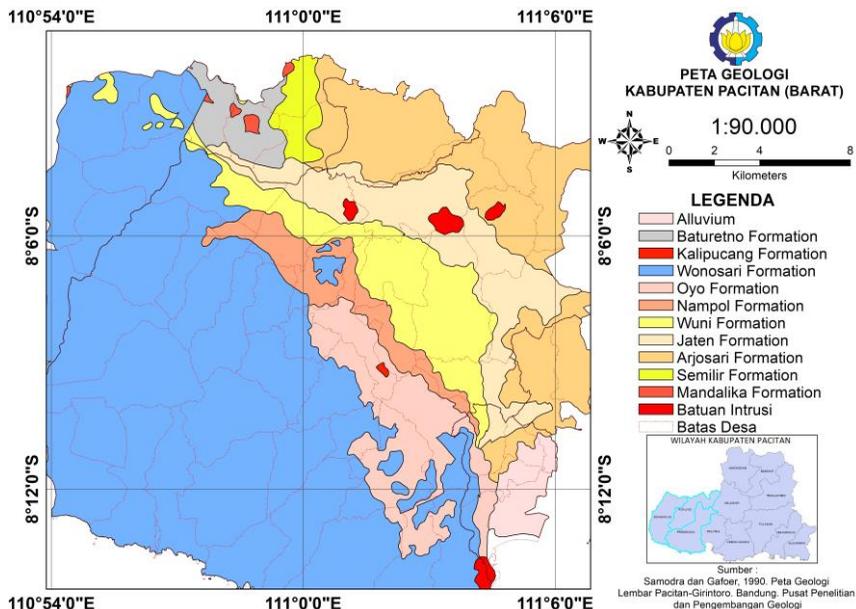
Secara umum Jawa Timur dibagi menjadi 4 (empat) zona jalur fisiografi, yaitu Zona Rembang di bagian Utara, kemudian ke bagian Selatan terdapat Zona Kendeng, kemudian Zona Solo dan di bagian paling Selatan adalah Zona Pegunungan Selatan (Van Bemmelen, 1949). Zona Pegunungan Selatan di Jawa Timur pada umumnya merupakan blok yang terangkat dan miring ke arah selatan. Daerah Pegunungan Selatan yang membujur mulai dari Yogyakarta kearah timur, Wonosari, Wonogiri, Pacitan menerus ke daerah Malang selatan, terus ke daerah Blambangan. Diantara Parangtritis dan Pacitan merupakan tipe karst (kapur) yang disebut Pegunungan Seribu atau Gunung Sewu, dengan luas kurang lebih 1400 km² (Lehmann, 1981). Kawasan karst Gunungsewu di hasilkan oleh pengangkatan yang dimulai pada Pleiosen Akhir.



Gambar 2. 1 Pembagian Fisiografi Regional Jawa bagian Tengan dan Timur (Van Bemmelen, 1949)

Kabupaten Pacitan secara geografis terletak pada posisi 110° 55' - 111° 25' Bujur Timur dan 7° 55' - 8° 17' Lintang Selatan dengan luas wilayah mencapai 1.342 km². Kabupaten Pacitan memiliki topografi datar hingga bergunung, dengan elevasi tertinggi 1.200m di atas permukaan air laut (Kecamatan Bandar, Gunung Gembes). Wilayah Kabupaten Pacitan dengan kondisi topografi bergunung terutama terletak di bagian utara DAS Grindulu, meliputi Kecamatan Nawangan, Bandar, Tegalombo dan sebagian Kecamatan Arjosari (Kabupaten

Pacitan). Topografi berbukit mencakup wilayah bagian tengah sebagian Kecamatan Tegalombo, Arjosari dan wilayah barat di kecamatan Donorojo, Punung dan Pringkuku serta di wilayah timur Kecamatan Tulakan, Ngadirojo dan Sudimoro. Sedangkan daerah dengan topografi datar terdapat di sebagian sekitar Kota Pacitan, Arjosari dan Kebonagung.



Gambar 2. 2 Peta Geologi Lembar Pacitan (Samodra dkk, 1990)

Satuan perbukitan karst ini tersebar di bagian selatan, sekitar 25% dari luas Kabupaten Pacitan, meliputi hampir seluruh wilayah Kecamatan Donorojo, Punung bagian barat daya, Pringkuku bagian selatan, Pacitan sebelah barat dan tenggara, Kebonagung bagian utara, barat daya dan tenggara, Tulakan bagian utara dan selatan, Ngadirojo bagian selatan, Sudimoro bagian selatan. Daerah perbukitan tersebut mempunyai kemiringan 20 – 400, tersebar di daerah terra rosa (lempung yang berwarna coklat kemerahan) sebagai sisa hasil pelapukan batugamping.

2.1.1.2. Stratigrafi Regional

Stratigrafi di daerah penelitian yaitu di bagian barat Pacitan tersusun oleh Formasi Mandalika (Tomm), Formasi Arjosari (Toma), Formasi Jaten (Tmj), Formasi Wuni (Tmw), Formasi Nampol (Tmn), Formasi Oyo (Tmo), Formasi Wonosari (Tmwl), dan Formasi Kalipucang (Qpk).

2.1.1.2.1. Formasi Jaten (Tmj)

Formasi Jaten dapat ditemukan di sekitar kali Jaten – Donorojo, Pacitan (Sartono 1964), tersusun oleh konglomerat, batupasir kuarsa, batulempung (mengandung fosil *Gastrophoda*), *Pelecypoda*, Coral, *Bryozoa*, *Foraminifera*), dengan sisipan tipis lignit. Ketebalan satuan ini mencapai 20-150 m. Diendapkan pada lingkungan transisi – neritik tepi pada Kala Miosen Tengah (N9 – N10)

2.1.1.2.2. Formasi Wuni (Tmw)

Formasi Wuni dapat ditemukan di sekitar kali Wuni(anak Sungai S Basoka) – Punung, Pacitan (Sartono, 1964), tersusun oleh breksi, aglomerat, batupasir tufan, lanau, dan batugamping. Berdasarkan fauna koral satuan ini berumur Miosen Bawah (Te.5 – Tf.1), berdasarkan hadirnya *Globorotalia siakensis*, *Globigerinoides trilobus* & *Globigerina praebuloides* berumur Miosen Tengah (N9-N12) (Tim Lemigas). Ketebalan Formasi Wuni = 150 -200 m. Satuan ini terletak selaras menutupi Formasi Jaten, dan selaras di bawah Formasi Nampol

2.1.1.2.3. Formasi Nampol (Tmn)

Tersingkap baik di Kali Nampol, Kec Punung, Pacitan (Sartono,1964), dengann susunan batuan sebagai berikut: bagian bawah terdiri dari konglomerat, batupasir tufan, dan bagian atas: terdiri dari perselingan batulanau, batupasir tufan, dan sisipan serpih karbonan dan lapisan lignit. Diendapkan pada Kala Miosen Awal (Hutterer dan Bartstra, 1982), (Berggren dkk., 1998) menghitungnya berumuri Miosen Awal – Miosen Tengah. Ketiga formasi (Jaten, Wuni, Nampol) berhubungan jari-jemari dengan bagian bawah Formasi Punung.

2.1.1.2.4. Formasi Oyo (Tmo)

Lokasi tipe formasi ini berada di Kali Oyo. Batuan penyusun pada bagian bawah terdiri dari tuf dan napal tufan. Sedangkan ke atas secara berangsur didominasi oleh batugamping berlapis dengan sisipan batulempung karbonatan. Batugamping berlapis tersebut umumnya kalkarenit, namun terkadang dijumpai kalsirudit yang mengandung fragmen andesit membulat. Formasi Oyo tersebar luas di sepanjang Kali Oyo. Ketebalan formasi ini lebih dari 140 meter dan kedudukannya menindih secara tidak selaras di atas Formasi Semilir, Formasi Nglanggran dan Formasi Sambipitu serta menjemari dengan Formasi Oyo. (Samodra & Gafoer, 1990)

Formasi Oyo umumnya berlapis baik, sedangkan fosil yang dijumpai antara lain *Cycloclypeus annulatus* Martin, *Lepidocyclina ruteni* Vlerk, *Lepidocyclina ferreroi* Provale, *Miogypsina polymorpha* Rutten dan *Miogypsina thecideaeformis* Rutten yang menunjukkan umur Miosen Tengah hingga Miosen Akhir. Lingkungan pengendapannya pada laut dangkal (zona neritik) yang dipengaruhi kegiatan gunungapi

2.1.1.2.5. Formasi Wonosari (Tmwl)

Formasi Wonosari tersusun atas batugamping koral, batugamping lempungan, batugamping tufan, batu gamping pasiran, napal, batugamping, batugamping hitam bergambut dan kasideurit (Hamidi-Hashemi dan Shiva, 1992). Ketebalan formasi ini diduga lebih dari 800 meter. Kedudukan stratigrafinya di bagian bawah menyebar dengan Formasi Oyo, sedangkan di bagian atas menyebar dengan Formasi Kepek. Batugamping pada Formasi wonosari ditemukan fosil foraminifera besar berupa *Miogysina sp.* dan *Lapidocyclina sp.* Berumur Miosen Tengah hingga Miosen Akhir, dan terbentuk di lingkungan laut. (Samodra dkk, 1990)

2.1.1.3. Sejarah Geologi

Daerah penelitian merupakan daerah cekungan pengendapan Pegunungan Selatan yang mengalami pengangkatan dan berubah menjadi dangkalan pada akhir Miosen Awal atau permulaan Miosen Tengah. Setelahnya terjadi perubahan muka laut, dimana hal itu menyebabkan terjadinya proses genang laut, yang diikuti dengan pengendapan batuan Formasi Oyo. Kegiatan tektonik gunung api di daratan mempengaruhi sedimentasi (karbonat) yang sedang terjadi di lingkungan laut dangkal. Beragam jenis klastika asal daratan dan tuf masuk ke dalam cekungan, menghasilkan Formasi Oyo yang bersifat klastik. Di dasar paparan yang berbatasan dengan daratan yang mulai stabil terbentuk terumbu-terumbu koral Formasi Wonosari (Samodra, 2003) . Pada permulaan Miosen Akhir keadaan tektonik yang stabil berhasil menciptakan kondisi yang sangat memungkinkan bagi pertumbuhan dan perkembangan batugamping terumbu paparan Formasi Wonosari. Kegiatan tektonik yang aktif pada Miosen Akhir menghasilkan sesar-sesar turun sehingga kawasan menciptakan bentukan sembulan (horst) dan amblesan (graben). Daerah tinggian kemudian mengalami pengikisan, dan batuan rombakan yang dihasilkan diendapkan pada cekungan yang semakin dangkal. Kemudian terbentuk Formasi Kepek berumur Miosen Akhir-Pliosen Awal. Pada Pliosen cekungan terangkat ke permukaan laut, dibuktikan dengan tidak ada endapan yang berlingkungan laut. Pada saat seluruh kawasan Gunung Sewu terangkat di permukaan laut, gejala karstifikasi pun dimulai. Kekar dan sesar yang menyertai proses pengangkatan di Gunung Sewu merupakan bidang-bidang lemah yang mudah sekali mengalami pengikisan dan pelarutan. Air permukaan yang mengalir di sepanjang struktur geologi tersebut akan mengubah lembah sungai menjadi lebih dalam dan lebar. Beberapa mulut gua berukuran kecil yang tersingkap bersebelahan di beberapa bagian lereng lembah dan mempunyai ketinggian yang hampir sama, menunjukkan adanya gejala pemotongan sistem lorong bawah tanah

oleh sesar. Lorong-lorong gua yang pernah aktif sebelum terjadi pengangkatan mempunyai arah hampir barat-timur (Samodra, 2003) .

2.1.1.4. Sistem Geologi Karst

Karst merupakan istilah dalam Bahasa Jerman yang diturunkan dari bahasa Slovenia (kras) yang memiliki arti lahan gersang berbatu. Karst sebagai medan dengan kondisi hidrologi yang khas sebagai akibat dari batuan yang mudah larut dan mempunyai porositas sekunder yang berkembang baik (Ford dan Williams, 2013) . Karst dicirikan sebagai berikut :

1. Terdapatnya cekungan tertutup dan atau lembah kering dalam berbagai ukuran dan bentuk.
2. Jarang ditemukan adanya drainase/sungai permukaan
3. Terdapatnya goa dari sistem drainase bawah tanah.

Area karst Pacitan termasuk dalam klasifikasi tropical karst. Tropical karst berbeda dengan karst di iklim sedang dan kutub terutama disebabkan oleh presipitasi dan evaporasi yang besar. Presipitasi yang yang besar menghasilkan aliran permukaan sesaat yang lebih besar, sedangkan evaporasi menghasilkan rekristalisasi larutan karbonat membentuk lapisan keras di permukaan. Hal ini menyebabkan dolin membulat seperti di iklim sedang jarang ditemukan digantikan oleh dolin berbentuk bintang yang tidak beraturan. Dolin tipe ini sering disebut kockpit. Di antara dolin ditemukan bukit-bukit yang tidak teratur disebut dengan bukit kerucut. Lebih rincinya area karst Pacitan termasuk dalam kategori kagelkarst. Kegelkarst dicirikan oleh kumpulan bukit-bukit berbentuk kerucut yang sambung menyambung. Sela antar bukit kerucut membentuk cekungan dengan bentuk seperti bintang yang dikenal dengan kockpit. Kockpit seringkali membentuk pola kelurusan sebagai akibat kontrol kekar atau sesar. Cekungan di area karst selain doline juga ada polje. polje merupakan bentuklahan karst yang mempunyai elemen: cekungan yang lebar, dasar yang rata, drainase karstik, bentuk memanjang yang sejajar dengan struktur lokal, dasar polje mempunyai lapisan batuan Tersier (Haryono dan Adji, 2016)

2.1.2. Metode Geofisika

2.1.2.1. Konsep Dasar Metode Gaya Berat

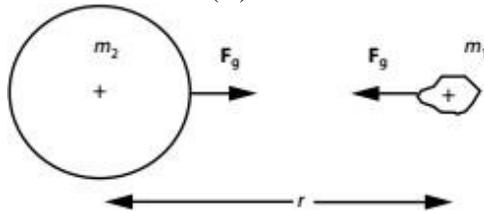
Metode gaya berat adalah metode eksplorasi geofisika berupa pengukuran medan gravitasi yang disebabkan oleh variasi densitas secara vertikal di bawah permukaan bumi (Hinze dkk., 2010). Metode ini merupakan salah satu hal penting dalam banyak masalah yang melibatkan pemetaan bawah permukaan bumi dan studi geologi. Metode gaya berat ini didasarkan atas sifat massa dari benda-benda di alam, dimana besarnya massa tersebut sangat menentukan

besarnya gaya tarik-menarik diantara benda tersebut (Djujun,2005). Metode ini dapat digunakan di daerah prospek panas bumi karena sistem panas bumi tersusun dari komponen-komponen batuan yang masing-masing mempunyai kontras densitas berbeda dengan sekitarnya.

Teori paling mendasar dalam metode gaya berat adalah Hukum Newton tentang gaya tarik-menarik antara benda dengan massa tertentu seperti pada Gambar 2.8. Sesuai dengan Hukum I Newton, bahwa kedua benda tersebut akan saling tarik-menarik karena adanya fenomena gravitasi yang disebut medan gaya gravitasi yang besarnya dapat dinyatakan dengan persamaan (Hinze dkk., 2010):

$$F_g = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \tag{2.1}$$

dimana F_g adalah gaya tarik-menarik (N), G adalah konstanta Gravitasi Universal ($6,67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$), m_1 dan m_2 adalah massa benda (kg), serta r adalah jarak antar pusat kedua buah benda (m).



Gambar 2. 3 Konsep gaya tarik – menarik antara dua benda (Hinze dkk., 2010)

Medan gravitasi bumi tidak dapat diukur secara independen dari suatu massa. Percepatan gravitasi dari sebuah massa yang jatuh sebagai respon medan gravitasi digunakan untuk menggambarkan gaya gravitasi (Hinze dkk., 2010). Oleh karena itu, Hukum II Newton dapat dikorelasikan dengan Hukum I Newton, sehingga dari persamaan (2.1) dapat dihasilkan persamaan (Hinze dkk., 2010):

$$F_g = m_1 a \tag{2.2}$$

$$G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} = m_1 \cdot a \tag{2.3}$$

$$G \frac{m_2}{r^2} = a \tag{2.4}$$

dimana a adalah percepatan (m/s^2) yang kemudian disebut sebagai percepatan gravitasi. Percepatan gravitasi a adalah besaran yang diukur dalam eksplorasi geofisika yang secara umum disimbolkan dengan g sehingga persamaan (2.4) dapat ditulis menjadi persamaan:

$$g = G \frac{m_2}{r^2} \tag{2.5}$$

Dapat dilihat bahwa besarnya percepatan gravitasi g berbanding lurus dengan massa m , yaitu perkalian antara massa jenis (densitas) ρ dengan volume benda, sehingga besarnya g yang terukur merupakan pencerminan dari densitas dan volume massa penyebabnya. Gaya gravitasi selalu positif karena semua

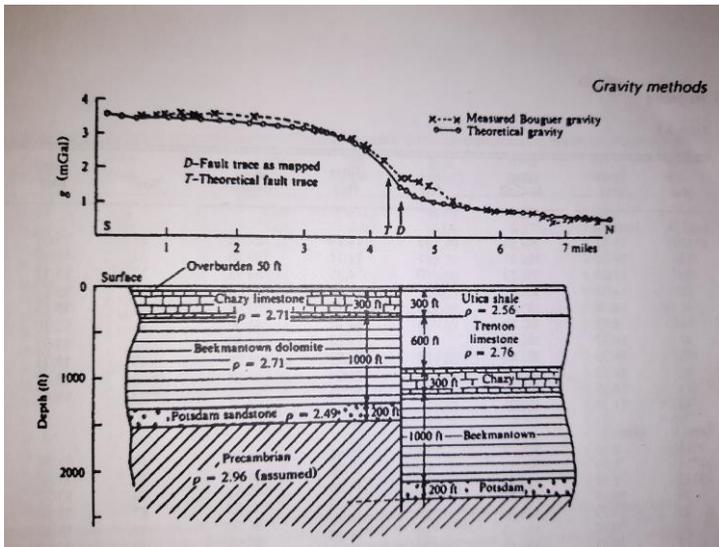
objek yang terlibat saling tarik-menarik antara satu sama lain, tetapi variasi gravitasi bisa saja negatif dalam eksplorasi geofisika sebagai akibat hasil dari massa yang lebih rendah dari massa normal sesuai dengan variasi densitas vertikal di dalam bumi (Hinze dkk., 2010).

Dalam kenyataannya bentuk bumi tidaklah bulat tetapi berbentuk elipsoid, sehingga besarnya percepatan gravitasi g yang terukur di setiap permukaannya berbeda-beda (Telford dkk., 1990). Variasi gaya berat tersebut dipengaruhi oleh 5 (lima) faktor yaitu posisi lintang, ketinggian, topografi, pasang surut, dan variasi densitas batuan di bawah permukaannya. Oleh karena itu, hasil pengukuran metode gaya berat di lapangan harus dikoreksi terlebih dahulu untuk mereduksi gangguan (dikenal dengan sebutan *noise*) yang ditimbulkan. Hasil pengukuran terkoreksi ini akan menghasilkan anomali percepatan gaya berat yang disebut dengan anomali Bouguer (Blakely, 1995), yang siap diolah dan diinterpretasi lebih lanjut untuk mendapatkan informasi bawah permukaannya.

2.1.2.2. Anomali Bouguer

Konsep anomali gaya berat (anomali Bouguer) adalah perbedaan nilai gaya berat terukur dengan nilai gaya berat acuan, yaitu nilai gaya berat teoritis untuk suatu model teoritis bumi (Blakely, 1995). Anomali Bouguer adalah selisih antara harga gravitasi pengamatan dengan harga gravitasi teoritis yang didefinisikan pada titik pengamatan tertentu (Hinze dkk., 2010). Perbedaan tersebut merefleksikan variasi rapat massa yang terdapat pada suatu daerah dengan daerah sekelilingnya ke arah lateral maupun vertikal. Sebagai contoh karena keterdapatannya suatu material tertentu seperti batuan sumber panas di dalam kulit bumi. Tujuan akhir penerapan metoda gaya berat pada eksplorasi sumber daya alam maupun studi keilmuan adalah mendapatkan gambaran bawah permukaan berdasarkan variasi persebaran densitas (Hinze dkk., 2010).

Anomali Bouguer bisa bernilai positif ataupun negative (Hinze dkk., 2010). Nilai anomali positif mengindikasikan adanya kontras densitas yang lebih besar dari densitas rata-rata batuan di sekitarnya, sedangkan anomali negatif menggambarkan perbedaan densitas yang lebih kecil. Anomali ini ditimbulkan oleh keseluruhan massa yang ada di bawah permukaan atau dengan kata lain merupakan gabungan dari anomali regional dan anomali residual. Anomali regional yaitu anomali yang ditimbulkan oleh benda-benda yang letaknya jauh atau dalam, sedangkan anomali residual yaitu anomali yang disebabkan oleh benda-benda dangkal. Dalam proses pengolahan, kedua anomali ini perlu dipisahkan sehingga anomali yang kita harapkan bisa digunakan dalam pemodelan untuk mendapatkan gambaran kondisi bawah permukaan (Setianingsih dkk., 2013) sesuai dengan target penelitian yang dilakukan.

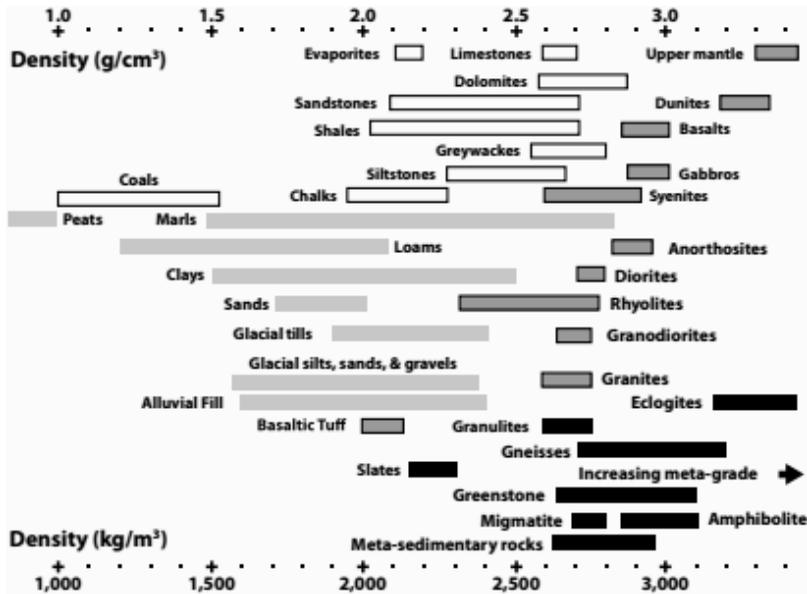


Gambar 2. 4 Contoh profil anomali bouguer berdasarkan litologi dibawahnya (Telford dkk., 1990)

2.1.2.3. Densitas Batuan

Dalam metoda gaya berat, distribusi parameter fisika yaitu densitas dari material di bawah permukaan bumi berasosiasi dengan kondisi dan struktur geologi di dalam bumi. Hal ini karena nilai percepatan gravitasi terukur di permukaan bumi yang bervariasi dipengaruhi oleh distribusi densitas material (batuan) yang berada di bawah permukaan bumi. Menurut (Hinze dkk., 2010), nilai densitas setiap batuan dapat dibedakan sesuai dengan jenisnya yang dapat dilihat pada Gambar 2.4. Dengan membandingkan persebaran densitas hasil pengolahan data anomali (dalam penelitian ini anomali residual) dengan nilai densitas referensi (Gambar 2.4), maka kita bisa menginterpretasikan batuan penyusun bawah.

Namun dari hasil pengolahan, data anomali Bouguer yang sama bisa menghasilkan kondisi bawah permukaan penyebab anomali yang berbeda disebut dengan ambiguitas (Grandis, 2009). Hal ini disebabkan karena nilai densitas batuan memiliki nilai rentang yang saling tumpang-tindih antara satu jenis dengan yang lainnya (lihat Gambar 2.4). Kondisi ini akan mempengaruhi keakuratan interpretasi hasil yang akan dilakukan. Oleh karena itu dalam proses interpretasi, nilai densitas yang dihasilkan perlu dikorelasikan dengan informasi geologi yang ada untuk mendapatkan hasil interpretasi yang lebih akurat.

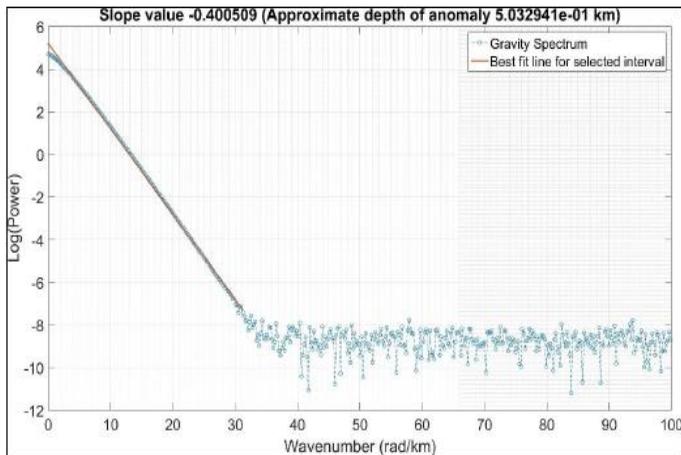


Gambar 2. 5 Nilai Densitas Batuan (Hinze dkk., 2010)

2.1.2.4 Analisis Spektrum

Data anomali Bouguer yang diperoleh merupakan hasil superposisi dari komponen anomali dari berbagai kedalaman. Kedalaman anomali menjadi suatu persoalan yang sangat penting pada tahap interpretasi lebih lanjut untuk mengetahui posisi dan jangkauan kedalaman data yang dimiliki. Analisis spektrum merupakan sebuah metode yang dapat digunakan untuk membantu mengetahui estimasi kedalaman anomali pada sebaran frekuensi dari data anomali Bouguer (Rochman dkk., 2018)

Proses analisis spektrum biasanya dilakukan dalam satu dimensi, dimana anomali Bouguer yang terdistribusi pada penampang cross section 1D diekspansi dengan deret Fourier. Proses Transformasi Fourier dilakukan dengan tujuan mengubah data dari domain waktu atau spasial menjadi domain frekuensi atau bilangan gelombang. Dapat dilihat pada gambar 2.2 dengan menganalisis bilangan gelombang (k) dan amplitudo (A), kita dapat memperkirakan besar kedalaman estimasi anomali regional dan residual serta dapat menentukan lebar jendela filter dari perhitungan frekuensi cutoff dari analisis spektrum.



Gambar 2. 5 Analisis spektrum menggunakan nilai slope untuk mengetahui kedalaman anomali (Mandal dkk., 2017)

2.1.2.5 Pemodelan 2D

Teori inversi sebagai suatu kesatuan teknik antara metode matematika dan statistika untuk memperoleh informasi yang berguna mengenai suatu sistem fisika berdasarkan observasi terhadap sistem tersebut (Menke, 2012). Pemodelan inversi adalah salah satu teknik pemodelan dimana parameter modelnya diperoleh langsung dari data pengamatan (Banu dkk., 2018). Menurut (Grandis, 2009), pemodelan inversi sering pula disebut sebagai pencocokan data (data fitting) karena dalam prosesnya adalah mencari parameter model yang menghasilkan respon yang cocok dengan data pengamatan. Respon model dan data pengamatan diharapkan memiliki kesesuaian yang tinggi sehingga akan menghasilkan model yang optimum (Supriyadi dkk., 2017). Pemodelan inversi merupakan fokus kebanyakan atau hampir semua bidang geofisika karena kita dituntut untuk dapat memperkirakan model atau parameter model berdasarkan hasil pengamatan atau pengukuran data lapangan. Salah satu contoh pemodelan inversi yang diaplikasikan dalam penelitian ini adalah memperkirakan model struktur bawah permukaan dalam bentuk persebaran nilai densitas dari data pengukuran metode gaya berat.

Pemodelan struktur bawah permukaan ini dilakukan dengan teknik inversi dua dimensi (2D). Data gaya berat anomali residual menggunakan perangkat lunak *Grablox 1.6* dari (Pirttijärvi, 2008) sehingga menghasilkan model penampang densitas berbentuk 2D. model 2D yang dihasilkan bisa ditampilkan sebagai penampang 2D. Perangkat lunak *Grablox 1.6* ini menggabungkan dua metode inversi yaitu inversi *Singular Value Decomposition* (SVD) dan inversi Occam (Hjelt, 1992) yang diproses secara berurutan.

Inversi *Singular Value Decomposition* adalah suatu teknik pemfaktoran matriks dengan menguraikan suatu matriks ke dalam dua matriks, sebagai contoh dari matriks A menjadi matriks U dan V. Secara matematis persamaannya (Parapat dkk., 2017) dapat ditulis sebagai:

$$A = U S V^T \quad (2.6)$$

dimana U adalah matriks ortogonal sebelah kiri, S adalah suatu matriks diagonal, dan V adalah matriks ortogonal sebelah kanan. Perhitungan inversi matriks menggunakan teknik SVD relatif lebih stabil. Dalam penerapan teknik SVD, nilai singular yang lebih kecil dari harga tertentu dapat diabaikan atau dianggap sama dengan nol sehingga tidak diikutsertakan pada proses perhitungan solusi. Penerapan teknik SVD pada pemodelan inversi (khususnya pada perhitungan matriks) umumnya dapat menghasilkan solusi inversi yang cukup baik (Grandis, 2009).

Inversi Occam adalah suatu metode inversi yang memanfaatkan tingkat kekasaran (roughness) suatu model (Constable dkk, 1987) yang secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$U = \|\delta m\|^2 + \mu^{-1} \{ \|Wd - WGM\|^2 - X^2 \} \quad (2.7)$$

Metode inversi Occam merupakan inversi untuk memaksimalkan kecocokan antara hasil pengukuran dan data hasil perhitungan. Inversi Occam terdiri atas 3 bagian yakni occam d (occam density) untuk mengoptimalkan atau memaksimalkan nilai densitas blok sehingga model yang dihasilkan lebih halus, occam h (occam heights) untuk mengoptimalkan ketinggian blok atau kedalaman lapisan, dan occam h+d untuk mengoptimalkan nilai densitas dan ketinggian blok secara bersamaan untuk tiap lapisan.

2.2 Penelitian Terdahulu

Salah satu daerah karst yang menarik adalah Pegunungan Sewu, karena keberadaan sistem sungai bawah tanah yang dikembangkan di bawahnya. Sistem sungai bawah tanah Bribin di Gunung Kidul, Yogyakarta adalah salah satu bukti yang ditemukan oleh para peneliti sebelumnya. Di Kabupaten Pacitan ada pemandangan karst yang belum banyak diteliti. Wilayah karst Pacitan berada di bagian timur area karst Pegunungan Sewu. Seperti karakteristik wilayah karst secara umum, di wilayah karst Pacitan, ada bukit kecil, lubang vertikal, depresi tertutup, singkapan permukaan kasar dan runcing, stalaktit dan stalagmit, dan keberadaan sumber air berlumpur dan air. Wilayah karst Pacitan mirip dengan wilayah karst Gunung Kidul yang memiliki sistem sungai bawah tanah. Namun, pengembangan sistem sungai bawah tanah dari kedua wilayah ini dianggap berbeda. Ternyata sistem sungai bawah tanah khas yang dikembangkan di kawasan karst Pacitan, Jawa Timur berbeda dengan sistem sungai bawah tanah

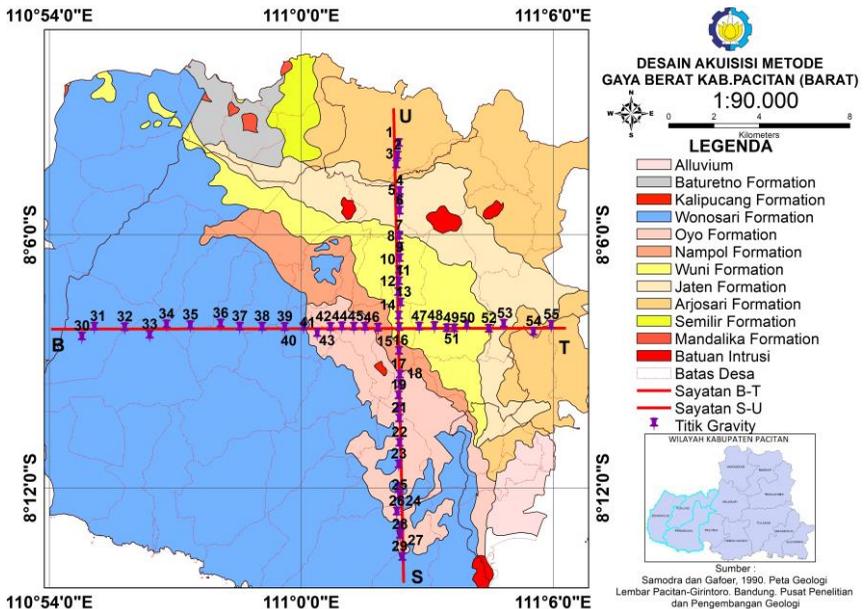
yang dikembangkan di Gunung Kidul, Yogyakarta. Ini terlihat dari hasil penelitian yang dilakukan di kawasan karst Desa Dersono, Pacitan di mana sistem sungai bawah tanah berkembang dalam bentuk gua kosong sebanyak dua level dianalisis berdasarkan perbedaan anomali resistivitas rendah hingga tinggi pada kedalaman sekitar 25 meter dan 40 meter. Dibandingkan dengan sistem pengembangan di Gunung Kidul, sistem sungai bawah tanah di Desa Dersono lebih dangkal dan diduga berada di Zona Vadose di mana pengembangan gua berlangsung di atas permukaan air dan dikendalikan oleh pergerakan air dari permukaan yang masuk melalui fraktur batu. Diasumsikan bahwa rekahan batuan di daerah karst Pacitan terbentuk karena kontrol struktural oleh Sesar Grindulu. Sedangkan pada sistem sungai bawah tanah di Bribin, Gunung Kidul, terbentuk pada ketinggian air tanah pada kedalaman relatif dalam 100 meter (Bahri dkk., 2019).

Wilayah Indonesia merupakan salah satu area yang memiliki tingkat kerentanan tertinggi terjadinya gempa bumi. Tidak hanya gempa bumi laut tetapi juga gempa bumi darat yang diakibatkan aktifitas sesar di darat sangatlah berbahaya. Kini, sesar-sesar tersebut menjadi perhatian khusus setelah gempa bumi Jogja 2006 terjadi. Kejadian serupa pernah juga terjadi pada bulan Februari 2011 dimana gempa bumi terjadi di wilayah Pacitan dengan lokasi episenter di sekitar jalur sesar Grindulu. Oleh karena itu, diperlukan suatu kajian khususnya pemodelan bawah struktur dan identifikasi pola sesar dengan menggunakan software GRAV3D dan metode Second Vertical Derivative (SVD). Hasil penelitian memperlihatkan bahwa dua segmen sesar mengarah timur laut-barat daya yang memiliki pola sesar turun dengan sedikit oblique dan pola sesar transform. Selain itu, hasil kajian ini menunjukkan perbedaan nilai densitas pada area sesar yang memiliki variasi kedalaman sampai enam kilometer (Felix dkk., 2015).

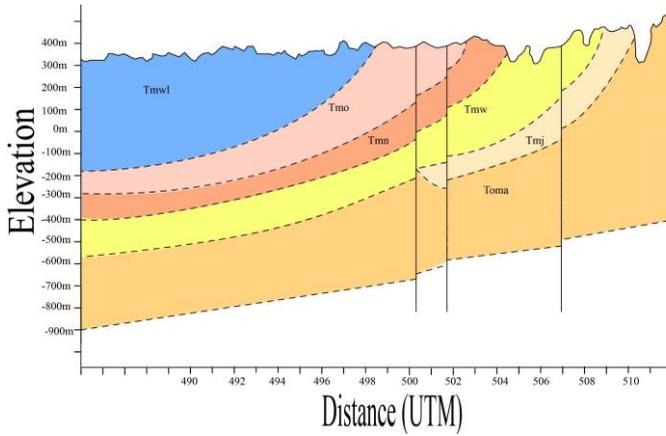
BAB III METODOLOGI

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

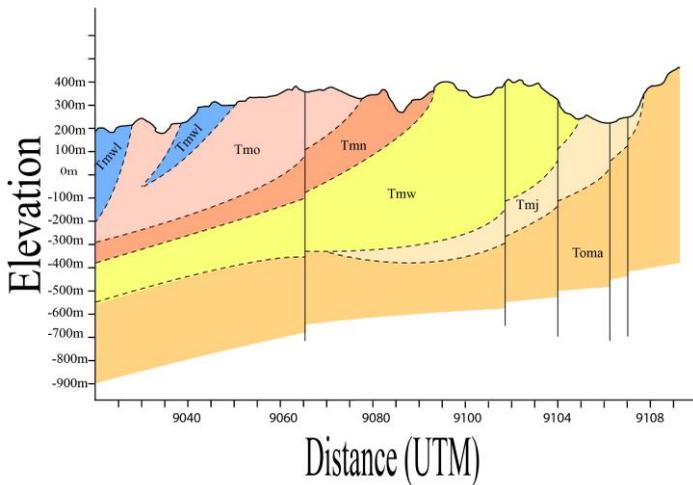
Pengambilan data dilakukan pada tanggal 6–9 Juli 2019 dengan jumlah 55 stasiun titik pengukuran di area karst Pacitan, Jawa Timur. Lintasan pengambilan data yaitu 18,5 km untuk selatan-utara dan 20.5 km untuk barat-timur, dengan spasi antar stasiun 500 m hingga 1 km meter. Peta Persebaran titik pengukuran dapat dilihat pada gambar 3.1. Pengerjaan pengolahan data dan interpretasi dilakukan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.



Gambar 3. 1 Peta Desain Akuisisi Metode Gaya Berat di Bagian Barat Pacitan



Gambar 3. 2 Penampang geologi dari arah barat ke timur (B-T)



Gambar 3. 3 Penampang geologi dari arah selatan ke utara (S-U)

Pada gambar 3.2 dan gambar 3.3 merupakan penampang sayatan peta geologi di area penelitian. Garis sayatan sejajar dengan titik pengukuran yang dilakukan. Gambar 3.2 merupakan sayatan dari titik akuisisi 1 hingga titik akuisisi 29. Dan pada gambar 3.3 merupakan sayatan titik akuisisi 30 hingga titik akuisisi 55.

3.2 Data Penelitian

1. Nilai Percepatan Gravitasi

Nilai percepatan gravitasi yang didapatkan pada akuisisi data. Selain nilai percepatan gravitasi juga didapatkan waktu pengukuran, koreksi tidal, dan elevasi.

2. Peta Geologi

Peta geologi yang digunakan adalah Peta Geologi yang dibuat oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (PPPG) pada tahun 1998

3. Peta Digital Elevasi Model SRTM

Data DEM SRTM yang dipakai adalah SRTM 90m DEM versi 4. Data ini didapatkan secara bebas dari website sumber terbuka (open source) yaitu United States Geology Survey Explorer dengan alamat website yaitu <https://earthexplorer.usgs.gov/>

Peralatan dan perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir ini antara lain:

-Perangkat Keras:

a.Gravimeter Scintrex CG-5

- Nama Alat : Scintrex CG-5
- Sensor : Fused Quartz using electrostatic nulling
- Resolusi Bacaan : 1 mGal
- Perusahaan : Scintrex Ltd
- Manufaktur: Canada

b.Laptop

- Operating System: Windows 10 Pro (64-bit)
- Processor:10thGen.IntelCore i7-10510U @ 3.10 GHz
- GPU : NVIDIA GeForce MX250
- RAM: 8 GB

-Perangkat Lunak :

a.Microsoft Office 365

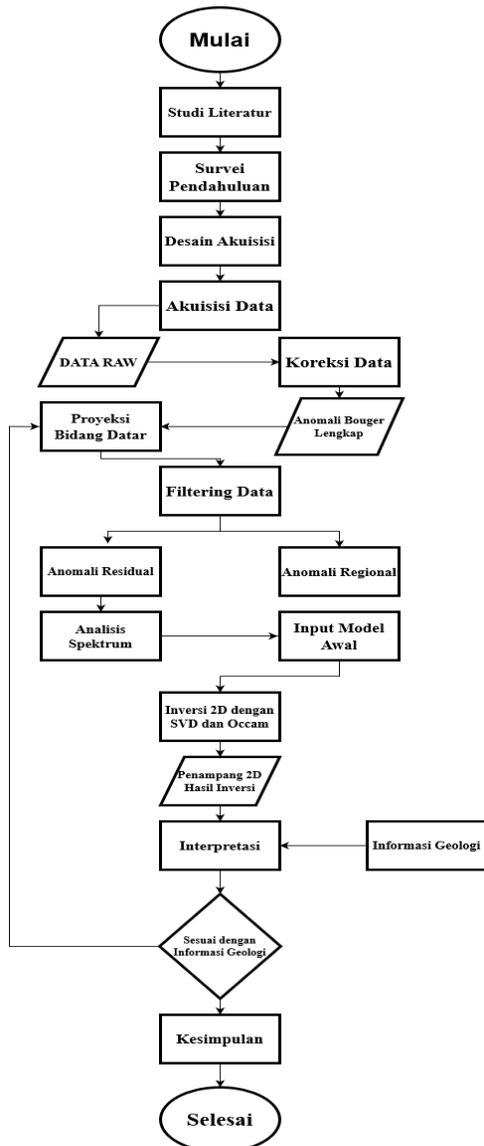
b.Grablox 2.1

c.Bloxxer 1.6

d.Adobe Illustrator 2020

3.3 Alur Kerja

Alur kerja pada penelitian ini digambarkan melalui diagram alir berikut:



Gambar 3. 4 Alur kerja penelitian tugas akhir

3.4 Tahapan Penelitian

Koreksi Data

Dalam pengolahan data gayaberat diperlukan adanya koreksi untuk menghasilkan nilai anomali bouguer dari daerah penelitian, yaitu :

1. Menghitung Koreksi Pasang Surut (*Tide Correction*)

Benda di sekitar bumi (matahari dan bulan) turut menyumbang nilai dalam pengukuran gravitasi sehingga harus dikoreksi. Proses perhitungan nilai pasang surut menggunakan persamaan (6) dan proses perhitungan dilakukan oleh alat.

2. Menghitung Koreksi Apungan (*Drift Correction*)

Koreksi *drift* dilakukan karena kelelahan alat yang dibawa dari awal pengukuran ke titik-titik pengukuran di berbagai elevasi sehingga menyebabkan pegas tidak stabil dan harus dikalibrasi ulang. Proses perhitungan koreksi *drift* menggunakan persamaan (7).

3. Menghitung nilai G. Observasi

Gravitasi observasi merupakan nilai gravitasi yang diperoleh dari pengukuran dilapangan dengan kondisi yang sebenarnya pada tiap titiknya. Proses perhitungan nilai gravitasi observasi menggunakan persamaan (8).

4. Menghitung Koreksi Lintang (*Latitude Correction*)

G. Normal atau G. Lintang merupakan nilai gravitasi pada titik pengukuran secara teoritis dengan menganggap bumi berbentuk elipsoid. Nilai gravitasi teoritis berubah terhadap posisi lintang. Pendekatan terbaru perhitungan G. Lintang dengan menggunakan persamaan (9).

5. Menghitung Koreksi Udara Bebas (*Free Air Correction*)

Efek free air perlu dihitung karena proses pengukuran dilakukan di topografi bukan di datum (*Mean Sea Level*). Proses perhitungan koreksi udara bebas (*Free Air Correction*) menggunakan persamaan (13).

6. Menghitung Nilai Koreksi Bouguer (*Bouguer Correction*)

Pada koreksi *free air* membawa nilai gravitasi teoritis ke topografi. Koreksi Bouguer untuk menghitung efek massa yang ada antara datum (*Mean Sea Level*) dengan topografi. Perhitungan koreksi Bouguer menggunakan persamaan (15) dan didapatkan anomali Bouguer serta didapatkan anomali Bouguer.

7. Menghitung Koreksi Medan (*Terrain Correction*)

Lembah dan bukit di sekitar titik pengukuran turut menyumbang nilai pada pengukuran. Untuk menambahkan efek tersebut karena tadi di koreksi Bouguer kita menganggap massa yang ada dibawah permukaan berbentuk slab tak berhingga, maka koreksi *Terrain* ini dilakukan untuk menambahkan adanya efek bukit dan lembah. Proses perhitungan secara fisis menggunakan persamaan (16). Proses pencarian koreksi *Terrain* menggunakan *software* Geosoft Oasis Montaj dengan bekal peta DEM (*Digital Elevation Model*) daerah penelitian untuk menentukan jari - jari lokal dan regionalnya.

Filtering Moving Average

Proses ini dilakukan karena nilai anomali bouguer yang telah didapat masih tercampur antara anomali regional dan residual, oleh karena itu harus dilakukan pemisahan anomali terlebih dahulu, pada penelitian ini jenis filter yang digunakan untuk melakukan pemisahan adalah metode *Moving Average*. Target dari penelitian ini adalah dalam, maka target yang dicari dari metode ini adalah anomali regional. Pemisahan dengan metode *moving average* dilakukan dengan kalkulasi yang menghasilkan nilai anomali regional. Anomali regional adalah hasil perhitungan rata – rata anomali bouguer yang terdapat di lokasi penelitian. Nilai anomali regional dipengaruhi oleh nilai-nilai anomali dalam di lokasi penelitian. Anomali Residual dapat dihasilkan dengan mengurangi anomali regional terhadap anomali bouguer.

Analisis Spektrum

Data Anomali Bouguer yang diperoleh merupakan hasil superposisi dari komponen anomali dari berbagai kedalaman. Kedalaman anomali menjadi suatu persoalan yang sangat penting pada tahap interpretasi lebih lanjut untuk mengetahui posisi dan jangkauan kedalaman data yang dimiliki. Proses analisis spektrum dilakukan dalam satu dimensi, anomali bouguer yang terdistribusi pada penampang *cross-section 1D* diekspansi dengan deret Fourier. Data dari domain waktu atau spasial diubah menjadi domain frekuensi atau bilangan gelombang, proses ini disebut Transformasi Fourier. Dengan menganalisis bilangan gelombang (k) dan amplitudo (A), kita dapat memperkirakan besar kedalaman estimasi anomali regional dan residual serta dapat menentukan lebar jendela *filter* dari perhitungan frekuensi *cut-off* dari analisis spektrum.

Singular Value Decomposition

Pada proses Inversi *Singular Value Decomposition* ada 2 tahap optimasi yang dilakukan, yaitu Optimasi *Base* (Dasar) yang bertujuan untuk mengoptimalkan nilai-nilai parameter dasar anomali dan Optimasi *Density* (Densitas) bertujuan untuk optimasi nilai densitas agar nilai densitas antara data pengukuran dan data perhitungan lebih mendekati atau cocok. Pada proses optimasi ini juga bergantung pada jumlah iterasi, jumlah blok yang dimasukkan, semakin tinggi iterasi maka semakin kecil nilai *error* yang didapatkan, semakin banyak blok minor yang digunakan akan menghasilkan resolusi yang baik, akan tetapi juga mempengaruhi lama waktu optimasi.

Inversi Occam

Jika pada optimasi dengan SVD dihasilkan data densitas perhitungan (komputasi) dengan data pengukuran belum cocok, maka dilakukan optimasi Occam hingga kedua data tersebut hampir cocok atau cocok. Optimasi Occam *density* bertujuan untuk memperkecil perbedaan antara kedua data, sehingga didapatkan kecocokan antara keduanya. Proses optimasi ini akan membuat nilai *error* (antara data observasi dengan data hasil perhitungan) menjadi semakin kecil baik dari sisi nilai densitas maupun dimensinya. Nilai *error (rms)* minimum antara keduanya menunjukkan kesesuaian data, sehingga model densitas dari hasil tersebut dianggap sebagai model yang paling optimum

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Estimasi Densitas Batuan

Rentang nilai densitas diperlukan dalam penentuan model awal sebelum dilakukannya permodelan dengan tahapan inversi. Rentang nilai berikut diambil berdasarkan uji sampel yang telah dilakukan oleh (Tenzer dkk., 2011) dan sudah diverifikasi oleh PETLAB database

Tabel 4. 1 Rentang nilai densitas batuan daerah Pacitan (Tenzer dkk., 2011)

No	Jenis Batuan	Range Density (ρ)
1	Batu Pasir / <i>Sandstone</i>	1.51 - 3.0
2	Batu Lanau / <i>Siltstone</i>	1.56 - 2.88
3	Batu Lempung / <i>Claystone</i>	1.52 - 2.42
4	Batu Gamping / <i>Limestone</i>	1.89 - 3.01
5	Tufan / <i>Tuff</i>	1.41 - 2.94
6	Napal / <i>Marl</i>	2,20 – 2,60
7	Lava / <i>Lava</i>	2.54 - 2.82
8	Breksi / <i>Breccia</i>	1.54 - 3.0
9	Lignit / <i>Lignite</i>	1.41 - 2.62
10	Konglomerat / <i>Conglomerate</i>	2.11 - 3.00

Berdasarkan Tabel 4.1, dapat dilihat bahwa rentang nilai densitas batuan yaitu berkisar antara 1,21 – 3,21 g/cm^3 . Nilai rentang densitas tersebut akan digunakan sebagai acuan dalam penentuan model awal dan juga interpretasi dari hasil pengolahan.

4.2 Pemisahan Anomali

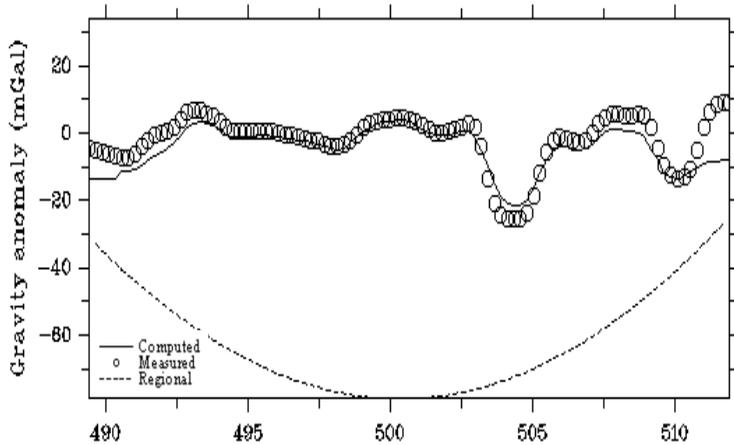
Berdasarkan desain akuisisi yang ditampilkan pada gambar 3.1 perlu dilakukan metode gridding yang tepat sesuai dengan persebaran data nya. Karena penentuan pemilihan metode gridding akan mempengaruhi profil dari anomali bouguer lengkap. Pada penelitian kali ini menggunakan metode gridding *Inverse*

Distance to a Power Method. Pemilihan metode tersebut dipertimbangkan berdasarkan persebaran data yang tidak terdistribusi normal. Dengan *Inverse Distance to a Power*, data antar titik memiliki pengaruh berdasarkan nilai *power* yang ditentukan. Semakin besar nilai *power* maka semakin kecil pengaruh data yang jauh, sehingga proses interpolasi hanya difokuskan berdasarkan data disekitarnya berdasarkan nilai *power* yang telah ditentukan (Kao dan Hung, 2004). Dalam menentukan nilai *power* penulis melakukan beberapa percobaan, yang pada akhirnya ditentukan *power* dengan orde 6 yang cocok dengan kondisi data dan kondisi lapangan daerah penelitian.

Setelah mendapatkan nilai persebaran anomali bouguer lengkap perlu dilakukan pemisahan antara regional dan residual. Anomali residual merupakan anomali lokal yang dipengaruhi oleh sumber-sumber anomali gravitasi yang berada pada posisi dangkal (Burger dkk., 2006). Dalam penelitian kali ini anomali residual digunakan sebagai data inputan saat melakukan pemodelan 2D dengan proses inversi. Hal ini dikarenakan anomali residual lebih baik dalam menggambarkan adanya anomali dangkal seperti sesar dan juga perbedaan litologi di area penelitian. Pemisahan anomali pada penelitian ini menggunakan metode moving average, metode ini dilakukan dengan merata ratakan nilai anomalnya dan akan menghasilkan anomali regional. Nilai anomali residual didapatkan dengan mengurangkan data hasil pengukuran dengan anomali regionalnya. Dengan menggunakan metode tersebut akan didapatkan anomali yang jelas pada profil anomali bouguer ketika adanya sesar ataupun perbedaan litologi yang signifikan.

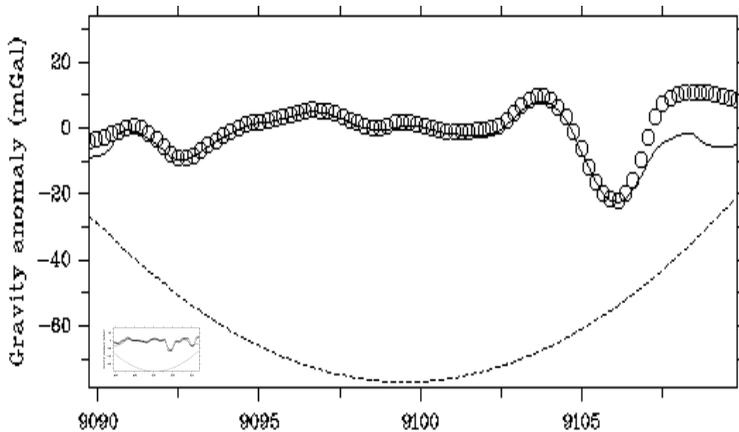
4.3 Profil Anomali Residual

Setelah melewati tahapan yang dijelaskan pada sub-bab 4.2, selanjutnya akan mendapatkan profil anomali bouguer seperti gambar 4.1 dan gambar 4.2. Profil anomali bouguer dipengaruhi oleh keadaan dibawah permukaan, baik berupa adanya sesar ataupun perbedaan litologi yang signifikan seperti contoh pada gambar 2.4. Terlihat pada gambar tersebut ketika adanya sesar akan terlihat pada profil anomali berupa perubahan grafik dengan kemiringan tertentu. Kemiringan tersebut terjadi bisa juga karena adanya perbedaan densitas yang signifikan. Hasil dari inversi penampang 2D adalah sebagai berikut :



Gambar 4. 1 Profil anomali residual dari arah barat ke timur

Pada gambar 4.1 yang merupakan profil anomali bouguer dari arah barat ke timur memiliki range nilai anomali dari -23 mGal hingga 9 mGal.

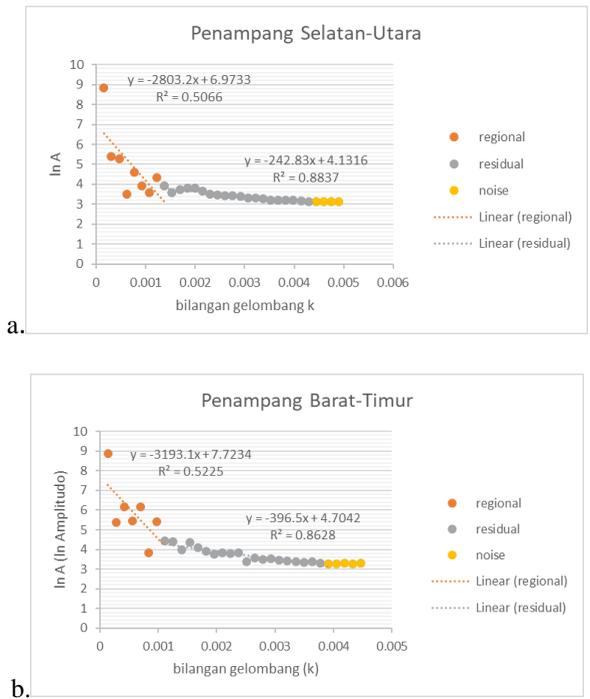


Gambar 4. 2 Profil anomali residual dari arah selatan ke utara

Sementara itu pada gambar 4.2 yang merupakan profil anomali bouguer dari arah selatan ke utara memiliki rentang nilai anomali dari -27 mGal hingga 13 mGal.

4.4 Analisis Spektrum

Proses ini yaitu mengetahui informasi kedalaman regional maupun residual pada daerah penelitian dengan menggunakan persamaan gradien hasil dari plot antara $\ln A$ dengan bilangan gelombang k yang menyatakan kedalaman. Dengan menganalisis bilangan gelombang (k) dan amplitudo (A), kita dapat memperkirakan besar kedalaman estimasi anomali regional dan residual. Dengan analisis spektrum dapat diketahui frekuensi dari data, sehingga kedalaman dari anomali gaya berat dapat diestimasi. Frekuensi rendah yang berasosiasi dengan panjang gelombang panjang mengindikasikan daerah regional yang mewakili struktur dalam dan luas. Sedangkan sebaliknya, frekuensi tinggi yang berasosiasi dengan panjang gelombang pendek mengindikasikan daerah residual (lokal) yang mewakili struktur dangkal.



Gambar 4. 3 Plot \ln Amplitudo ($\ln A$) dengan bilangan gelombang (k) pada a.lintasan selatan – utara dan b.barat - timur

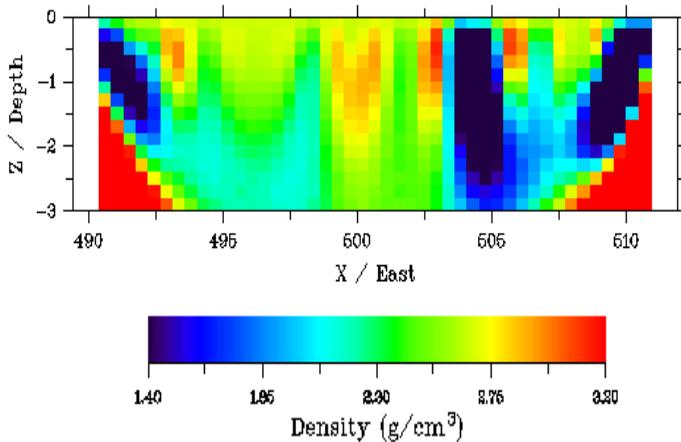
Dari masing-masing grafik diperoleh dua gradien garis utama yang mencerminkan dua kedalaman, yaitu regional dan residual. Grafik yang memiliki

frekuensi rendah menggambarkan kedalaman yang lebih dalam (regional), sedangkan grafik dengan frekuensi tinggi mencerminkan kedalaman yang lebih dangkal (residual). Hasil dari analisis spektrum pada lintasan selatan – utara menunjukkan kedalaman anomali pertama adalah -2803.2 m yang diinterpretasikan sebagai kedalaman regional dan kedalaman anomali kedua adalah -242.83m kedalaman residual. Kemudian hasil dari analisis spektrum pada lintasan barat – timur menunjukkan kedalaman anomali pertama adalah -3193.1m yang diinterpretasikan sebagai kedalaman regional dan kedalaman anomali kedua adalah -396.5m kedalaman residual

4.5 Hasil Inversi Penampang 2D

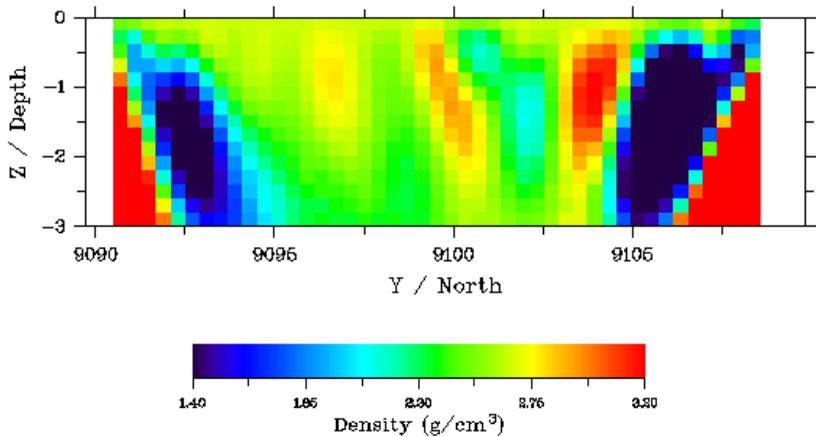
Sebelum melakukan tahapan inversi perlu dilakukan pembuatan model awal. Model awal yang digunakan disesuaikan dengan daerah penelitian. Ukuran daerah penelitian yang akan dimodelkan adalah sekitar 20.5 km ke arah timur (sumbu X) dan 18 km ke arah utara (sumbu Y), sedangkan target kedalaman model adalah 3 km ke arah vertikal (sumbu Z). Kedalaman model dibatasi hanya 3 km saja karena berdasarkan analisis spektrum jangkauan kedalaman berdasarkan data hingga 3 km. Parameter X,Y, dan Z merupakan ukuran blok mayor (dX, dY, dan dZ). Untuk model awal, sumbu X dibagi menjadi 45 blok (nx), sumbu Y menjadi 45 blok (ny), dan sumbu Z menjadi 15 blok (nz) sehingga menghasilkan 30.375 blok minor penyusun blok mayor.

Proses inversi dengan teknik optimasi dilakukan untuk mendapatkan model dengan persebaran nilai densitas. Beberapa tahapan optimasi yang dilakukan pada pemodelan inversi ini yaitu optimasi Base, Density, dan Occam's d. Proses optimasi ini dilakukan menggunakan metode singular value decomposition (SVD) dan optimasi Occam's. Optimasi Base bertujuan untuk mengoptimalkan nilai-nilai parameter dasar anomali. Optimasi densitas bertujuan untuk mengoptimasi nilai densitas agar nilai densitas antara data pengukuran dan data perhitungan lebih mendekati atau cocok.. Occam's d bertujuan untuk mengoptimasi model dengan cara mengurangi nilai misfit dan tingkat kekasaran model. Jumlah blok minor dan iterasi sangat menentukan resolusi dan lamanya proses inversi. Dalam penelitian ini menggunakan 30.375 blok minor dan 5 iterasi. Hasil dari inversi memiliki error sebesar 5,9%. Hasil dari inversi penampang 2D adalah sebagai berikut :



Gambar 4. 4 Hasil inversi penampang 2D arah barat - timur

Pada hasil inversi penampang 2D arah barat – timur dapat dilihat bahwa rentang nilai densitas sekitar 1,4 – 3,2 g/cm^3 . Berdasarkan referensi rentang nilai densitas pada table 4.1 batuan gamping (*limestone*) yang merupakan batuan karbonat memiliki rentang nilai densitas sebesar 1,89 – 3,01 g/cm^3 . Pada area penelitian diketahui bahwa formasi yang memiliki ketebalan karbonat paling tebal berada pada formasi wonosari dengan ketebalan 750m (Surono, 2009). Formasi wonosari pada gambar 4.4 berada pada koordinat X 490 – 499. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Rahmat dkk., 2018) rentang nilai densitas batu gamping (*limestone*) adalah 2.23 – 2.31 g/cm^3 sehingga rentang nilai tersebut yang menjadi acuan untuk analisa ketebalan karbonat karena nilai densitas tersebut lebih representatif karena menggunakan sampel di area penelitian yang sama dengan penelitian ini. Ketebalan karbonat berdasarkan gambar 4.4 memiliki rentang sekitar 100 meter hingga 750 meter. Ketebalan batuan karbonat di koordinat X 490 – 495 memiliki batuan karbonat yang lebih tebal dibanding koordinat X 496 – 499. Hal ini dikarenakan semakin ke arah timur proses karstifikasi semakin tidak berkembang dengan baik. Oleh karena itu semakin ke arah timur batuan lebih masif dan memiliki densitas yang lebih tinggi. Nilai densitas yang tinggi di tepi area penelitian pada kedalaman 1,5 km hingga 3 km merupakan hasil yang kurang valid karena disebabkan adanya efek tepi dari proses inversi. Pada koordinat tersebut merupakan ujung dari titik pengukuran sehingga hasil inversi nya menjadi kurang valid.

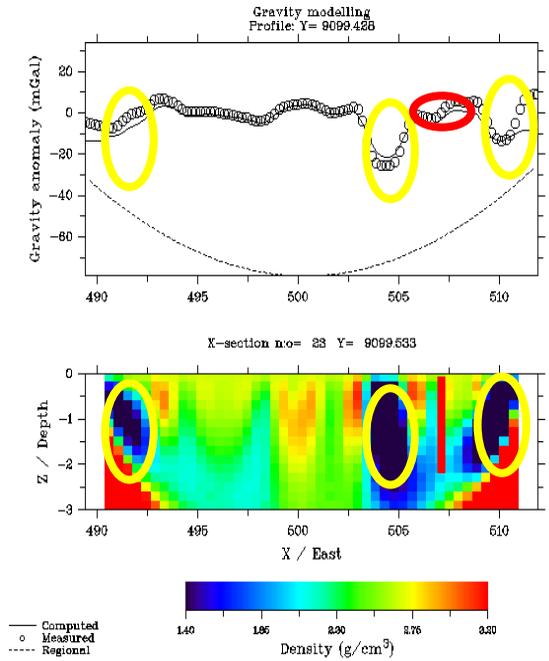


Gambar 4. 5 Hasil inversi penampang 2D arah selatan - utara

Pada hasil inversi penampang 2D arah selatan – utara dapat dilihat bahwa rentang nilai densitas sekitar $1,4 - 3,2 \text{ g/cm}^3$. Berdasarkan referensi rentang nilai densitas pada table 4.1 batuan gamping (*limestone*) yang merupakan batuan karbonat memiliki rentang nilai densitas sebesar $1,89 - 3,01 \text{ g/cm}^3$. Pada area penelitian diketahui bahwa formasi yang memiliki ketebalan karbonat paling tebal berada pada formasi wonosari dengan ketebalan 750m (Surono, 2009). Formasi wonosari pada gambar 4.5 berada pada koordinat Y 9090 – 9095. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Rahmat dkk., 2018) rentang nilai densitas batu gamping (*limestone*) adalah $2,23 - 2,31 \text{ g/cm}^3$ sehingga rentang nilai tersebut yang menjadi acuan untuk analisa ketebalan karbonat karena nilai densitas tersebut lebih representatif karena menggunakan sampel di area penelitian yang sama dengan penelitian ini. Ketebalan karbonat berdasarkan gambar 4.5 memiliki rentang sekitar 150 meter hingga 750 meter. Ketebalan batuan karbonat di koordinat Y 9090 – 9092,5 memiliki batuan karbonat yang lebih tebal dibanding koordinat X 9092,6 – 9095. Hal ini dikarenakan semakin ke arah utara proses karstifikasi semakin tidak berkembang dengan baik. Oleh karena itu semakin ke arah utara batuan lebih masif dan memiliki densitas yang lebih tinggi. Nilai densitas yang tinggi di tepi area penelitian pada kedalaman 1 km hingga 3 km merupakan hasil yang kurang valid karena disebabkan adanya efek tepi dari proses inversi. Pada koordinat tersebut merupakan ujung dari titik pengukuran sehingga hasil inversi nya menjadi kurang valid.

4.6 Korelasi Penampang 2D dengan Profil Anomali Bouguer

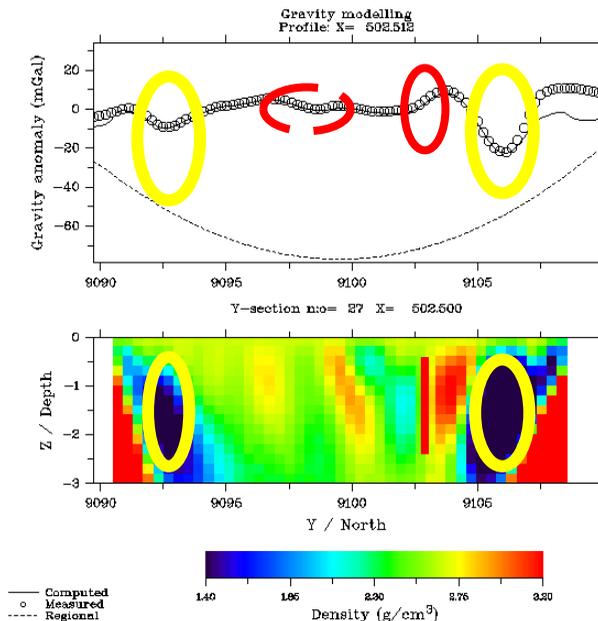
Untuk menganalisis lebih dalam perlu dilakukan korelasi antara penampang 2D densitas dengan profil anomali bouguer. Dengan mengkorelasikan antara penampang 2D densitas dengan profil anomali bouguer maka analisa yang dilakukan akan lebih representatif terhadap kondisi bawah permukaan. Berikut adalah analisa berdasarkan korelasi penampang 2D densitas dengan profil anomali bouguer :



Gambar 4.6 Korelasi profil anomali bouguer dengan penampang densitas 2D dari arah barat ke timur

Pada gambar 4.6 dapat dilihat bagian atas merupakan profil anomali bouguer dan yang dibawah merupakan penampang 2D densitas hasil inversi. Penulis telah membuat tanda-tanda yang menandakan anomali. Lingkaran merah pada profil anomali bouguer pada koordinat X 506 - 507,5 mengindikasikan adanya anomali yang menandakan adanya sesar. Anomali yang dimaksud adalah adanya peningkatan nilai anomali yang cukup signifikan. Untuk lebih mudah membayangkan hubungan antara profil anomali bouguer dengan kondisi di

bawah permukaan dapat dilihat kembali pada gambar 2.4. Hal tersebut didukung dengan peta geologi yang dapat dilihat pada gambar 3.1 bahwa pada koordinat tersebut memang benar adanya sesar. Garis dugaan sesar ditandai oleh penulis dengan garis merah pada koordinat X 506 – 507,5 di penampang 2D densitas hasil inversi. Sementara perubahan anomali signifikan yang menjadi rendah seperti yang ditandai lingkaran kuning pada profil anomali bouguer dan daerah yang memiliki densitas rendah pada penampang 2D densitas. Jika dilihat berdasarkan topografinya pada gambar 3.2 daerah yang diberi lingkaran kuning merupakan cekungan. Cekungan tersebut dapat diinterpretasikan sebagai polje dan juga doline. Polje yang berada pada koordinat X 505 dan X 510 disebut sebagai polje struktural yang berarti polje tersebut terbentuk karena adanya kontrol dari struktur berupa sesar. Dan pada koordinat X 490 – 497,5 merupakan doline



Gambar 4. 7 Korelasi profil anomali bouguer dengan penampang densitas 2D dari arah selatan ke utara

Pada gambar 4.7 dapat dilihat bagian atas merupakan profil anomali bouguer dan yang dibawah merupakan penampang 2D densitas hasil inversi. Penulis telah membuat tanda-tanda yang menandakan anomali. Lingkaran merah pada profil anomali bouguer pada koordinat Y 9102 - 9103 mengindikasikan adanya anomali yang menandakan adanya sesar. Anomali yang dimaksud adalah adanya peningkatan nilai anomali yang cukup signifikan. Untuk lebih mudah membayangkan hubungan antara profil anomali bouguer dengan kondisi di bawah permukaan dapat dilihat kembali pada gambar 2.4. Hal tersebut didukung dengan peta geologi yang dapat dilihat pada gambar 3.1 bahwa pada koordinat tersebut memang benar adanya sesar. Garis dugaan sesar ditandai oleh penulis dengan garis merah pada koordinat Y 9102 – 9103 di penampang 2D densitas hasil inversi. Sedangkan lingkaran merah dengan garis putus-putus pada profil anomali bouguer pada koordinat Y 9097,5 – 9010 berdasarkan informasi geologi terdapat adanya sesar geser di koordinat tersebut. Namun hasil dari penelitian ini tidak dapat menggambarkan adanya sesar geser. Hal ini terjadi karena desain akuisisi yang dilakukan belum cukup untuk memvisualkan adanya sesar geser. Perlu adanya titik pengukuran tambahan sehingga mampu untuk memvisualkan adanya sesar geser tersebut. Sementara perubahan anomali signifikan yang menjadi rendah seperti yang ditandai lingkaran kuning pada profil anomali bouguer dan daerah yang memiliki densitas rendah pada penampang 2D densitas. Jika dilihat berdasarkan topografinya pada gambar 3.3 daerah yang diberi lingkaran kuning merupakan cekungan. Cekungan tersebut dapat diinterpretasikan sebagai polje. Polje yang berada pada koordinat Y 9106 disebut sebagai polje struktural yang berarti polje tersebut terbentuk karena adanya kontrol dari struktur berupa sesar. Dan pada koordinat Y 9091 – 9094 merupakan doline

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Struktur geologi berupa sesar dapat terlihat pada lintasan barat – timur dengan koordinat X 506 – 507,5. Dan pada lintasan selatan – utara struktur geologi berupa sesar terlihat pada koordinat Y 9102 – 9103. Namun pada koordinat Y 9097,5 – 9010 penulis tidak dapat memvisualisasikan adanya sesar geser.
2. Ketebalan karbonat pada lintasan barat – timur memiliki ketebalan 100 meter hingga 750 meter. Batuan karbonat semakin ke arah timur semakin masif. Sementara itu ketebalan karbonat pada lintasan selatan – utara memiliki ketebalan 150 meter hingga 750 meter. Batuan karbonat semakin ke utara semakin masif. Tingkat kemasifan dipengaruhi karena proses kartisifikasinya yang tidak berkembang dengan baik

5.2 Saran

1. Perlu adanya penambahan titik pengukuran supaya dapat lebih maksimal dalam memvisualkan struktur geologi di area karst Pacitan.
2. Pengukuran petrofisika disarankan untuk dilakukan dengan mencakup semua formasi di area karst Pacitan supaya dapat lebih baik dalam analisis nilai densitas.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Atef, H., Abd El-Gawad, A.M.S., Abdel Zaher, M. dan Farag, K.S.I. (2016), "The contribution of gravity method in geothermal exploration of southern part of the Gulf of Suez–Sinai region, Egypt", *NRIAG Journal of Astronomy and Geophysics*, <http://doi.org/10.1016/j.nrjag.2016.02.005>.
- Bahri, A.S., Hardyani, P. V., Utama, W., Hilyah, A., Purwanto, M.S. dan Fajar, M.H.M. (2019), "Controlling factors of underground river system of karst region in Pacitan Regency, East Java", *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Vol.311, No.1. <http://doi.org/10.1088/1755-1315/311/1/012033>.
- Banu, B., Zaenudin, A. dan Rustadi (2018), "Pemodelan 3D Gaya Berat dan Analisis Struktur Detail untuk Mengembangkan Lapangan Panasbumi Kemojang", *Jurnal Geofisika*,.
- Berggren, W.A., Pringgoprawiro, H., Kadar, D. dan Skwarko, S.K. (1998), "Foraminifera in Indonesian Stratigraphy", *Micropaleontology*, <http://doi.org/10.2307/1486076>.
- Blakely, R.J. (1995), *Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications*. <http://doi.org/10.1017/cbo9780511549816>.
- Burger, H.R., Sheehan, A.F. dan Jones, C.H. (2006), "Introduction to Applied Geophysics", dalam *Introduction to applied geophysics : exploring the shallow subsurface*,.
- Constable, S.C., Parker, R.L. dan Constable, C.G. (1987), "Occam's inversion: a practical algorithm for generating smooth models from electromagnetic sounding data.", *Geophysics*, <http://doi.org/10.1190/1.1442303>.
- Dkk, S. (1990), *Peta Geologi Indonesia Lembar Surakarta & Giritontro*.
- Fedi, M. dan Rapolla, A. (1999), "3-D inversion of gravity and magnetic data with depth resolution", *GEOPHYSICS*, <http://doi.org/10.1190/1.1444550>.
- Felix, A., Parera, T., Ketut, I.G., Bunaga, S., Yusuf, M., Tinggi, S., Klimatologi, M., No, J.P., Meteorologi, B., Angkasa, J., Kemayoran, I.N. dan Pusat, J. (2015), *Pemodelan Tiga Dimensi Anomali Gravitasi Dan Di Daerah Pacitan Snf2015-Ix-45 Snf2015-Ix-46*, Vol.IV, No.October 2014, hal. 45–48.

- Ford, D. dan Williams, P. (2013), *Karst Hydrogeology and Geomorphology*.
<http://doi.org/10.1002/9781118684986>.
- Grandis, H. (2009), *Pengantar Pemodelan Inversi Geofisika*.
- Hamidi-Hashemi, H. dan Shiva, M. (1992), "Design of optimal frequency sampling filters by the method of lagrange multipliers", *Midwest Symposium on Circuits and Systems*,
<http://doi.org/10.1109/MWSCAS.1992.271304>.
- Haryono, E. dan Adji, T.N. (2016), *Bahan Ajar Geomorfologi dan Hidrologi Karst*, hal. 45.
- Hinze, W.J., Von Frese, R.R.B. dan Saad, A.H. (2010), *Gravity and magnetic exploration: Principles, practices, and applications*.
<http://doi.org/10.1017/CBO9780511843129>.
- Hjelt (1992), *Pragmatic Inversion of Geophysical Data*.
<http://doi.org/10.1007/bfb0011079>.
- Hutterer, K.L. dan Bartstra, G.-J. (1982), "Contributions to the Study of the Palaeolithic Patjitan Culture, Java, Indonesia, Part I", *Journal of the American Oriental Society*, <http://doi.org/10.2307/602353>.
- Indrianti, Y.W., Susilo, A. dan Gultaf, H. (2016), *Pemodelan Konfigurasi Batuan Dasar Dan Struktur Geologi Bawah Permukaan Menggunakan Data Anomali Gravitasi Di Daerah Pacitan – Arjosari – Tegalombo, Jawa Timur*, hal. 1–50.
- Kao, C.Y.S. dan Hung, F.L.P. (2004), *Twelve Different Interpolation Methods : a Case Study*,.
- Lehmann, H. (1981), "Morphological studies in Java.", *Karst geomorphology*,.
- Mandal, A., Niyogi, S. dan Franck Eitel, K.G. (2017), *A comparative study on trend surface analysis (TSA), wavelet filtering and bi-dimensional empirical mode decomposition (BEMD) for gravity anomaly separation*,
<http://doi.org/10.1190/segam2017-17780222.1>.
- Menke, W. (2012), *Geophysical Data Analysis: Discrete Inverse Theory*.
<http://doi.org/10.1016/C2011-0-69765-0>.
- Parapat, J., Hilyah, A., Utama, W. dan Rahadinata, T. (2017), "PEMODELAN 3D DATA GAYA BERAT UNTUK MENGIDENTIFIKASI SUMBER PANAS DAERAH PANAS BUMI SIPOHOLON, SUMATERA

UTARA", *Jurnal Geosaintek*,
<http://doi.org/10.12962/j25023659.v3i3.3215>.

Pirttijärvi, M. (2008), *Gravity Interpretation and Modelling Software based on A 3-D Block Model*, hal. 1–60.

Rahmat, M., Pembimbing, D. dan Hilyah, A. (2018), *ANALISIS PARAMETER FISIS (VP , BULK DENSITY , RESISTIVITAS)*,.

Rochman, J.P.G.N., Warnana, D.D., Widodo, A., Syaifuddin, F., Lestari, W. dan Mahsa, A. (2018), "Application of gravity method for local geological structures identification in Surabaya", *EAGE-HAGI 1st Asia Pacific Meeting on Near Surface Geoscience and Engineering*,
<http://doi.org/10.3997/2214-4609.201800437>.

Samodra (2003), *Nilai strategis kawasan kars di indonesia dan usaha pengelolaannya secara berkelanjutan (*)*, hal. 1–170.

Setianingsih, Efendi, R., Kadir, W.G.A., Santoso, D., Abdullah, C.I. dan Alawiyah, S. (2013), "Gravity Gradient Technique to Identify Fracture Zones in Palu Koro Strike-slip Fault", *Procedia Environmental Sciences*,
<http://doi.org/10.1016/j.proenv.2013.02.035>.

Supriyadi, Khumaedi, Qudus, N., Wibowo, P.A. dan Gunawan, D. (2017), "Strategy implementation time lapse microgravity method for monitoring subsidence", *AIP Conference Proceedings*,
<http://doi.org/10.1063/1.4976921>.

Surono (2009), "Litostratigrafi Pegunungan Selatan Bagian Timur Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Tengah", *J.S.D.Geol*, Vol.19, No.3, hal. 31–43.

Telford, W.M., Geldart, L.P. dan Sheriff, R.E. (1990), "Telford - Applied Geophysics" *Book*. <http://doi.org/10.1180/minmag.1982.046.341.32>.

Tenzer, R., Sirguey, P., Rattenbury, M. dan Nicolson, J. (2011), "A digital rock density map of New Zealand", *Computers and Geosciences*, Vol.37, No.8, hal. 1181–1191. <http://doi.org/10.1016/j.cageo.2010.07.010>.

Van Bemmelen, R.W. (1949), "The Geology of Indonesia. General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes" *Government Printing Office, The Hague*. <http://doi.org/10.1109/VR.2018.8447558>.

LAMPIRAN



Gambar 1. Dokumentasi Akuisisi data

STATION	Bacaan Alat	RATA-RATA Bacaan Alat	TIME				Average Second	LATTITUDE	LONGITUDE	Elevation GPS Handheld	Nilai Tide Correction
			Hour	Minute	Second	Total Second					
BASE	6763.729	6763.72575	10	36	34	38194	38271.5	-8.11168	110.97986	370	0.046
	6763.726		10	37	28	38248					0.046
	6763.726		10	38	17	38297					0.046
	6763.722		10	39	7	38347					0.046
40	6763.358	6763.361	11	3	37	39817	39894.5	-8.13698	111.0009	376	0.036
	6763.361		11	4	31	39871					0.036
	6763.363		11	5	20	39920					0.035
	6763.362		11	6	10	39970					0.035
41	6762.381	6762.37825	11	20	52	40852	40929.5	-8.13959	111.00636	384	0.027
	6762.383		11	21	46	40906					0.027
	6762.376		11	22	35	40955					0.027
	6762.373		11	23	25	41005					0.026
42	6767.687	6767.693	11	35	20	41720	41797.5	-8.13718	111.01164	370	0.019
	6767.693		11	36	14	41774					0.019
	6767.694		11	37	3	41823					0.018
	6767.698		11	37	53	41873					0.017
43	6766.399	6766.4015	11	47	3	42423	42501	-8.1369	111.01611	378	0.011
	6766.402		11	47	57	42477					0.011
	6766.403		11	48	47	42527					0.01
	6766.402		11	49	37	42577					0.01
44	6767.14	6767.14	12	1	33	43293	43370.5	-8.13703	111.0209	379	0.001
	6767.14		12	2	27	43347					0.001
	6767.14		12	3	16	43396					0
	6767.14		12	4	6	43446					0
45	6765.804	6765.80675	12	13	46	44026	44103.5	-8.13707	111.02534	385	0.007
	6765.807		12	14	40	44080					0.008
	6765.809		12	15	29	44129					0.008
	6765.807		12	16	19	44179					0.008
46	6757.729	6757.7325	12	31	14	45074	45151.5	-8.13747	111.0305	417	0.02
	6757.733		12	32	8	45128					0.021
	6757.733		12	32	57	45177					0.021
	6757.735		12	33	47	45227					0.022
16	6778.718	6778.71825	13	51	38	49898	49975.5	-8.14655	111.0388	312	0.084
	6778.719		13	52	32	49952					0.084
	6778.716		13	53	21	50001					0.085
	6778.72		13	54	11	50051					0.086
17	6764.415	6764.425	14	12	16	51136	51213.5	-8.15595	111.03912	378	0.099
	6764.425		14	13	10	51190					0.099
	6764.428		14	13	59	51239					0.1
	6764.432		14	14	49	51289					0.101
18	6768.782	6768.7905	14	26	48	52008	52085.5	-8.15973	111.03919	362	0.108
	6768.789		14	27	42	52062					0.109
	6768.793		14	28	31	52111					0.109
	6768.798		14	29	21	52161					0.109
19	6763.455	6763.44425	14	38	28	52708	52785.5	-8.16417	111.03869	388	0.115
	6763.447		14	39	22	52762					0.115
	6763.442		14	40	11	52811					0.116
	6763.433		14	41	1	52861					0.116
20	6763.323	6763.3325	14	54	2	53642	53719.5	-8.16873	111.03876	391	0.123
	6763.331		14	54	56	53696					0.123
	6763.336		14	55	45	53745					0.124
	6763.34		14	56	35	53795					0.124
21	6768.559	6768.56075	15	9	1	54541	54618.5	-8.17329	111.03896	373	0.129
	6768.562		15	9	55	54595					0.13
	6768.563		15	10	44	54644					0.13
	6768.559		15	11	34	54694					0.13
22	6775.542	6775.54275	15	32	54	55974	56051.5	-8.18287	111.03903	351	0.137
	6775.543		15	33	48	56028					0.137
	6775.542		15	34	37	56077					0.137
	6775.544		15	35	27	56127					0.137
23	6778.424	6778.4255	15	48	30	56910	56987.5	-8.19138	111.03874	342	0.139
	6778.422		15	49	24	56964					0.139
	6778.426		15	50	13	57013					0.14
	6778.43		15	51	3	57063					0.14
BASE	6763.583	6763.58975	17	28	50	62930	63007.5	-8.11168	110.97986	370	0.118
	6763.589		17	29	44	62984					0.117
	6763.594		17	30	33	63033					0.117
	6763.593		17	31	23	63083					0.117

Gambar 2. Data Hasil Pengukuran Hari Pertama

STATION	BACAAN ALAT	RATA-RATA	TIME				Average Second	LATITUDE	LONGITUDE	Elevation GPS Handheld	Nilai Tide Correction
			Hour	Minute	Second	Total Second					
BASE	6763.897		7	34	56	27296				0.049	
	6763.898		7	35	50	27350				0.048	
	6763.897	6763.89775	7	36	39	27399	27373.5	-8.11168	110.97986	370	0.047
	6763.899		7	37	29	27449					0.047
15	6760.051		8	24	13	30253				0.017	
	6760.053		8	25	7	30307				0.016	
	6760.052	6760.0525	8	25	56	30356	30330.5	-8.13719	111.03891	363	0.016
	6760.054		8	26	46	30406					0.015
14	6756.673		8	38	31	31111				0.008	
	6756.671	6756.67025	8	39	25	31165	31188.5	-8.13264	111.03876	397	0.007
	6756.67		8	40	14	31214					0.007
	6756.666		8	41	4	31264					0.007
13	6761.096		8	51	56	31916				0	
	6761.099		8	52	50	31970				0	
	6761.108	6761.10275	8	53	39	32019	31993.5	-8.12747	111.0394	398	0
	6761.108		8	54	29	32069					0
12	6773.117		9	5	26	32726				0.006	
	6773.123	6773.122	9	6	20	32780	32803.5	-8.12332	111.03853	365	0.006
	6773.125		9	7	9	32829					0.007
	6773.125		9	7	59	32879					0.007
11	6772.042		9	18	10	33490				0.012	
	6772.049		9	19	4	33544				0.013	
	6772.052	6772.0495	9	19	53	33593	33567.5	-8.1191	111.03881	382	0.013
	6772.055		9	20	43	33643					0.014
10	6761.601		9	33	3	34383				0.019	
	6761.609	6761.61	9	33	57	34437	34460.5	-8.11465	111.03885	437	0.019
	6761.614		9	34	46	34486					0.02
	6761.616		9	35	36	34536					0.02
9	6759.275		9	50	58	35458				0.026	
	6759.275	6759.27675	9	51	52	35512	35535.5	-8.10994	111.03906	447	0.026
	6759.278		9	52	41	35561					0.026
	6759.278		9	53	31	35611					0.026
8	6763.102		10	4	44	36294				0.03	
	6763.102	6763.10225	10	5	38	36338	36361.5	-8.10543	111.03919	424	0.03
	6763.102		10	6	27	36387					0.03
	6763.103		10	7	17	36437					0.03
7	6769.934		10	17	19	37039				0.033	
	6769.936	6769.93175	10	18	13	37093	37116.5	-8.10107	111.03887	384	0.033
	6769.939		10	19	2	37142					0.033
	6769.927		10	19	52	37192					0.033
6	6787.753		11	8	11	40091				0.036	
	6787.753	6787.75525	11	9	5	40145	40168.5	-8.09122	111.03898	292	0.036
	6787.757		11	9	54	40194					0.036
	6787.756		11	10	44	40244					0.036
5	6789.712		11	27	27	41247				0.034	
	6789.725	6789.725	11	28	21	41301	41324.5	-8.08728	111.0389	285	0.033
	6789.73		11	29	10	41350					0.033
	6789.733		11	30	1	41401					0.033
4	6787.603		11	39	43	41983				0.031	
	6787.609	6787.6105	11	40	37	42037	42060.5	-8.08351	111.03906	299	0.031
	6787.613		11	41	26	42086					0.031
	6787.617		11	42	16	42136					0.03
3	6757.672		12	2	43	43465				0.024	
	6757.674	6757.673	12	3	47	43427	43443	-8.07298	111.03777	440	0.023
	6757.67		12	4	26	43466					0.023
	6757.675		12	5	16	43516					0.023
1	6740.037		12	18	19	44299				0.018	
	6740.035	6740.035	12	19	13	44353	44376.5	-8.06452	111.03875	526	0.017
	6740.034		12	20	2	44402					0.017
	6740.034		12	20	52	44452					0.016
2	6755.409		12	32	32	45152				0.011	
	6755.408	6755.41275	12	33	26	45206	45229.5	-8.06945	111.03819	462	0.011
	6755.41		12	34	15	45255					0.012
	6755.424		12	35	5	45305					0.01
24	6786.959		14	53	57	53637				0.079	
	6786.977	6786.97275	14	54	51	53691	53714.5	-8.20066	111.03861	302	0.08
	6786.984		14	55	40	53740					0.08
	6786.971		14	56	30	53790					0.08
25	6790.544		15	14	22	54862				0.091	
	6790.552	6790.55425	15	15	16	54916	54939.5	-8.20361	111.03902	288	0.092
	6790.559		15	16	5	54965					0.092
	6790.562		15	16	55	55015					0.093
26	6810.323		15	33	25	56005				0.102	
	6810.328	6810.3255	15	34	19	56059	56082.5	-8.20999	111.03792	207	0.102
	6810.326		15	35	8	56108					0.103
	6810.325		15	35	58	56158					0.103
29	6809.314		15	58	31	57511				0.113	
	6809.32	6809.32075	15	59	25	57565	57588.5	-8.22794	111.04019	250	0.113
	6809.323		16	0	14	57614					0.114
	6809.326		16	1	4	57664					0.114
27	6792.829		16	20	2	58802				0.12	
	6792.834	6792.83475	16	20	56	58856	58879.5	-8.21577	111.03953	290	0.121
	6792.836		16	21	45	58905					0.121
	6792.84		16	22	35	58955					0.121
28	6796.037		16	30	21	59421				0.123	
	6796.042	6796.042	16	31	15	59475	59498.5	-8.21921	111.0392	289	0.123
	6796.045		16	32	4	59524					0.123
	6796.044		16	32	54	59574					0.124
39	6764.102		17	25	27	62727				0.127	
	6764.108	6764.10875	17	26	21	62781	62804.5	-8.13721	110.99346	370	0.127
	6764.111		17	27	10	62830					0.127
	6764.114		17	28	0	62880					0.127
38	6770.449		17	39	16	63556				0.125	
	6770.459	6770.45525	17	40	10	63610	63633.5	-8.13706	110.98448	338	0.125
	6770.454		17	40	59	63659					0.125
	6770.459		17	41	49	63709					0.125
37	6769.024		17	58	38	64718				0.121	
	6769.026	6769.0275	17	59	32	64772	64795.5	-8.13707	110.9756	342	0.121
	6769.029		18	0	21	64821					0.12
	6769.031		18	1	11	64871					0.12
36	6767.957		18	15	0	65700				0.115	
	6767.964	6767.965	18	15	54	65754	65777.5	-8.13576	110.98804	341	0.115
	6767.967		18	16	43	65803					0.115
	6767.972		18	17	33	65853					0.115
BASE	6763.958		18	43	41	67421				0.103	
	6763.977	6763.96425	18	44	35	67475	67498.5	-8.11168	110.97986	370	0.103
	6763.96		18	45	24	67524					0.102
	6763.962		18	46	14	67574					0.102

Gambar 3. Data Hasil Pengukuran Hari Kedua

STATION	BACAAN ALAT	RATA-RATA	TIME					LATTITUDE	LONGITUDE	Elevation GPS Handheld (mdpl)	Nilai Tide Correction
			Hour	Minute	Second	Total Second	Average Second				
BASE	6764.188	6764.18575	7	23	19	26599	26676.5	-8.11168	110.97986	370	0.092
	6764.185		7	24	13	26653					0.091
	6764.185		7	25	2	26702					0.091
	6764.185		7	25	52	26752					0.091
55	6743.613	6743.6285	8	30	3	30603	30680.5	-8.13633	111.09929	479	0.059
	6743.625		8	30	57	30657					0.058
	6743.634		8	31	46	30706					0.057
	6743.642		8	32	36	30756					0.057
54	6765.354	6765.36	9	9	19	32959	33036.5	-8.13901	111.09222	407	0.036
	6765.36		9	10	13	33013					0.036
	6765.363		9	11	2	33062					0.035
	6765.363		9	11	52	33112					0.035
53	6751.779	6751.78075	9	26	59	34019	34096.5	-8.13586	111.0804	464	0.026
	6751.78		9	27	53	34073					0.026
	6751.782		9	28	42	34122					0.025
	6751.782		9	29	32	34172					0.025
52	6758.523	6758.52625	9	45	29	35120	35206.5	-8.13783	111.07449	433	0.016
	6758.526		9	46	23	35183					0.016
	6758.529		9	47	12	35232					0.015
	6758.528		9	48	2	35282					0.015
51	6754.428	6754.434	10	9	44	36584	36661.5	-8.1362	111.06571	446	0.004
	6754.436		10	10	38	36638					0.003
	6754.436		10	11	27	36687					0.003
	6754.436		10	12	17	36737					0.003
50	6768.855	6768.86	10	24	10	37450	37527.5	-8.13769	111.06076	385	0.002
	6768.86		10	25	4	37504					0.002
	6768.861		10	25	53	37553					0.003
	6768.864		10	26	43	37603					0.003
49	6766.232	6766.23175	10	43	14	38594	38671.5	-8.13765	111.05777	389	0.009
	6766.234		10	44	8	38648					0.01
	6766.233		10	44	57	38697					0.01
	6766.228		10	45	47	38747					0.011
48	6764.51	6764.51575	10	57	34	39454	39531.5	-8.13678	111.0529	392	0.015
	6764.516		10	58	28	39508					0.015
	6764.518		10	59	17	39557					0.015
	6764.519		11	0	7	39607					0.015
47	6769.789	6769.79475	11	17	46	40666	40743.5	-8.13698	111.04684	365	0.02
	6769.796		11	18	40	40720					0.02
	6769.795		11	19	29	40769					0.02
	6769.799		11	20	19	40819					0.021
31	6776.625	6776.625	12	37	23	45443	45520.5	-8.13707	110.91793	339	0.024
	6776.624		12	38	17	45497					0.024
	6776.626		12	39	6	45546					0.024
	6776.625		12	39	56	45596					0.024
30	6784.453	6784.4625	12	49	34	46174	46251.5	-8.14091	110.91297	308	0.022
	6784.462		12	50	28	46228					0.022
	6784.465		12	51	17	46277					0.022
	6784.47		12	52	7	46327					0.022
32	6775.679	6775.68275	13	9	17	47357	47434.5	-8.13727	110.92994	332	0.017
	6775.682		13	10	11	47411					0.017
	6775.684		13	11	0	47460					0.017
	6775.686		13	11	50	47510					0.016
33	6768.217	6768.226	13	25	8	48308	48385.5	-8.14019	110.93985	357	0.012
	6768.226		13	26	2	48362					0.012
	6768.23		13	26	51	48411					0.011
	6768.231		13	27	41	48461					0.011
34	6770.724	6771.2485	13	35	33	48933	49010.5	-8.13613	110.9465	338	0.008
	6770.723		13	36	27	48987					0.008
	6770.723		13	37	16	49036					0.007
	6773.274		13	38	6	49086					0.007
35	6768.073	6768.07325	13	53	3	49983	50060.5	-8.13645	110.95597	346	0.001
	6768.075		13	53	57	50037					0
	6768.072		13	54	46	50086					0
	6768.073		13	55	36	50136					0
BASE	6764.183	6764.185	14	17	49	51469	51546.5	-8.11168	110.97986	370	0.011
	6764.187		14	18	43	51523					0.011
	6764.185		14	19	32	51572					0.011
	6764.185		14	20	22	51622					0.012

Gambar 4. Data Hasil Pengukuran Hari Ketiga

BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama Achmad Dwi Cahya lahir di Jakarta, 8 Mei 1998. Penulis merupakan anak kedua dari 2 bersaudara. Pendidikan formal penulis dimulai di SDN 01 Jatinegara Kaum, Jakarta (2004-2010), SMPN 92 Jakarta (2010-2013), SMAN 59 Jakarta (2013-2016) lalu penulis menempuh perkuliahan di Teknik Geofisika ITS pada 2016. Selama menjadi mahasiswa Teknik Geofisika ITS, penulis aktif dalam organisasi dan mendapatkan beberapa pengalaman. Penulis aktif di organisasi antara lain : Himpunan Mahasiswa

Teknik Geofisika (HMTG) ITS sebagai staff Departemen Hubungan Luar (2017-2018) dan sebagai Kepala Divisi Wawasan Eksternal pada Departemen Hubungan Luar (2018-2019); *Society of Exploration Geophysicists* (SEG) ITS SC sebagai staff Departemen Keprofesian (2019-2020); Asisten Sekretaris Jendral AI-Ard (2017); dan staff divisi keprofesian Himpunan Mahasiswa Geofisika Indonesia (HMGI) Wilayah IV (2017-2018). Penulis juga memiliki beberapa pengalaman dalam kepanitiaan antara lain : sebagai Ketua Pelaksana di *Geophysics Goes to School* 2017 yang diadakan oleh HMTG ITS; sebagai staff Sie Acara di GEOSPHERE 2017 dan sebagai staff Sie *Creative Design* di GEOSPHERE 2019 yang diadakan oleh HMTG ITS. Selain itu penulis juga mempunyai riwayat pelatihan antara lain : LKMM tingkat Pra-TD yang diselenggarakan oleh BEM FTSP ITS (2016); LMM Tingkat Dasar yang diselenggarakan HMTG ITS; dan LKMW yang diselenggarakan oleh BEM ITS (2016). Pada bidang akademik, penulis juga memiliki pengalaman pelatihan antara lain : *Field Trip* Wringinanom (2017) yang diselenggarakan oleh Departemen Teknik Geofisika ITS; *Petrophysics Training* 2017 yang diselenggarakan oleh HMTG ITS; Kuliah Lapangan Geologi, Karang Sambung (2018); dan Kuliah Lapangan Terpadu Gondang, Bojonegoro (2019) yang diselenggarakan oleh Departemen Teknik Geofisika ITS. Selain itu penulis juga mendapatkan pengalaman menjadi Asisten praktikum elektronika dasar dalam naungan Laboratorium Petrofisika (2018) dan Asisten praktikum eksplorasi seismic dalam naungan Laboratorium Eksplorasi Mineral dan Air Tanah (2019). Apabila pembaca ingin berdiskusi lebih lanjut terkait Tugas Akhir dapat menghubungi penulis melalui alamat e-mail achmaddwicahya8@gmail.com