

**IDENTIFIKASI STRUKTUR SESAR BAWAH PERMUKAAN DAERAH
PANAS BUMI BARRU SULAWESI SELATAN BERDASARKAN
ANALISIS SVD DAN PEMODELAN ANOMALI GAYA BERAT**

(Skripsi)

Oleh

MONANG MANALU



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS LAMPUNG
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA
2019**

ABSTRAK

IDENTIFIKASI STRUKTUR SESAR BAWAH PERMUKAAN DAERAH PANAS BUMI BARRU SULAWESI SELATAN BERDASARKAN ANALISIS SVD DAN PEMODELAN ANOMALI GAYA BERAT

Oleh

MONANG MANALU

Kabupaten Barru memiliki potensi panas bumi non-vulkanik. Berdasarkan data geologi, daerah panas bumi Barru memiliki sistem panas bumi non-vulkanik yang dikontrol oleh keberadaan struktur patahan. Dalam penelitian ini dilakukan identifikasi struktur dengan menggunakan metode analisis *second vertical derivative* (SVD). Anomali SVD diturunkan dari anomali residual. Kedalaman zona residual berdasarkan analisis spektrum adalah 0,9 km sedangkan zona regional memiliki kedalaman 3,8 km. Pola anomali regional diduga menggambarkan pola struktur patahan besar yang juga tergambar pada anomali residual secara terputus-putus. Pemodelan 2D bawah permukaan mengindikasikan terdapat sembilan sesar dan tujuh litologi batuan yaitu aluvium, diorit, breksi, batupasir, batulempung, batugamping dan peridotit. Pemodelan dilakukan berdasarkan lintasan A-B dan lintasan C-D yang memotong kelompok air hangat Kalompie dan beberapa sesar. Anomali tinggi ini diduga akibat adanya intrusi batuan diorit dan

mendekatnya lapisan basement ke permukaan. Sesar-sesar SVD yang dihasilkan berkesesuaian dengan sesar geologi. Sesar yang diidentifikasi oleh SVD menunjukkan hasil yang lebih detail baik sesar major maupun minor.

Kata Kunci : gaya berat, SVD, baru.

ABSTRACT

IDENTIFICATION OF THE UNDERGROUND FAULT STRUCTURE OF THE BARRU GEOTHERMAL FIELD AREA OF SOUTH SULAWESI BASED ON SVD ANALYSIS AND MODELLING OF GRAVITY ANOMALY

By

MONANG MANALU

Barru Regency has non-volcanic geothermal potential. Based on geological data, the Barru geothermal area has a non-volcanic geothermal system that is controlled by the presence of fault structures. In this study structural identification was carried out using the second vertical derivative (SVD) analysis method. SVD anomaly is derived from residual anomaly. The depth of the residual zone based on spectrum analysis is 0.9 km while the regional zone has a depth of 3.8 km. The pattern of regional anomalies is thought to describe the pattern of large fault structures which are also described in intermittent residual anomalies. 2D subsurface modeling indicates that there are nine faults and seven rock lithologies namely alluvium, diorite, breccia, sandstone, claystone, limestone and peridotite. Modeling is done based on A-B and C-D trajectories that cut Kalompie warm water groups and some faults. This high anomaly is thought to be caused by the intrusion of diorite rocks

and the approaching of the basement layer to the surface. The SVD faults produced correspond to geological faults. The fault identified by SVD shows more detailed results either major or minor faults.

Keyword : gravity, SVD, barru.

**IDENTIFIKASI STRUKTUR SESAR BAWAH PERMUKAAN DAERAH
PANAS BUMI BARRU SULAWESI SELATAN BERDASARKAN
ANALISIS SVD DAN PEMODELAN ANOMALI GAYA BERAT**

Oleh

MONANG MANALU

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Geofisika
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS LAMPUNG
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA
2019**

Judul Skripsi

**: IDENTIFIKASI STRUKTUR SESAR
BAWAH PERMUKAAN DAERAH
PANAS BUMI BARRU SULAWESI
SELATAN BERDASARKAN ANALISIS
SVD DAN PEMODELAN ANOMALI
GAYA BERAT**

Nama

: Monang Manalu

Nomor Pokok Mahasiswa

: 1515051016

Program Studi

: Teknik Geofisika

Fakultas

: Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Ir. Muh Sarkowi, S.Si., M.Si.
NIP. 19711210 199702 1001

Ir. Bagus Spto Mulyatno, S.Si., M.T.
NIP. 19700120 200003 1001

2. Ketua Jurusan Teknik Geofisika

Dr. Ir. Nandi Haerudin, S.Si., M.Si.
NIP. 19750911 200012 1002

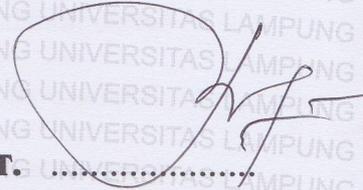
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

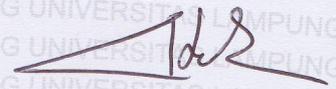
Ketua : Dr. Ir. Muh Sarkowi, S.Si., M.Si.



Sekretaris : Ir. Bagus Sapto Mulyatno, S.Si., M.T.



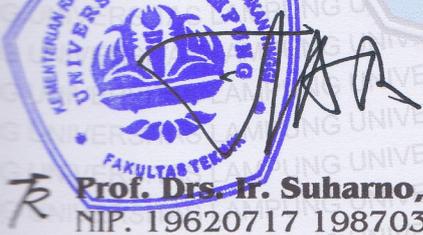
**Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Ir. Nandi Haerudin, S.Si., M.Si.**



2. Dekan Fakultas Teknik



Prof. Drs. Ir. Suharno, B.Sc., M.S., M.Sc., Ph.D., IPU. Asean Eng.
NIP. 19620717 198703 1002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 17 Desember 2019

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka, selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 27 Desember 2019



Monang Manalu

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Sidorejo, Lampung Timur pada tanggal 16 Januari 1997, sebagai anak ketiga dari lima bersaudara, dari pasangan Bapak Paian Manalu dan Ibu Nurhaini Marbun.

Penulis menyelesaikan pendidikan Taman Kanak-kanak (TK) di TK Aisyiyah Bustanul Athfal Sidorejo, Lampung Timur pada tahun 2003, pendidikan Sekolah Dasar di SD N 1 Sidorejo, Lampung Timur pada tahun 2009, pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP N 1 Bandar Sribhawono, Lampung Timur pada tahun 2012 dan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA N 10 Bandar Lampung pada tahun 2015.

Pada tahun 2015 penulis melanjutkan studi di perguruan tinggi dan terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Geofisika Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam berbagai organisasi. Pada tahun 2016 sampai 2018 penulis tercatat sebagai anggota aktif Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika Bhuwana Universitas Lampung sebagai anggota bidang Sosial Budaya Masyarakat serta anggota aktif American Association Petroleum Geologist (AAPG) SC Unila. Pada periode 2018/2019 penulis juga tercatat sebagai Vice President di AAPG SC Unila. Pada Tahun 2018

penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Wana Kecamatan Melinting Lampung Timur. Dalam pengaplikasian ilmu di bidang Teknik Geofisika penulis juga telah melaksanakan Kerja Praktek di PT. Aneka Tambang (ANTAM) Tbk. Jakarta dengan Mengambil tema “Pengolahan Data Magnetik Daerah Gading Kabupaten Garut Jawa Barat”. Penulis melakukan Tugas Akhir untuk skripsi di Jurusan Teknik Geofisika, hingga akhirnya penulis menyelesaikan pendidikan sarjana teknik pada tanggal 17 Desember 2019 dengan judul skripsi “Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Daerah Panas Bumi Barru Sulawesi Selatan Berdasarkan Analisis SVD Dan Pemodelan Anomali Gaya Berat”.

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur , skripsi ini kupersembahkan kepada :

TUHAN YANG MAHA ESA

Atas segala rahmat dan karunianya yang selalu penulis dapatkan di setiap langkah hingga terselesaikannya skripsi ini.

ORANG TUAKU TERSAYANG AYAHANDA PAIAN MANALU IBUNDA NURHAINI MARBUN

Atas segala kasih sayang yang dengan penuh tulus dan ikhlas diberikan kepada penulis. Serta berkat do'a dan kerja keras kalianlah skripsi ini dapat terselesaikan. Tak ada sesuatu yang dapat membalaskan jerih payah Ayah dan Ibu selama ini. Semoga kelak anakmu ini dapat meraih kesuksesan sehingga mampu mengukir senyum yang abadi di bibirmu.

KAKAK, ABANG , DAN KEDUA ADIKKU YANG AKU KASIHI

Terimakasih kuucapkan atas segala do'a serta segala bentuk dukungan yang telah diberikan. Sedari kecil bersama hingga saat ini telah mengukir jalannya masing-masing. Semoga kelak kita bisa mencapai kesuksesan bersama. Tetaplah bersama karena pada hakikatnya harta yang paling berharga adalah keluarga.

TEKNIK GEOFISIKA UNIVERSITAS LAMPUNG 2015

Terimakasih atas segala suka dan duka yang kita lewati bersama, serta dukungan yang tak pernah hentinya menemani masa-masa perkuliahan yang luar biasa ini.

KELUARGA BESAR TEKNIK GEOFISIKA UNIVERSITAS LAMPUNG ALMAMATER TERCINTA, UNIVERSITAS LAMPUNG

MOTTO

“Tak kan ada progresif tanpa ada perubahan di dalam pergerakan”
-Ras Muhammad

“Segala perkara dapat kutanggung di dalam Dia yang memberi kekuatan kepadaku”
-Filipi 4 : 13

“Ia membuat segala sesuatu indah pada waktu-Nya”
-Pengkhotbah 3 : 11a

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas segala karunia dan rahmat-Nyalah penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Skripsi merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik yang harus diselesaikan oleh mahasiswa Teknik Geofisika Universitas Lampung. Maka dari itu penulis melakukan Tugas Akhir yang dilaksanakan di Laboratorium Geofisika, Universitas Lampung. Sebagai bukti bahwa penulis telah menyelesaikan Tugas Akhir ini adalah laporan tugas akhir ini yang berjudul “Identifikasi Struktur Sesar Bawah Permukaan Daerah Panas Bumi Barru Berdasarkan Analisis SVD dan Pemodelan Anomali Gaya Berat”.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari sempurna, maka dari itu kritik dan saran yang membangun sangat dibutuhkan. Selamat membaca dan semoga bermanfaat.

Penulis

Monang Manalu

SANWACANA

Dalam pelaksanaan dan penyelesaian skripsi ini tentunya tidak lepas dari bimbingan dan dukungan berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada pihak-pihak yang bersangkutan yaitu:

1. Tuhan yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan karuniaNya atas kelancaran dalam menulis skripsi ini.
2. Keluarga, yang telah memberi motivasi, doa, dan dukungan baik moril maupun materil setiap saat kepada penulis.
3. Dr. Ir. Muh Sarkowi, S.Si, M.Si. selaku dosen pembimbing satu yang telah menyempatkan waktu di sela-sela kesibukannya untuk memberikan bimbingan dan saran kepada penulis selama penyusunan skripsi ini.
4. Ir. Bagus Sapto Mulyatno, S.Si., M.T. selaku dosen pembimbing dua selama penyusunan skripsi ini serta sebagai dosen pembimbing akademik selama perkuliahan yang telah memberi bimbingan dan arahan yang terbaik bagi penulis.
5. Dr. Ir. Nandi Haerudin, S.Si., M.Si. selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun untuk skripsi ini dan juga sebagai Ketua Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung yang telah berkontribusi dalam penyusunan skripsi ini.

6. Ir. Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung
7. Seluruh dosen Teknik Geofisika Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu dan pengajaran kepada penulis.
8. Seluruh staf tata usaha Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung yang telah memberikan banyak bantuan.
9. Reycha Bernadetha Allagan yang telah memberikan banyak dukungan, nasihat serta do'a dengan tiada hentinya kepada penulis.
10. Angga Reza Yuzi Panitin, Tri Atma Wahyuda Sirait dan Muhammad Abil sebagai teman seperjuangan dalam melaksanakan kerja praktik.
11. Muhammad Juliniardi, Dian Sanjaya, Tri Atma Wahyuda Sirait, Ravi Dyan Wijaya, Aldo Munaiscehe, Ferdy Permana Putra dan Angga Reza Yuzi Panitin sebagai teman serumah yang telah memberi semangat dan banyak membantu dalam penyusunan skripsi ini.
12. Dian Sanjaya, Tri Atma Wahyuda Sirait, Agam Aji Ferdiharian sebagai teman berdiskusi untuk setiap hal yang membingungkan bagi penulis.
13. Tri Atma Wahyuda Sirait, Amelia Isti dan Ester Yohana sebagai teman seiman yang selalu mendukung satu sama lain.
14. Keluarga Teknik Geofisika 2015 tercinta yang telah melewati suka dan duka bersama selama perkuliahan.
15. Semua pihak lain yang membantu berkontribusi yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
HALAMAN JUDUL	v
HALAMAN PERSETUJUAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
HALAMAN PERNYATAAN.....	viii
RIWAYAT HIDUP	ix
HALAMAN PERSEMBAHAN	xi
MOTTO	xii
KATA PENGANTAR.....	xiii
SANWACANA	xiv
DAFTAR ISI.....	xvi
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR GAMBAR.....	xx
I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan.....	4
1.3. Batasan Masalah.....	4

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Letak dan Lokasi Penelitian	5
2.2. Geologi Regional	6
2.3. Geomorfologi	8
2.4. Stratigrafi	9
2.5. Geologi Rinci.....	11
2.6. Struktur Geologi	14

III. TEORI DASAR

3.1. Metode Gaya Berat.....	16
3.1.1. Hukum Newton.....	16
3.1.2. Percepatan Gravitasi	17
3.2. Pengolahan Data Gaya Berat	18
3.2.1. Analisis Spektrum.....	18
3.2.2. <i>Moving Average</i>	21
3.2.3. <i>Second Vertical Derivative (SVD)</i>	23
3.3. Interpretasi Anomali Gaya Berat	26
3.3.1. Interpretasi Kualitatif.....	27
3.3.2. Interpretasi Kuantitatif.....	27
3.3.2.1. <i>Forward Modelling</i>	28

IV. METODOLOGI PENELITIAN

4.1. Tempat Pelaksanaan	29
4.2. Alat dan Bahan	29
4.3. Diagram Alir Penelitian.....	30
4.4. Jadwal Kegiatan.....	31
4.5. Prosedur Penelitian	32
4.5.1. Digitasi.....	32
4.5.2. Pengolahan Data Gaya Berat	32
4.5.2.1. Analisis Spektrum.....	32

4.5.2.2. Pemisahan Anomali Regional – Residual.....	33
4.5.2.3. <i>Second Vertical Derivative (SVD)</i>	34
4.5.3. Interpretasi Data Gaya Berat	34
4.5.3.1. <i>Forward Modelling</i>	34

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Interpretasi Kualitatif.....	35
5.1.1. Anomali Bouguer Lengkap.....	35
5.1.2. Analisis Spektrum.....	37
5.1.3. Anomali Regional	45
5.1.4. Anomali Residual	47
5.1.5. Analisis <i>Second Vertical Derivative (SVD)</i>	49
5.2. Interpretasi Kuantitatif.....	54
5.2.1. <i>Forward Modelling</i>	54
5.2.2. Model Lintasan A-B	56
5.2.3. Model Lintasan C-D	58
5.3. Daerah Prospek Panas Bumi	59

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan.....	62
6.2. Saran	63

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kolom Stratigrafi	10
2. Operator Henderson dan Zietz	26
3. Operator Elkins	26
4. Operator Rosenbach	26
5. Jadwal Kegiatan	31
6. Hasil Analisis Spektrum.....	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Peta Lokasi Penelitian.....	5
2. Peta Geologi Regional Lembar Pangkajene dan Watampone Bagian Barat 7	
3. Peta Geomorfologi Daerah Panas Bumi Barru	9
4. Satuan Stratigrafi	10
5. Peta Geologi Lokal Daerah Panas Bumi Barru.....	13
6. Grafik Hubungan Bilangan Gelombang dan Amplitudo	21
7. Kurva Respon Analisis SVD pada Struktur Geologi	25
8. Diagram Alir	30
9. Peta Anomali Bouguer Lengkap (ABL)	36
10. Peta Lintasan Analisis Spektrum pada ABL.....	38
11. Grafik Analisis Spektrum Lintasan Satu.....	39
12. Grafik Analisis Spektrum Lintasan Dua	40

13. Grafik Analisis Spektrum Lintasan Tiga	41
14. Grafik Analisis Spektrum Lintasan Empat	42
15. Grafik Analisis Spektrum Lintasan Lima	43
16. Peta Anomali Regional	46
17. Peta Anomali Residual.....	48
18. Peta <i>Second Vertical Derivative</i> (SVD) Elkins Anomali Residual	50
19. Diagram <i>Rose Sesar</i> SVD Anomali Residual	51
20. Peta <i>Second Vertical Derivative</i> (SVD) Elkins Anomali Regional	52
21. Diagram <i>Rose Sesar</i> SVD Anomali Regional.....	53
22. Peta Lintasan A-B dan C-D pada Anomali Residual.....	55
23. Model 2D Lintasan A-B.....	57
24. Model 2D Lintasan C-D.....	58
25. Peta Daerah Prospek Panas Bumi pada Anomali Residual.....	60

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Aktivitas manusia sekarang ini memerlukan begitu banyak energi listrik, mulai dari penerangan, komunikasi dan masih banyak lagi aktivitas manusia yang membutuhkan energi listrik. Kebutuhan akan listrik terus bertambah seiring berjalannya waktu, sehingga produksi juga harus terus bertambah untuk mencukupi kebutuhan tersebut. Seiring berjalannya waktu, teknologi terus berkembang. Bahkan kini, sudah banyak energi-energi alternatif yang berkualitas serta ramah lingkungan seperti tenaga surya, tenaga air, tenaga udara dan panas bumi.

Panas bumi merupakan energi yang ramah lingkungan, sehingga energi ini merupakan energi yang harus terus ditingkatkan bahkan diharapkan dapat menjadi pembangkit listrik yang besar di Indonesia. Panas bumi berkembang pada daerah vulkanik dan non vulkanik. Indonesia sebagai negara kepulauan dilalui oleh jalur pegunungan aktif yang menyebabkan Indonesia memiliki daerah vulkanik yang melimpah. Indonesia memiliki potensi panas bumi yang sangat besar, menurut Badan Geologi potensi yang dimiliki tersebut mencapai 28.000 MW atau berkisar 40 % dari jumlah potensi panas bumi di dunia.

Namun hanya beberapa daerah saja yang telah memproduksi listrik dengan tenaga panas bumi ini.

Berdasarkan data dari Badan Geologi, Pulau Sulawesi memiliki 87 titik lokasi panas bumi yang 19 diantaranya berada di Provinsi Sulawesi Selatan. Salah satunya daerah penelitian kali ini yaitu daerah panas bumi di Kabupaten Barru, Kecamatan Barru yang terletak di kaki Pulau Sulawesi. Daerah Indonesia bagian timur yaitu Maluku hingga Irian serta di lengan dan kaki Pulau Sulawesi termasuk kedalam lingkungan non-vulkanik yang didominasi oleh batuan granitik, metamorf dan sedimen laut. Sehingga daerah penelitian kali ini termasuk kedalam lingkungan panas bumi non-vulkanik. Sistem panas bumi non-vulkanik tidak berkaitan langsung dengan vulkanisme dan umumnya berada di luar jalur vulkanik Kuartar (Kasbani, 2009).

Lingkungan vulkanik memiliki sumber panas bumi di sepanjang jalur vulkanik sehingga memiliki kandungan panas yang tinggi. Sedangkan lingkungan non-vulkanik umumnya membentuk temperatur reservoir atau entalpi rendah hingga sedang yaitu mencapai temperatur 200° C dengan kedalaman bervariasi (Rony, 2019). Contoh pemanfaatan panas bumi dengan skala kecil yaitu pada lapangan panas bumi Bad Blumau, Austria yang telah membangun PLTP dengan kapasitas sebesar 250 kW. Selain PLTP, proyek ini juga memanfaatkan sisa air panas dari sistem pembangkit listrik untuk pemanfaatan langsung seperti pemanas untuk hotel di sekitar lapangan panas bumi serta kolam air panas dan pemandian umum. Lapangan panas bumi seperti ini banyak ditemukan di Indonesia, terutama Sulawesi karena tidak memerlukan

temperature yang tinggi dan dapat dimanfaatkan untuk PLTP skala kecil dan pemanfaatan langsung seperti penerangan di pedesaan, pengeringan hasil bumi, serta pengembangan daerah wisata untuk menunjang pendapatan daerah (Nanlohy, 2006)

Dalam hal eksplorasi untuk menyelidiki potensi panas bumi diperlukan beberapa studi kasus mengenai aspek-aspek geologi, geokimia dan geofisika. Keberadaan struktur berupa sesar mempunyai peran penting dalam panas bumi, karena selain akibat aktivitas vulkanik, panas bumi juga dapat berasal dari aktivitas non vulkanik yang tentunya dipengaruhi oleh keberadaan sesar di daerah panas bumi tersebut.

Berdasarkan peta geologi, pada lapangan panas bumi daerah baru terdapat beberapa sesar yang tentunya berhubungan dengan kemunculan-kemunculan manifestasi air panas ke permukaan. Seperti Sesar Lakepo, Sesar Kaerange, Sesar Kalompi, Sesar Pangie dan lain-lain. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan guna mengetahui hubungan yang terjadi antara sesar-sesar di sekitar daerah penelitian dengan kemunculan manifestasi ke permukaan.

Dalam hal ini ini penulis menggunakan data anomali gaya berat dengan metode *second vertical derivative* (SVD) untuk mengidentifikasi zona sesar dan struktur bawah permukaan yang ada pada daerah penelitian. Metode gaya berat merupakan metode geofisika yang sensitif terhadap perubahan vertikal, oleh karena itu metode ini disukai untuk mempelajari kontak intrusi, batuan dasar, struktur geologi, endapan sungai purba, lubang di dalam masa batuan dan lain-lain. Pemilihan metode SVD pada penelitian kali ini disebabkan metode ini

merupakan metode yang sangat bagus untuk mengetahui diskontinuitas suatu struktur bawah permukaan, terutama mendeteksi keberadaan sesar/patahan. Dengan metode SVD dapat dimunculkan sumber-sumber anomali yang bersifat lokal/dangkal. Metode ini dapat membantu interpretasi struktur patahan dan jenis patahan (sesar naik atau turun) dari data anomali bouguer. (Sarkowi, 2014)

1.2. Tujuan

1. Menganalisis kedalaman anomali regional dan residual daerah penelitian.
2. Mengidentifikasi zona sesar berdasarkan analisis SVD dan anomali bouguer.
3. Menganalisis korelasi antara peta SVD dan struktur geologi.
4. Mengidentifikasi model struktur bawah permukaan.

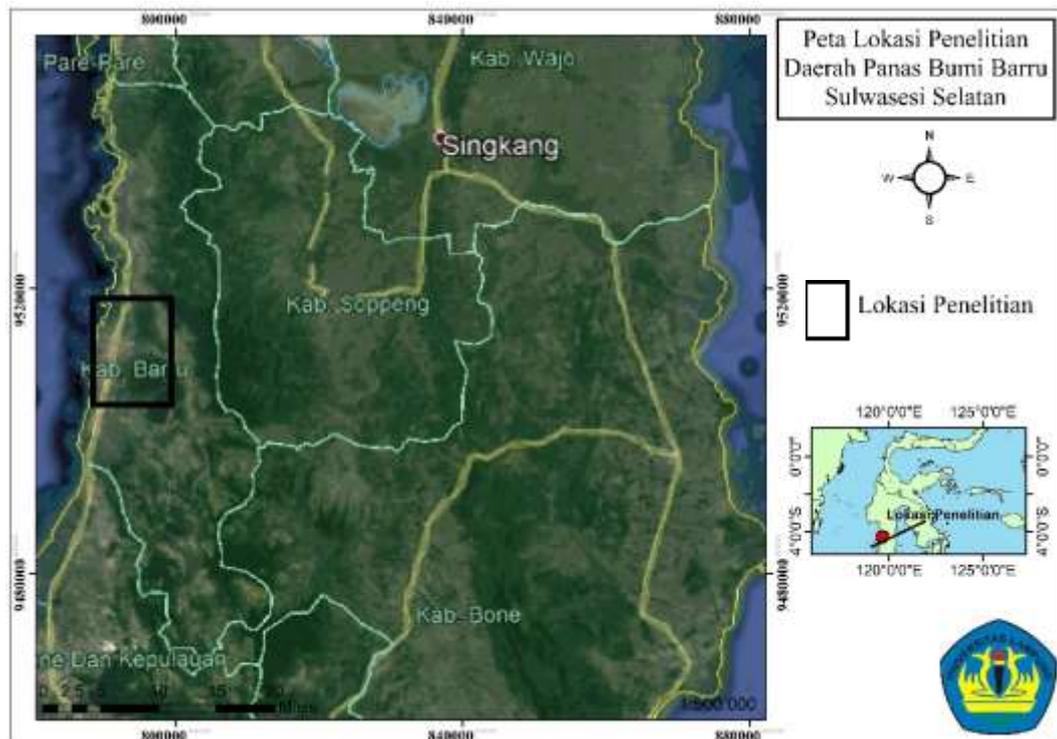
1.3. Batasan Masalah

1. Data gaya berat merupakan data yang diperoleh melalui digitasi dari sebuah prosiding “Hasil Kegiatan Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara, dan Panas Bumi Tahun Anggaran 2017”.
2. Metode identifikasi sesar menggunakan metode gaya berat *second vertical derivative* (SVD).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Letak dan Lokasi Penelitian

Adapun letak dan lokasi penelitian kali ini dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian.

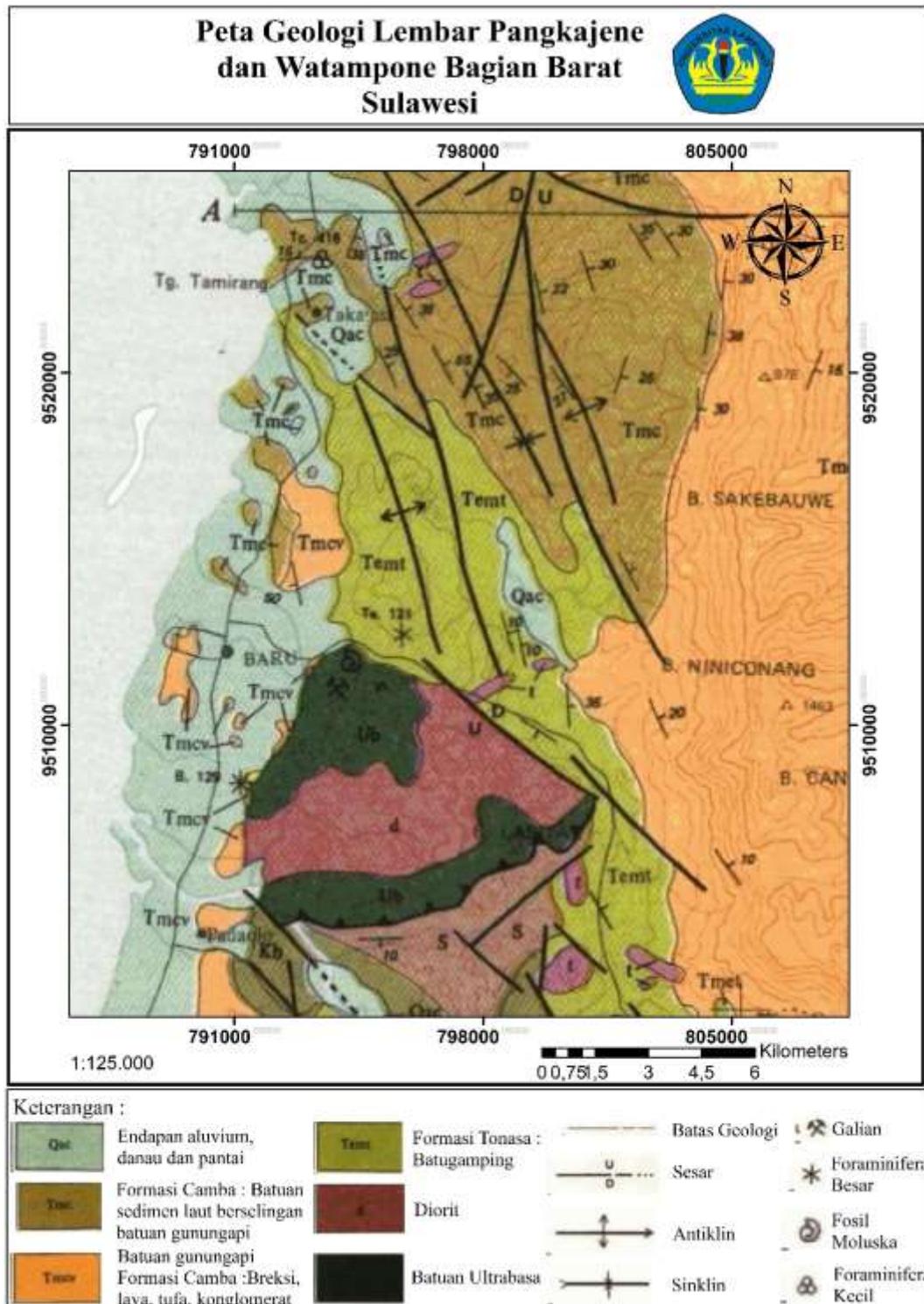
Secara administrasi lokasi penelitian terletak pada Desa Siawung, Kecamatan Barru, Kabupaten Barru, Provinsi Sulawesi Selatan. Berjarak sekitar 30 km

dari Kota Pare-Pare dan sekitar 96 km dari Kota Makassar. Sedangkan secara geografis terletak pada $4^{\circ} 18' 6,944''$ LS dan $119^{\circ} 39' 10,053''$ BT.

2.2. Geologi Regional

Secara geologi daerah penelitian terletak pada Lembar Geologi Pangkajene dan Watampone bagian barat. Peta Lembar Geologi ini dibuat oleh Rab Sukamto pada tahun 1982, berdasarkan peta ini dapat dilihat bahwa formasi yang terdapat pada daerah penelitian diantaranya Aluvium (Qac), Formasi Camba (Tmc), batugamping Formasi Tonasa (Temt), batuan gunungapi Formasi Camba (Tmcv), batuan diorit (d) dan batuan ultrabasa (Ub), yang masing-masing bersentuhan regional secara geologi.

Qac merupakan endapan aluvium, danau dan pantai. Tmc merupakan Formasi Camba yang berupa batuan sedimen laut berselingan dengan batuan gunungapi. Temt merupakan Formasi Tonasa yang terdiri dari batugamping. Tmcv merupakan batuan gunungapi Formasi Camba yang terdiri dari breksi, lava, tufa, konglomerat.

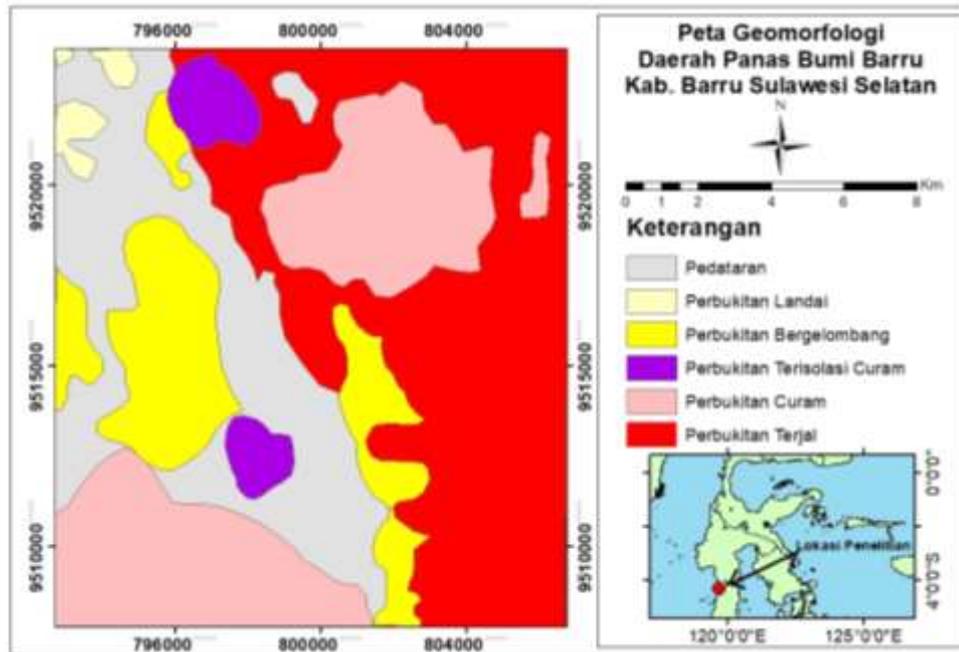


Gambar 2. Peta Geologi Regional Lembar Pangkajene dan Watampone Bagian Barat (Modifikasi Sukanto, 1982).

2.3. Geomorfologi

Bentang alam pada daerah penelitian adalah hasil dari gaya eksogen seperti kegiatan tektonik dan proses erosi yang membentuk perbukitan-perbukitan terisolasi, memanjang dan mengelompok dengan ketinggian 25 mdpl sampai dengan 1200 mdpl. Satuan morfologi pada daerah penelitian ini terbagi menjadi pedataran, perbukitan landai, perbukitan bergelombang, perbukitan terisolasi curam, perbukitan curam dan perbukitan terjal.

Perbukitan bergelombang terdapat pada bagian tengah ditandai dengan warna kuning pada batugamping dan batupasir. Perbukitan terisolasi curam ditandai dengan warna ungu pada batuan diorit dan dasit. Perbukitan curam ditandai dengan warna merah muda, di bagian selatan didominasi peridotit dan di tengah didominasi batupasir. Perbukitan terjal ditandai dengan warna merah di bagian timur dengan kontrol batuan vulkanik. Serta pedataran ditandai dengan warna abu-abu yang terisi oleh aluvium.



Gambar 3. Peta Geomorfologi Daerah Panas Bumi Barru (Modifikasi Hadi, dkk., 2017).

2.4. Stratigrafi

Susunan stratigrafi daerah panas bumi Barru, Sulawesi Selatan dapat dilihat pada **Tabel 1** dan **Gambar 4**. Mulai dari satuan batuan yang termuda hingga yang tertua. Berdasarkan tabel dan gambar tersebut diketahui bahwa satuan batuan termuda yang merupakan endapan permukaan adalah aluvium yang diperkirakan berumur Kuartar Holosen. Sedangkan batuan tertua yang diduga sebagai batuan dasar yang merupakan batuan plutonik adalah peridotit yang diperkirakan berumur pra – Tersier, sehingga daerah panas bumi Barru diperkirakan memiliki satuan batuan yang berumur pra – Tersier hingga Kuartar Holosen.

Tabel 1. Kolom Stratigrafi

Umur		Plutonik	Vulkanik		Sedimen	Endapan Permukaan
			Lava	Piroklastik		
Kuartar	Holosen					
	Plistosen					
Tersier	Pliosen					
	Miosen Akhir					
	Miosen Tengah					
	Miosen Awal					
	Oligosen					
	Eosen					
PraTerier						

Dengan keterangan penamaan satuan stratigrafi batuan adalah :

	Aluvium		Napal
	Diorit Maraung		Batulempung
	Diorit Alipan		Dasit
	Breksi		Konglomerat
	Andesit		Batugamping
	Batupasir		Peridotit

Gambar 4. Satuan Stratigrafi.

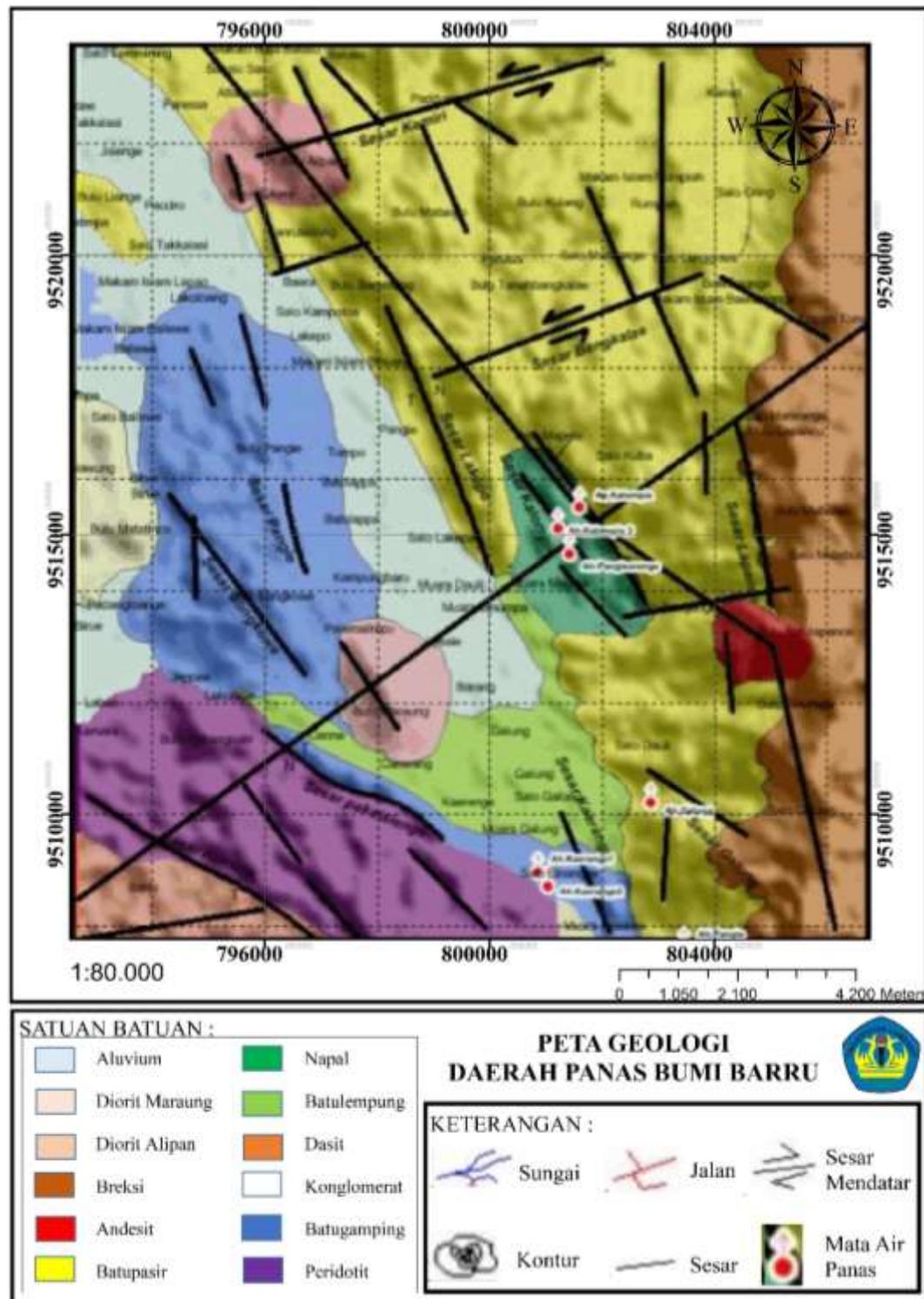
Dimulai dari satuan termuda berupa endapan permukaan yang diperkirakan berumur Kuartar Holosen yaitu aluvium. Diorit Maraung berupa batuan

plutonik yang diperkirakan berumur Miosen Tengah namun lebih muda dari lava andesit. Diorit Alipan yang juga berupa batuan plutonik diperkirakan berumur Miosen Tengah. Breksi yang merupakan batuan vulkanik piroklastik diperkirakan berumur Tersier Miosen sebanding dengan Formasi Camba. Andesit merupakan batuan vulkanik lava diperkirakan berumur Tersier Miosen Tengah. Batupasir merupakan batuan sedimen yang diperkirakan berumur Miosen yang dibandingkan dengan Formasi Camba. Napal merupakan batuan sedimen yang diperkirakan berumur Miosen dan selaras dengan batupasir dan batulempung sebanding dengan Formasi Camba. Batulempung merupakan batuan sedimen yang diperkirakan berumur Miosen Awal yang dibandingkan dengan Formasi Camba. Dasit merupakan batuan vulkanik lava yang diperkirakan berumur Tersier yang dibandingkan dengan Formasi Camba. Konglomerat merupakan batuan sedimen yang diperkirakan berumur Tersier Miosen yang dibandingkan dengan batupasir Formasi Camba. Batugamping merupakan batuan sedimen yang diperkirakan berumur Tersier Eosen yang dibandingkan dengan batuan Formasi Tonasa. Hingga batuan yang tertua dan diduga sebagai batuan dasar merupakan batuan plutonik yang diperkirakan berumur pra-Tersier yang dibandingkan sebagai batuan ultrabasa, yaitu batuan peridotit.

2.5. Geologi Rinci

Berdasarkan peta geologi pada **gambar 5** dapat diketahui bahwa pada daerah penelitian terdapat satuan batuan, yaitu aluvium, diorit maraung, diorit alipan,

breksi, andesit, batupasir, napal, batulempung, dasit, konglomerat, batugamping dan peridotit. Daerah penelitian didominasi oleh satuan batupasir, batuan termuda merupakan aluvium dan yang tertua serta diduga sebagai batuan dasar adalah peridotit. Peridotit tersusun oleh singkapan batuan ultramafik (peridotit dan serpentin), termalihkan, terkekarkan, sebagian sudah terserpentinisasi, terdapat butiran-butiran mineral logam. Batugamping tersingkap di sekitar Bulu Songkowe, batu gamping terumbu, beberapa nampak cangkang foraminifera terdapat urat-urat kalsit. Konglomerat dengan singkapan berupa batupasir kasar berukuran kerakal, konglomerat berukuran bolder membundar tanggung sampai membundar tersusun oleh komponen batuan beku dengan matrik batupasir kasar. Dasit mengalami proses deformasi ditandai dengan munculnya kekar dengan jenis *shear joint*. Batulempung menyerpih dan terdapat nodul batupasir dengan kekar yang terisi oleh oksida besi. Batupasir ditunjukkan dengan singkapan perselingan batupasir dengan batulempung. Batupasir disusun oleh butiran-butiran kuarsa, fragmen andesit, bersifat karbonatan. Napal ditunjukkan oleh singkapan napal, berbutir sangat halus hingga ke lempung, bersifat karbonatan, nampak di sekitar munculnya air hangat Pangisoreng. Breksi ditunjukkan oleh singkapan berupa breksi lava, masif dan sangat kompak serta matrik berupa batupasir kasar dengan pemilahan buruk.



Gambar 5. Peta Geologi Lokal Daerah Panas Bumi Barru (Modifikasi Hadi, dkk., 2017).

Andesit membentuk kubah dome disusun oleh lava andesit, sangat kompak, ubahan terdiri dari lempung dan klorit. Diduga sebagai batuan konduktif yang menghantarkan panas ke sekitar air hangat. Diorit alipan ditunjukkan oleh intrusi diorit yang menjulang di sekitar daerah alipan. Diduga muncul akibat zona lemah yang terbentuk oleh sesar alipan. Diorit maraung menerobos batugamping dan batulempung ditunjukkan oleh singkapan diorit. Aluvium didominasi oleh endapan fluvial lepas seperti bongkah, pasir, lumpur dan material lepas lainnya.

Jika dikorelasikan dengan peta geomorfologi, maka dapat diketahui bahwa satuan peridotit berada pada morfologi perbukitan curam. Konglomerat berada pada morfologi perbukitan bergelombang. Dasit yang terletak di bagian barat daya berada pada morfologi perbukitan curam. Batulempung yang terletak di sebelah selatan daerah penelitian berada pada morfologi perbukitan bergelombang. Batupasir yang mendominasi daerah penelitian berada pada morfologi perbukitan curam hingga terjal. Breksi yang menempati bagian timur daerah penelitian berada pada morfologi perbukitan terjal. Diorit maraung terletak di sebelah selatan daerah penelitian berada pada morfologi perbukitan terisolasi curam.

2.6. Struktur Geologi

Struktur geologi yang mendominasi daerah penelitian, yaitu sesar. Terdapat beberapa sesar yang ada pada peta geologi diantaranya Sesar Lakepo, Sesar Kaerange, Sesar Kemara, Sesar Kalompie, Sesar Pangie, Sesar Lapanca, Sesar

Bangkalae, dan Sesar Kemiri. Sesar Lakepo dan Sesar Kaerange berarah barat laut – tenggara menunjukkan tinggian *horst*nya di sisi timur dan bagian turunannya di sisi barat membentuk pedataran. Sesar Kemara memotong batuan paling tua pada peridotite dan serpentit. Pada sesar ini sangat terlihat rekahan yang intensif dengan terisi mineral oksida. Sesar Kalompie adalah sesar yang mengontrol kemunculan air hangat di sekitar Daerah Pangisoreng dan Daerah Kalompie. Sesar Pangie mengontrol pola kelurusan dari pengendapan batugamping. Sesar Lapanca kemungkinan mengontrol munculnya terobosan basal dan juga merupakan pola yang terbentuk pada batuan vulkanik di puncak. Sesar Bangkalae dan Sesar Kemiri berarah barat daya – timur laut. Kedua sesar ini diperkirakan sebagai antitetik atau pasangan dari sesar utama yang berarah sebaliknya. Sesar ini kemungkinan berjenis sesar mendatar dengan arah sinistral.

III. TEORI DASAR

3.1. Metode Gaya Berat

Metode gayaberat adalah salah satu metode geofisika yang didasarkan pada pengukuran medan gravitasi. Pengukuran ini dapat dilakukan di permukaan bumi, di kapal maupun di udara. Dalam metode ini yang dipelajari adalah variasi medan gravitasi akibat variasi rapat massa batuan di bawah permukaan, sehingga dalam pelaksanaannya yang diselidiki adalah perbedaan medan gravitasi dari suatu titik observasi terhadap titik observasi lainnya (Setiawan, 2018)

3.1.1. Hukum Newton

Prinsip metode gaya berat didasarkan pada hukum Newton yang menyatakan bahwa gaya tarik menarik antara massa m_1 m_2 yang berjarak antara pusat massa sebesar r adalah :

$$\vec{f}_{(r)} = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \hat{r} \quad (1)$$

dengan :

$\vec{f}_{(r)}$ = gaya tarik menarik antara benda m_1 dan m_2 (N)

G = konstanta gravitasi ($6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg s}^2$)

m_1 = massa partikel 1

m_2 = massa partikel 2

r = jarak antara m_1 dan m_2

r^2 = vektor satuan ke arah m_1 (Blakely, 1995).

Sedangkan gaya gravitasi antara benda bermassa m dan bumi bermassa M adalah :

$$F = G \frac{mM}{r^2} \quad (2)$$

Berdasarkan persamaan (2), nilai r sebanding dengan jari-jari bumi (R) karena jarak benda ke permukaan bumi sangat kecil, sehingga persamaan tersebut dapat ditulis sebagai berikut :

$$F = G \frac{mM}{R^2} \quad (3)$$

3.1.2. Percepatan Gravitasi

Pada dasarnya yang terukur saat pengukuran gaya berat adalah percepatan gravitasi (g), bukan gaya gravitasi (F) itu sendiri. Namun keduanya memiliki hubungan yang telah dijelaskan pada hukum Newton II, yaitu sebuah gaya adalah hasil perkalian dari massa dengan percepatan yang telah dirumuskan dalam hukum Newton tentang gerak Newton sebagai berikut :

$$F = mg \quad (4)$$

Interaksi antara bumi (bermassa M) dengan benda di permukaan bumi (bermassa m) sejauh jarak R dari pusat keduanya juga memenuhi hukum tersebut, maka dari Persamaan (3) dan (4) didapatkan :

$$g = G \frac{M}{R^2} \quad (5)$$

Percepatan gravitasi (g) memiliki satuan m/det^2 dalam SI, atau Gal (Galileo), yaitu 1 cm/det^2 . Namun satuan yang sering digunakan adalah miliGal (mGal). Hal ini disebabkan pengukuran gaya berat umumnya dilakukan dalam variasi percepatan gravitasi yang sangat kecil. Berdasarkan persamaan (5) dapat diketahui bahwa percepatan gravitasi di bumi (g) berbanding lurus dengan massa bumi (M) dan berbanding terbalik dengan jari – jari bumi (R).

3.2. Pengolahan Data Gaya Berat

3.2.1. Analisis Spektrum

Analisis spektrum berfungsi untuk estimasi lebar jendela dan kedalaman dari anomali gaya berat. Hal ini dilakukan dengan proses transformasi Fourier, yaitu transformasi domain waktu ke domain frekuensi. Pada dasarnya transformasi Fourier adalah menyusun kembali/mengurai suatu bentuk gelombang sinus dengan frekuensi bervariasi dimana hasil penjumlahan gelombang-gelombang sinus tersebut adalah bentuk gelombang aslinya (Kadir, 2002).

Tujuan dari proses ini adalah untuk menentukan jendela filter yang akan digunakan dalam memisahkan anomali regional – residual. Dalam analisis spektrum dilakukan proses transformasi Fourier untuk mengubah suatu signal menjadi penjumlahan beberapa signal sinusoidal dengan

berbagai frekuensi. Hasil transformasi Fourier dapat berupa spektrum amplitudo dan spektrum *phase*. Melalui transformasi Fourier nilai gaya berat, pada lintasan yang ingin diperkirakan kedalamannya, dapat diestimasi nilai bilangan gelombang (k) dan amplitude (A) yang dapat digunakan untuk menghitung lebar jendela *filter* yang selanjutnya sebagai *input* data proses *filtering* (dalam pemisahan anomali regional dan residual) (Sarkowi, 2014).

Menurut Blakely (1995) dalam metode gaya berat penurunan spektrum dari potensial gaya berat yang teramati pada suatu bidang horizontal adalah sebagai berikut :

$$F(U) = \gamma\mu F\left(\frac{1}{r}\right) \text{ dan } F\left(\frac{1}{r}\right) = 2\pi \frac{e^{|k|(z_0-z)}}{|k|} \quad (6)$$

Dimana :

U = potensial gaya berat

γ = konstanta gaya berat

μ = anomali rapat massa

r = jarak

dari kedua buah persamaan dapat menjadi sebuah persamaan sebagai berikut :

$$F(U) = 2\pi\gamma\mu \frac{e^{|k|(z_0-z)}}{|k|} \quad (7)$$

Jadi, transformasi Fourier dari anomali gaya berat pada lintasan yang diinginkan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$F(g_z) = \gamma\mu F\left(\frac{\partial}{\partial z} \frac{1}{r}\right) = \gamma\mu \frac{\partial}{\partial z} F\left(\frac{1}{r}\right) \rightarrow F(g_z) = 2\pi\gamma\mu e^{|k|(z_0-z)} \quad (8)$$

Dimana :

g_z = anomali gaya berat

k = bilangan gelombang

z_0 = ketinggian titik amat

z = kedalaman benda anomali

Ketika distribusi densitas bersifat random dan tidak memiliki korelasi antara nilai gaya beratnya maka dapat dianggap bahwa $\mu = 1$, jadi menghasilkan transformasi Fourier anomali gaya berat sebagai berikut :

$$A = C e^{|k|(z_0-z)} \quad (9)$$

Dimana :

A = amplitudo

C = konstanta

Amplitudo (A), bilangan gelombang (k) dan kedalaman ($z_0 - z$) memiliki hubungan yang dapat dijelaskan dengan melogaritmakan hasil dari transformasi Fourier pada persamaan (9), sehingga menghasilkan logaritma sebagai berikut :

$$\ln A = (z_0 - z)|k| + \ln C \quad (10)$$

Berdasarkan Persamaan (10) diketahui bahwa kedalaman rata – rata bidang diskontinuitas rapat massa akan berbanding dengan kemiringan grafik spektrum, sehingga dengan metode *least square* akan diketahui bahwa estimasi kedalaman anomali merupakan gradien dari masing – masing grafik spektrum pada lintasan. Sedangkan hubungan antara panjang gelombang (λ) dengan k ditunjukkan oleh persamaan berikut :

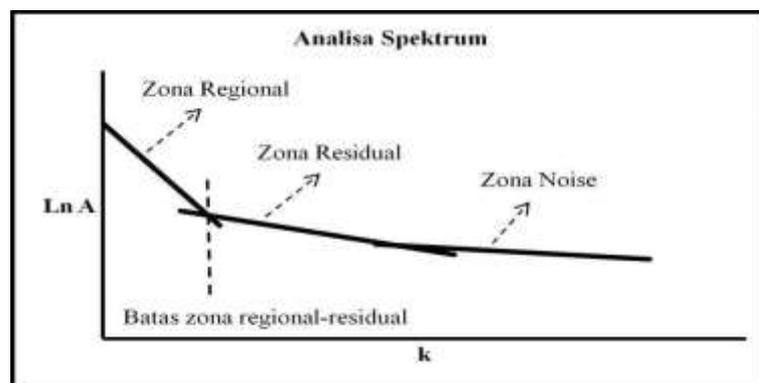
$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad (11)$$

$$\lambda = n \cdot \Delta x \quad (12)$$

Dari persamaan (11) dan (12), dengan n adalah lebar jendela, maka estimasi lebar jendela dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$n = \frac{\lambda}{\Delta x} = \frac{2\pi}{k\Delta x} \quad (13)$$

Untuk mempermudah memahami penentuan kedalaman sumber anomali berdasarkan proses regresi dari data logaritma hasil transformasi Fourier dapat diilustrasikan melalui gambar di bawah ini.



Gambar 6. Grafik Hubungan Bilangan Gelombang dan Amplitudo (Sarkowi, 2014).

3.2.2. Moving Average

Moving average dilakukan untuk memisahkan anomali regional residual dari anomali bouguer. Dengan metode ini penurunan anomali residual dilakukan secara tidak langsung karena keluaran dari perata –rataan bergerak adalah anomali regionalnya, sehingga residual didapat dari mengurangkan anomali regional terhadap anomali pengukuran. Pemisahan anomali regional – residual dilakukan untuk mempermudah interpretasi, karena dalam suatu eksplorasi tentu terdapat sebuah target

event. Target *event* ini harus dipisahkan dengan *event* yang lainnya. Bila target *event* merupakan anomali residual, maka *event* yang lainnya adalah regional dan *noise*. Persamaan perata-rataan bergerak satu dimensi dan satu jendela adalah :

$$\Delta g_{\alpha}(x_i) = \Delta g(x_i) - \frac{1}{n} \sum_{k=-\alpha/2}^{k=\alpha/2} \Delta g(x_i - k) \quad (14)$$

Penapisan satu dimensi menggunakan dua jendela untuk memproses sekaligus persamaannya adalah :

$$\Delta g_{\alpha,\beta}(x_i) = \Delta \bar{g}_{\alpha}(x) - \frac{1}{n} \Delta g(x) \quad (15)$$

dimana :

α, β = lebar jendela penapisan (*window size*)

$\Delta g(x)$ = harga gaya berat pada titik amat

$\Delta \bar{g}_{\alpha}(x)$ = anomali residual sisa penapisan jendela α

N = jumlah data yang diproses

Sedangkan persamaan ‘*moving average 2D*’ untuk lebar window $N \times N$ adalah :

$$\Delta g_{reg}\left(\frac{N+1}{2}, \frac{N+1}{2}\right) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \frac{\Delta g(i,j)}{N^2} \quad (16)$$

Dan kemudian anomali residualnya :

$$\Delta g_{res}(i,j) = \Delta g(i,j) - \Delta g_{reg}(i,j) \quad (17)$$

Berdasarkan karakter spektrum dari filter ini, lebar *window* $N \times N$ berbanding langsung dengan *low cut* dari panjang gelombang atau *high cut* frekuensi dari *low-pass filter*, sehingga dengan bertambahnya lebar *window* bertambah pula panjang gelombang regional ‘*output*’.

3.2.3. *Second Vertical Derivative (SVD)*

Second Vertical Derivative (SVD) merupakan metode yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan suatu patahan karena dengan SVD dapat diketahui diskontinuitas suatu struktur di bawah permukaan. Metode SVD dapat digunakan untuk membantu interpretasi jenis struktur terhadap data anomali bouguer yang diakibatkan oleh adanya struktur patahan turun atau patahan naik (Sarkowi, 2011).

Pola kontur anomali residual diperoleh melalui proses pemisahan anomali regional-residual. Efek dangkal yang terkandung di dalam data anomali residual dapat dimunculkan dengan menerapkan teknik anomali *enhancement* yang salah satunya dengan menggunakan metode *Second Vertical Derivative (SVD)*. Metode SVD ini sangat baik dalam mendelineasi patahan (Handyarso dan Padmawidjaja, 2017).

Adapun perhitungan yang digunakan dalam metode SVD merupakan turunan dari Persamaan Laplace untuk anomali gaya berat di permukaan yang dituliskan sebagai berikut :

$$\nabla^2 \Delta g = 0 \quad \text{atau} \quad \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial z^2} = 0 \quad (18)$$

Sehingga untuk SVD persamaannya akan diturunkan menjadi persamaan sebagai berikut (Telford, dkk., 1976) :

$$\frac{\partial^2 \Delta g}{\partial z^2} = - \left(\frac{\partial^2 \Delta g}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial y^2} \right) \quad (19)$$

Persamaan (19) menunjukkan bahwa *second vertical derivative* dari suatu anomali gaya berat permukaan adalah sama dengan negatif dari

derivatif orde dua horizontal. Artinya bahwa anomali *second vertical derivative* dapat melalui derivatif horizontal yang secara praktis lebih mudah dikerjakan (Sarkowi, 2014).

SVD dari suatu anomali gaya berat permukaan adalah sama dengan negatif dari *second horizontal derivative* (SHD). Anomali yang disebabkan oleh struktur cekungan mempunyai nilai harga mutlak minimal SVD selalu lebih besar daripada harga maksimalnya. Sedangkan anomali yang disebabkan struktur intrusi berlaku sebaliknya, harga mutlak minimalnya lebih kecil dari harga maksimalnya (Hartati, 2012).

Adapun kriteria yang digunakan dalam penentuan jenis struktur patahan secara matematis sebagaimana telah dirumuskan oleh Reynolds (1997) adalah sebagai berikut :

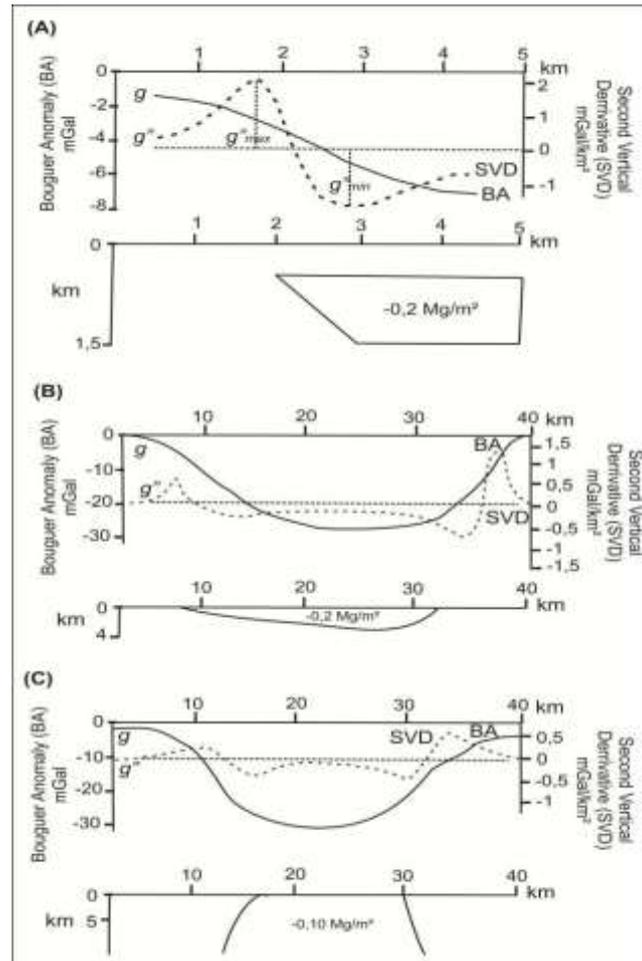
Jika struktur merupakan patahan turun, maka berlaku perumusan sebagai berikut :

$$\left(\frac{\delta^2 \Delta g}{\delta z^2}\right) \text{maks} > \left|\left(\frac{\delta^2 \Delta g}{\delta z^2}\right) \text{min}\right| \quad (20)$$

Sedangkan jika struktur merupakan patahan naik, maka berlaku perumusan sebagai berikut :

$$\left(\frac{\delta^2 \Delta g}{\delta z^2}\right) \text{maks} < \left|\left(\frac{\delta^2 \Delta g}{\delta z^2}\right) \text{min}\right| \quad (21)$$

Sehingga analisis struktur pada metode SVD dapat diilustrasikan pada gambar di bawah ini :



Gambar 7. Kurva respon analisis SVD pada struktur geologi (Reynolds, 1997).

Dengan metode SVD dapat memperjelas struktur – struktur lokal yang biasanya terlihat samar sehingga bentuk kurvanya lebih tajam dibanding struktur – struktur regional yang lebih lebar. Hal ini disebabkan, karena data gravitasi memiliki nilai anomali yang pada metode ini akan mengalami perubahan secara vertikal, sehingga turunan keduanya akan menggambarkan besarnya efek gravitasi dari struktur - struktur yang lebih luas dan terletak jauh lebih dalam.

Adapun penjelasan mengenai teknik perhitungan serta prinsip dasar dari metode SVD ini sendiri telah dikemukakan oleh Henderson dan Zietz (1949), Elkins (1951) dan Rosenbach (1953), sehingga mendapatkan beberapa operator filter SVD sebagai berikut :

Tabel 2. Henderson dan Zietz (1949)

0.0000	0.0000	-0.0838	0.0000	0.0000
0.0000	+1.0000	-2.6667	+1.0000	0.0000
-0.0838	-2.6667	17.0000	-2.6667	-0.0838
0.0000	+1.0000	-2.6667	+1.0000	0.0000
0.0000	0.0000	-0.0838	0.0000	0.0000

Tabel 3. Elkins (1951)

0.0000	-0.0833	-0.0000	-0.0833	0.0000
-0.0833	-0.0667	-0.0334	-0.0667	-0.0833
0.0000	-0.0334	+1.0668	-0.0334	0.0000
-0.0833	-0.0667	-0.0334	-0.0667	-0.0833
0.0000	-0.0833	-0.0000	-0.0833	0.0000

Tabel 4. Rosenbach (1953)

0.0000	+0.0416	0.0000	+0.0416	0.0000
+0.0416	-0.3332	-0.7500	-0.3332	+0.0416
0.0000	-0.7500	4.0000	-0.7500	0.0000
+0.0416	-0.3332	-0.7500	-0.3332	+0.0416
0.0000	+0.0416	0.0000	+0.0416	0.0000

3.3. Interpretasi Anomali Gaya Berat

Interpretasi anomali gaya berat dilakukan guna mendapatkan gambaran bawah permukaan. Pada umumnya interpretasi dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif. Interpretasi kualitatif dan kuantitatif pada studi geofisika dilakukan

untuk mengaplikasikan data menjadi besaran yang menggambarkan distribusi fisis bawah permukaan.

3.3.1. Interpretasi Kualitatif

Interpretasi kualitatif anomali gaya berat dilakukan dengan cara menganalisis secara deskriptif peta anomali yang meliputi sebaran anomali, kerapatan kontur anomali, nilai anomali, dan sebagainya. Penyebaran dan pola anomali merupakan refleksi keadaan bawah permukaan. Dari analisis deskriptif tersebut selanjutnya dianalisis untuk mendapatkan pengetahuan geologi dan sebaran rapat massa bawah permukaan di daerah tersebut (Sarkowi, 2014).

3.3.2. Interpretasi Kuantitatif

Untuk mendapatkan distribusi sifat fisis bawah permukaan dan model struktur bawah permukaan secara kuantitatif dilakukan melalui pemodelan. Interpretasi kuantitatif anomali gaya berat adalah suatu proses untuk mendapatkan model bawah permukaan yang diturunkan dari anomali gaya berat permukaan. Model menggambarkan distribusi rapat massa dan geometri benda serta kedalaman dengan nilai yang bervariasi. Pemodelan anomali gaya berat terdiri atas pemodelan ke depan (*forward modelling*) dan pemodelan ke belakang (*Inverse Modelling*). Sedangkan

berdasarkan model benda yang dihasilkan, pemodelan anomali gaya berat dibagi menjadi dua buah pemodelan, yaitu pemodelan 2D dan 3D.

3.3.2.1 *Forward Modelling*

Forward modeling atau pemodelan ke depan merupakan pemodelan yang dilakukan dengan membuat terlebih dahulu benda geologi bawah permukaan dalam metode kali ini dilakukan untuk menginterpretasi berdasarkan densitas bawah permukaan.

Pemodelan kedepan (*Forward Modelling*) merupakan proses perhitungan data dari hasil teori yang akan teramati di permukaan bumi jika parameter model diketahui. Pada saat melakukan interpretasi, dicari model yang menghasilkan respon yang cocok dan *fit* dengan data pengamatan atau data lapangan, sehingga diharapkan kondisi model itu bisa mewakili atau mendekati keadaan sebenarnya. Seringkali istilah *forward modeling* digunakan untuk proses *trial and error*. *Trial and error* adalah proses coba-coba atau tebakan untuk memperoleh kesesuaian antara data teoritis dengan data lapangan. Diharapkan dari proses *trial and error* ini diperoleh model yang cocok responnya dengan data (Grandis, 2009).

IV. METODOLOGI PENELITIAN

4.1. Tempat Pelaksanaan

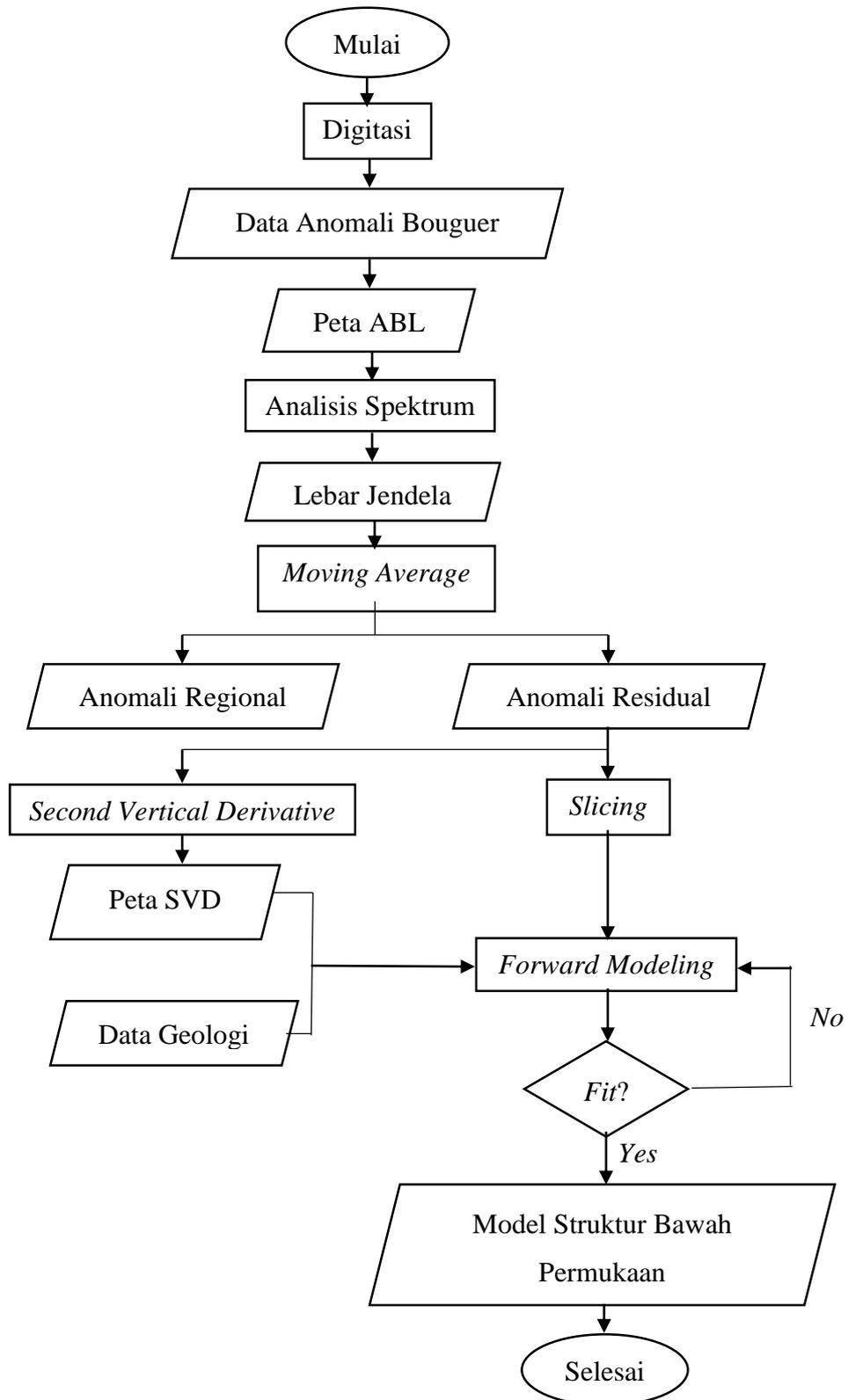
Penelitian yang mengambil judul “**Identifikasi Struktur Sesar Bawah Permukaan Daerah Panas Bumi Barru Sulawesi Selatan Berdasarkan Analisis SVD dan Pemodelan Anomali Gaya Berat**” ini dilaksanakan di **Laboratorium Geofisika**, Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

4.2. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian kali ini adalah sebagai berikut :

1. Data gaya berat, yang berupa data sekunder hasil digitasi.
2. *Geosoft Oasis Montaj v.8.4*
3. *Surfer 12*
4. *Global Mapper*
5. *ArcGIS*
6. *Microsoft Excel*
7. *Laptop*

4.3. Diagram Alir Penelitian



Gambar 8. Diagram Alir Penelitian.

4.4. Jadwal Kegiatan

Adapun jadwal kegiatan yang akan dilaksanakan dalam penelitian kali ini adalah sebagai berikut :

Tabel. 5. Jadwal Kegiatan

No.	Kegiatan	Jadwal Kegiatan																							
		Juli				Agustus				September				Oktober				November				Desember			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Studi Literatur	■	■																						
2	Penyusunan Proposal		■	■																					
3	Seminar Proposal			■																					
4	Pengolahan Data				■	■	■																		
5	Analisis SVD						■	■	■																
6	Pemodelan										■	■	■												
7	Interpretasi														■	■	■								
8	Penyusunan Laporan															■	■								
9	Seminar Hasil																		■						
10	Ujian Skripsi																								■

4.5. Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian yang akan dilakukan dalam penelitian kali ini adalah sebagai berikut :

4.5.1. Digitasi

Data yang digunakan pada penelitian kali ini diperoleh melalui proses digitasi peta anomali bouguer yang terdapat pada buku 1 bidang energi dengan judul “Hasil Kegiatan Pusat Sumber Daya Mineral, Batu Bara dan Panas Bumi Tahun Anggaran 2017”. Digitasi dilakukan untuk memperoleh data berupa koordinat lengkap dengan nilai anomali bouguernya. Sehingga data tersebut dapat diolah lebih lanjut lagi.

4.5.2. Pengolahan Data Gaya Berat

Secara keseluruhan pengolahan data gaya berat dilakukan dengan menggunakan *software oasis montaj 8.4* mulai dari analisis spektrum hingga *second vertical derivative*.

4.5.2.1. Analisis Spektrum

Analisis spektrum dilakukan untuk mendapatkan nilai jendela filter yang akan diinput pada proses pemisahan anomali

regional-residual. Proses ini dilakukan melalui transformasi Fourier nilai gaya berat pada lintasan yang diinginkan, sehingga dapat diestimasi nilai bilangan gelombang (k) dan amplitudo (A). Kemudian nilai tersebut dapat digunakan untuk melakukan perhitungan nilai lebar jendela filter yang selanjutnya menjadi input proses filtering pemisahan anomali regional – residual.

4.5.2.2. Pemisahan Anomali Regional-Residual

Proses pengolahan data gravitasi menghasilkan data terkoreksi yang sudah terpapar pada bidang datar. Data ini disebut dengan Anomali Bouguer Sederhana (ABS) yang siap untuk diinterpretasi. Namun data ini masih merupakan superposisi dari anomali residual (anomali lokal) dengan komponen regional (anomali regional). Anomali regional merepresentasikan kondisi geologi daerah secara umum seperti *basement*, lipatan dan patahan yang dicirikan dengan anomali berfrekuensi rendah. Efek residual (anomali lokal) merepresentasikan kondisi geologi setempat seperti reservoir, intrusi batuan, jenis dan bentuk struktur, mineral atau bijih yang dicirikan dengan anomali berfrekuensi tinggi (Haerudin, 2007)

4.5.2.3. *Second Vertical Derivative*

Second Vertical Derivative dilakukan untuk memunculkan anomali lokal/dangkal, sehingga mempermudah interpretasi bawah permukaan, terutama keberadaan sesar karena metode SVD sangat bagus untuk mengetahui diskontinuitas struktur bawah permukaan. Proses ini menggunakan filter matriks elkins dengan bantuan *software oasis montaj 8.4*.

4.5.3. Interpretasi Data Gaya Berat

Interpretasi data gaya berat dilakukan dengan metode analisis *forward modelling* yang kemudian akan menghasilkan model 2D.

4.5.3.1. *Forward Modelling*

Forward modelling dilakukan dengan terlebih dahulu melakukan *slicing* pada peta anomali residual sesuai dengan lintasan yang diinginkan. Pemodelan kemudian dilakukan dengan memperhatikan informasi geologi dan peta SVD. *Forward modelling* dilakukan secara *trial and error* atau coba – coba sampai menemukan model yang *fit*. Model dikatakan *fit* jika grafik teoritis dengan grafik pengukuran berhimpit atau mendekati. Sehingga error yang muncul akan semakin kecil.

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan pengolahan dan interpretasi data yang telah dilakukan maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Kedalaman zona regional berkisar 3,87 km dan zona residual 0,94 km.
2. Model 2D menunjukkan adanya sembilan sesar yaitu pada jarak 2800 m, 5100 m, 10500 m, 12100 m, dan 13600 m dari titik A pada lintasan A-B. Serta pada jarak 5000 m, 5800 m, 8500 m dan 10000 m dari titik C pada lintasan C-D.
3. Peta SVD dan Peta Geologi menunjukkan korelasi sesar yang berkesesuaian. Sesar yang teridentifikasi dengan metode SVD menunjukkan hasil yang lebih detail, baik sesar mayor maupun minor.
4. Model 2D lintasan A-B menunjukkan tujuh litologi batuan yaitu aluvium, diorit, breksi, batupasir, lanau, batugamping dan peridotite.
5. Model 2D lintasan C-D menunjukkan lima litologi batuan yaitu batuan diorit, batupasir, lanau, batugamping dan peridotite.
6. Daerah prospek panas bumi berada di sebelah barat laut dan tenggara kelompok air hangat kalompie dan diantara air hangat kaerange dengan

air hangat galung. *Heat Source* berada pada bagian barat daya daerah penelitian.

6.2. Saran

Berdasarkan pengolahan dan interpretasi data yang telah dilakukan disarankan untuk memperluas daerah pengukuran ke arah timur daerah penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Blakely, R.J. 1995. *Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications*. Cambridge University Press. New York, Cambridge. 462 halaman.
- Grandis, H. 2009. *Pengantar Pemodelan Inversi Geofisika*. Himpunan Ahli Geofisika Indonesia. Bandung. 186 halaman.
- Hadi, M.N. Yushantarti, A. dan Zarkasyi, A. 2017. Survei Terpadu Geologi, Geokimia dan Geofisika Daerah Panas Bumi Barru, Kabupaten Barru, Provinsi Sulawesi Selatan. *Buku 1 Bidang Energi : Prosiding Hasil Kegiatan Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi Tahun Anggaran 2017*. Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi. Bandung. Hal 299-316.
- Haerudin, N. Karyanto. 2007. Aplikasi Metode Polinomial *Least Square* Berbasis Matlab Untuk Memisahkan Efek Residual Anomali Regional Pada Data Gravitasi (Studi Kasus Kotamadya Bandar Lampung). *Jurnal Sains MIPA*. Vol. 13. No. 1. Hal 32-36.
- Handyarso, A. dan Padmawidjaja, T. 2017. Struktur Geologi Bawah Permukaan Cekungan Bintuni Berdasarkan Analisis Data Gaya Berat. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*. Vol. 18. No. 2. Hal 53-65.
- Hartati, A. 2012. *Identifikasi Struktur Patahan Berdasarkan Analisis Derivative Metode Gaya Berat di Pulau Sulawesi*. (Skripsi). FMIPA UI. Depok. 111 halaman.
- Kasbani. 2009. Tipe Sistem Panas Bumi di Indonesia dan Estimasi Potensi Energinya. *Buletin Sumber Daya Geologi*. Vol 4. No. 3. Hal 19-26.

- Nanlohy, F. 2006. Usulan Pemanfaatan Fluida Lapangan Panas Bumi Marana, Kabupaten Donggala, Sulawesi Tengah. *Buletin Sumber Daya Geologi*. Vol. 1 No. 1. Hal 22-27.
- Reynolds, J.M. 1997. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. Jhon Wiley and Sons. Chichester. 796 halaman
- Rony, P. Haryanto, A.D. Hutabarat, J. dan Kusnadi, D. 2019. Sistem Panas Bumi Non-Vulkanik Daerah Buntuna, Tolitoli, Sulawesi Tengah, Berdasarkan Pendekatan Geologi Dan Geokimia Air Panas. *Padjadjaran Geoscience Journal*. Vol. 3. No. 4. Hal 254-260.
- Sarkowi, M. 2014. *Eksplorasi Gaya Berat*. Graha Ilmu. Yogyakarta. 136 halaman.
- Setiawan, A. Sarkowi, M. dan Mulyatno, B. S. 2018. Identifikasi Bawah Permukaan Lapangan Minyak "Huf" Sumatera Selatan untuk Mendelineasi Struktur Cekungan Hidrokarbon Berdasarkan Data Gayaberat. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*. Vol. 4. No. 1. 13 Halaman.
- Sukanto, R. 1982. Peta Geologi Lembar Pangkajene dan Watampone Bagian Barat, Sulawesi. Skala 1 : 250.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Bandung.
- Supriyanto. 2007. *Analisis Data Geofisika : Memahami Teori Inversi*. FMIPA UI. Depok. 65 halaman.