

**IDENTIFIKASI SESAR DAN PEMODELAN STRUKTUR BAWAH  
PERMUKAAN DI WILAYAH BANGKALAN BERDASARKAN DATA  
ANOMALI GRAVITASI BUMI**

**SKRIPSI**

**OLEH:**

**DWI WARNI SAPUTERI WASITO  
NIM. 200604110075**



**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2024**

**HALAMAN PENGAJUAN**

**IDENTIFIKASI SESAR DAN PEMODELAN STRUKTUR BAWAH  
PERMUKAAN DI WILAYAH BANGKALAN BERDASARKAN DATA  
ANOMALI GRAVITASI BUMI**

**SKRIPSI**

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

**Oleh:  
DWI WARNI SAPUTERI WASITO  
NIM. 200604110075**

**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2024**

## HALAMAN PERSETUJUAN

IDENTIFIKASI SESAR DAN PEMODELAN STRUKTUR BAWAH  
PERMUKAAN DI WILAYAH BANGKALAN BERDASARKAN DATA  
ANOMALI GRAVITASI BUMI

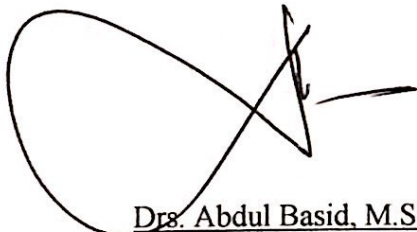
### SKRIPSI

Oleh:

Dwi Warni Saputeri Wasito  
NIM. 200604110075

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji  
Pada tanggal, 23 Desember 2024

Pembimbing I



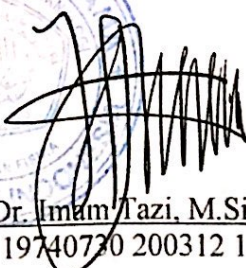
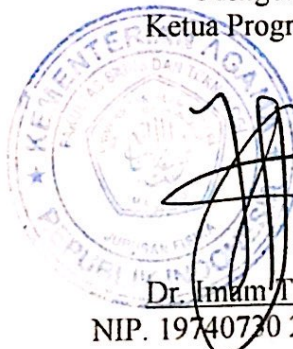
Drs. Abdul Basid, M.Si  
NIP. 19650504 199003 1 003

Pembimbing II



Ahmad Abtokhi, M.Pd  
NIP. 19761003 200312 1 004

Mengetahui,  
Ketua Program Studi

Dr. Imam Tazi, M.Si  
NIP. 19740730 200312 1 002

## HALAMAN PENGESAHAN

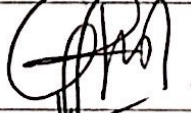
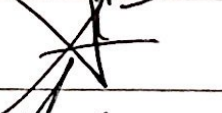
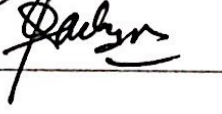
### IDENTIFIKASI SESAR DAN PEMODELAN STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN DI WILAYAH BANGKALAN BERDASARKAN DATA ANOMALI GRAVITASI BUMI

#### SKRIPSI

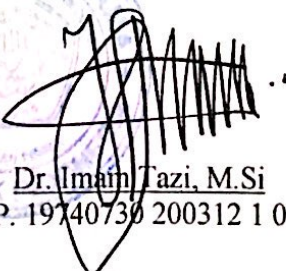
Oleh:

Dwi Warni Saputeri Wasito  
NIM. 200604110075

Telah Dipertahankan Di Depan Dewan Penguji Skripsi dan  
Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)  
Pada Tanggal, 23 Desember 2024

|                    |   |                                                             |                                                                                       |
|--------------------|---|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Penguji Utama      | : | <u>Irjan, M.Si</u><br>NIP. 19691231 200604 1 003            |  |
| Ketua Penguji      | : | <u>Dr. Erna Hastuti, M.Si</u><br>NIP. 19811119 200801 2 009 |  |
| Sekretaris Penguji | : | <u>Drs. Abdul Basid, M.Si</u><br>NIP. 19650504 199003 1 003 |  |
| Anggota Penguji    | : | <u>Ahmad Abtokhi, M.Pd</u><br>NIP. 19761003 200312 1 004    |  |

Mengesahkan,  
Ketua Program Studi,

  
Dr. Imam Tazi, M.Si  
NIP. 19740730 200312 1 002

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : DWI WARNI SAPUTERI WASITO  
NIM : 200604110075  
Program Studi : FISIKA  
Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI  
Judul Penelitian : Identifikasi Sesar Dan Pemodelan Struktur Bawah  
Permukaan Di Wilayah Bangkalan Berdasarkan Data  
Anomali Gravitasi Bumi

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

Malang, 28 Desember 2024  
Yang Membuat Pernyataan,



Dwi Warni Saputeri Wasito  
NIM. 200604110075

## **MOTTO**

***“Aquiris quodcumque rapis”***

(Engkau mendapatkan apa yang engkau usahakan)

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Alhamdulillah, puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufiq serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi ini, penulis persembahkan untuk:

1. Kedua orang tua penulis, Bapak Wasito dan Ibu Ning Hariati. Terima kasih atas doa, semangat, motivasi, nasehat serta dorongan yang tiada henti agar penulis dapat segera menyelesaikan skripsi ini.
2. Kakak penulis, Geta Rosyana. Terima kasih telah memberikan motivasi dan semangat kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Dosen Pembimbing, Bapak Drs. Abdul Basid M. Si., Terima kasih telah meluangkan waktu, tenaga, dan ilmunya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
4. Teman-teman penulis, Ainul, Anisa, Alfi, Adhea, Shinta, Vina, Izza, Septi dan Dinda. Terima kasih telah kebersamaan penulis selama masa awal perkuliahan hingga akhir perkuliahan. Terima kasih telah memberikan semangat dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
5. Semua Ibu guru KB-TK Al Fadholi, khususnya Bu Ninik, Bu Jessi dan Bu Afi. Terima kasih atas doa dan semangat yang telah diberikan kepada penulis.
6. Teman-teman “Phermion XX”. Terima kasih telah kebersamaan penulis selama masa perkuliahan.
7. Terima kasih untuk diri sendiri, karena sudah mau bertahan sampai sejauh ini.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufiq serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal penelitian ini dengan baik. Sholawat serta salam tetap tercurahkan kepada baginda Nabi Muhammad SAW, yang telah menuntun manusia dari zaman kegelapan menuju zaman yang terang benderang. Semoga syafaatnya mengalir pada kita di yaumil akhir kelak. Aamiin.

Penulis mengucapkan banyak terimakasih atas terselesaikannya proposal penelitian dengan judul **“Identifikasi Sesar Dan Pemodelan Struktur Bawah Permukaan Di Wilayah Bangkalan Berdasarkan Data Anomali Gravitasi Bumi”** yang mana dalam proses penyusunan proposal penelitian ini, penulis mendapat banyak bimbingan, nasihat, serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menulis dan menyelesaikan proposal ini.
2. Bapak Prof. Dr. H. M. Zainuddin, M.A, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Ibu Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Bapak Dr. Imam Tazi, M.Si selaku Ketua Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
5. Bapak Drs. Abdul Basid, M.Si. selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan dalam penulisan proposal ini.

6. Bapak Ma'Muri, S.Si, M.Si selaku Kepala BMKG Stasiun Geofisika Kelas III Malang yang telah memberikan izin dalam melakukan kegiatan penelitian.
7. Mba Lulu' Choerun Nisa S.Ter.Geof selaku pembimbing lapangan yang telah memberikan arahan dan masukan dalam penyusunan proposal ini.
8. Bapak, Ibu dan Kakak penulis yang telah memberikan dukungan, nasihat, serta doa agar penulis senantiasa diberi kelancaran dalam melaksanakan Penelitian ini.
9. Serta semua pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan sehingga proposal ini dapat terlaksana dengan baik.

Penulis menyadari bahwa proposal ini masih jauh dari kata sempurna, sehingga penulis mohon maaf atas kekurangan dalam segi penulisan, penyusunan dan pembahasan yang ada dalam proposal ini. Besar harapan penulis untuk proposal ini yaitu semoga proposal ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Malang, 20 November 2023

Penulis

## DAFTAR ISI

|                                                           |              |
|-----------------------------------------------------------|--------------|
| <b>COVER .....</b>                                        | <b>i</b>     |
| <b>HALAMAN PENGAJUAN .....</b>                            | <b>ii</b>    |
| <b>HALAMAN PERSETUJUAN .....</b>                          | <b>iii</b>   |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>                           | <b>iv</b>    |
| <b>PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN .....</b>                  | <b>v</b>     |
| <b>MOTTO .....</b>                                        | <b>vi</b>    |
| <b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>                          | <b>vii</b>   |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>                                | <b>viii</b>  |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>                                    | <b>x</b>     |
| <b>DAFTAR GAMBAR .....</b>                                | <b>xii</b>   |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                                 | <b>xiii</b>  |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>                              | <b>xiv</b>   |
| <b>ABSTRAK.....</b>                                       | <b>xv</b>    |
| <b>ABSTRACT .....</b>                                     | <b>xvi</b>   |
| <b>مستخلص البحث.....</b>                                  | <b>xvii</b>  |
| <br><b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>                         | <br><b>1</b> |
| 1.1 Latar Belakang .....                                  | 1            |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                                 | 5            |
| 1.3 Tujuan.....                                           | 5            |
| 1.4 Batasan Masalah.....                                  | 5            |
| 1.5 Manfaat.....                                          | 6            |
| <br><b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>                  | <br><b>7</b> |
| 2.1 Sesar ( <i>Fault</i> ) .....                          | 7            |
| 2.2 Geologi Daerah Penelitian.....                        | 9            |
| 2.2.1 Fisiografi .....                                    | 10           |
| 2.2.2 Stratigrafi.....                                    | 11           |
| 2.3 Metode Gravitasi .....                                | 13           |
| 2.3.1 Hukum Gravitasi Newton .....                        | 13           |
| 2.3.2 Potensial Gravitasi .....                           | 15           |
| 2.4 Koreksi dalam Metode Gravitasi.....                   | 17           |
| 2.4.1 Koreksi Bouguer .....                               | 17           |
| 2.4.2 Koreksi Medan .....                                 | 18           |
| 2.5 Anomali Bouguer .....                                 | 19           |
| 2.6 Densitas Batuan.....                                  | 21           |
| 2.7 Analisis Spektrum .....                               | 22           |
| 2.8 <i>Moving Average</i> .....                           | 23           |
| 2.9 Metode <i>First Horizontal Derivative</i> (FHD) ..... | 24           |
| 2.10 Metode <i>Second Vertical Derivative</i> (SVD) ..... | 24           |
| 2.11 Forward Modelling.....                               | 25           |

|                                                     |                                                |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| <b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>              | <b>Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.26</b> |
| 3.1 Jenis Penelitian .....                          | 26                                             |
| 3.2 Waktu dan Tempat Penelitian .....               | 26                                             |
| 3.3 Alat dan Bahan .....                            | 27                                             |
| 3.4 Prosedur Penelitian .....                       | 27                                             |
| 3.4.1 Studi Literatur .....                         | 27                                             |
| 3.4.2 Pengambilan Data .....                        | 27                                             |
| 3.4.3 Pengolahan Data.....                          | 28                                             |
| 3.5 Diagram Alir .....                              | 32                                             |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>             | <b>33</b>                                      |
| 4.1 Topografi Wilayah Penelitian .....              | 33                                             |
| 4.2 Pengolahan Data.....                            | 34                                             |
| 4.2.1 Anomali Bouguer Lengkap (ABL) .....           | 35                                             |
| 4.2.2 Analisis Spektrum .....                       | 36                                             |
| 4.2.3 Pemisahan Anomali Regional dan Residual ..... | 39                                             |
| 4.2.4 Analisis <i>Derivatif</i> .....               | 42                                             |
| 4.3 Hasil Pemodelan Penampang 2D .....              | 45                                             |
| 4.3.1 Pemodelan Lintasan A-B.....                   | 46                                             |
| 4.4 Kajian Keislaman .....                          | 48                                             |
| <b>BAB V PENUTUP.....</b>                           | <b>51</b>                                      |
| 5.1 Kesimpulan.....                                 | 51                                             |
| 5.2 Saran .....                                     | 51                                             |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>                          | <b>52</b>                                      |
| <b>LAMPIRAN.....</b>                                | <b>54</b>                                      |

## DAFTAR GAMBAR

|             |                                                                                                                                                            |    |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.1  | Komponen Sesar (Nicolia dan Thomas Plenefisch, 2021). ....                                                                                                 | 8  |
| Gambar 2.2  | Peta Geologi Lembar Surabaya dan Sapulu Jawa (Sukardi, 1992). .                                                                                            | 9  |
| Gambar 2.3  | Fisiografi Pulau Jawa (Van Bemmelen, 1949 dalam Akbar, 2021)10                                                                                             |    |
| Gambar 2.4  | Satuan Peta Stratigrafi (Sukardi, 1992).....                                                                                                               | 13 |
| Gambar 2.5  | Potensial Gravitasi Akibat Suatu Benda Bermassa (Telford, 1990)..<br>.....                                                                                 | 16 |
| Gambar 2.6  | Ilustrasi efek bouguer di titik pengukuran B dengan titik A sebagai<br>datum ( <a href="http://www.ucl.ac.uk/EarthSci/">www.ucl.ac.uk/EarthSci/</a> )..... | 18 |
| Gambar 2.7  | Hammer Chart (Long & Kaufmann, 2010). ....                                                                                                                 | 19 |
| Gambar 2.8  | Kurva $\ln A$ terhadap $K$ (Blakely, 1996).....                                                                                                            | 23 |
| Gambar 3.1  | Peta Lokasi Penelitian .....                                                                                                                               | 26 |
| Gambar 3.2  | Diagram Alir .....                                                                                                                                         | 32 |
| Gambar 4.1  | Topografi Daerah Penelitian .....                                                                                                                          | 33 |
| Gambar 4.2  | Grafik Densitas Parasnis Daerah Penelitian .....                                                                                                           | 34 |
| Gambar 4.3  | Anomali Bouguer Lengkap Daerah Penelitian.....                                                                                                             | 35 |
| Gambar 4.4  | Grid Line Peta Anomali Bouguer Lengkap .....                                                                                                               | 36 |
| Gambar 4.5  | Kurva Analisis Spektrum Pada Lintasan 5 .....                                                                                                              | 38 |
| Gambar 4.6  | Peta Anomali Regional .....                                                                                                                                | 40 |
| Gambar 4.7  | Peta Anomali Residual .....                                                                                                                                | 41 |
| Gambar 4.8  | Peta Kontur FHD Daerah Penelitian .....                                                                                                                    | 43 |
| Gambar 4.9  | Peta Kontur SVD Daerah Penelitian .....                                                                                                                    | 44 |
| Gambar 4.10 | Analisis Derrivative Lintasan A-B .....                                                                                                                    | 44 |
| Gambar 4.11 | Pemodelan 2 Dimensi Lintasan A-B .....                                                                                                                     | 47 |

## **DAFTAR TABEL**

|           |                                                        |    |
|-----------|--------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2.1 | Nilai Densitas Batuan (Telford dkk., 1990).....        | 21 |
| Tabel 4.1 | Data Hasil Slicing Pada Lintasan 5.....                | 37 |
| Tabel 4.2 | Kedalaman Optimum Anomali Hasil Analisis Spektrum..... | 38 |
| Tabel 4.3 | Hasil Analisis Grafik FHD dan SVD Lintasan A-B.....    | 45 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|            |                              |    |
|------------|------------------------------|----|
| Lampiran 1 | Data Penelitian.....         | 55 |
| Lampiran 2 | Kurva analisis spektrum..... | 73 |

## ABSTRAK

Wasito, Dwi Warni Saputeri, 2024. **Identifikasi Sesar dan Pemodelan Struktur Bawah Permukaan Di Wilayah Bangkalan Berdasarkan Data Anomali Gravitasi Bumi**. Skripsi. Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Dosen Pembimbing: (I) Drs. Abdul Basid, M.Si (II) Ahmad Abtokhi, M. Pd

---

**Kata Kunci:** Metode Gravitasi, Sesar, FHD, SVD

Pulau Madura mempunyai banyak sesar aktif yang belum terpetakan, salah satunya di Kabupaten Bangkalan. Keberadaan sesar ini, berpotensi menyebabkan sebuah gempa. Mengidentifikasi keberadaan sesar dan pemodelan struktur bawah permukaan dibutuhkan sebuah metode geofisika, yaitu metode gravitasi bumi. Tujuan dari penelitian ini, yaitu untuk menentukan jenis sesar dan mengetahui struktur bawah permukaan yang terindikasi sesar di daerah Bangkalan dengan menggunakan metode gravitasi bumi. Lokasi penelitian berada pada koordinat  $112^{\circ}40'30''$  -  $113^{\circ}8'30''$  BT dan  $6^{\circ}57'27''$  -  $7^{\circ}11'21''$  LS dengan luas area 50 km x 25 km serta spasi antar titik sebesar 1800 m. Data penelitian berupa *Free Air Anomaly* (FAA) dan topografi yang diperoleh dari satelit TOPEX. Data tersebut dilakukan koreksi Bouguer dan koreksi medan untuk memperoleh nilai Anomali Bouguer Lengkap (ABL). Berdasarkan hasil analisis grafik FHD dan SVD diketahui bahwa jenis sesar yang ada di Kabupaten Bangkalan adalah sesar turun dikarenakan menunjukkan nilai mutlak SVD maksimum lebih besar daripada nilai mutlak SVD minimum. Berdasarkan hasil pemodelan penampang 2 dimensi diketahui bahwa struktur geologi bawah permukaan Kabupaten Bangkalan didominasi oleh batuan sedimen yaitu formasi pamekasan dengan densitas 1,65 gr/cm<sup>3</sup>, formasi madura dengan densitas 2,45 gr/cm<sup>3</sup>, dan formasi watukoceng dengan densitas 2,67 gr/cm<sup>3</sup>.

## ABSTRACT

Wasito, Dwi Warni Saputeri, 2024. **Fault Identification and Subsurface Structure Modeling in Bangkalan Region Based on Earth Gravity Anomaly Data**. Thesis. Department of Physics, Faculty of Science and Technology, State Islamic University, Maulana Malik Ibrahim Malang. Advisors: (I) Drs. Abdul Basid, M.Si (II) Ahmad Abtokhi, M. Pd

---

**Keyword:** Gravity Method, Fault, FHD, SVD

Madura Island has many active faults that have not been mapped, one of which is in Bangkalan Regency. The existence of this fault has the potential to cause an earthquake. Identifying the presence of faults and modeling subsurface structures requires a geophysical method, namely the earth gravity method. This study aims to determine the type of fault and the subsurface structure indicated by faults in the Bangkalan area using the earth gravity method. The research location is at coordinates  $112^{\circ}40'30''$  -  $113^{\circ}8'30''$  East and  $6^{\circ}57'27''$  -  $7^{\circ}11'21''$  LS with an area of 50 km x 25 km and 1800 m spacing between points. Research data in the form of Free Air Anomaly (FAA) and topography obtained from the TOPEX satellite. The data were subjected to Bouguer and terrain correction to obtain the Complete Bouguer Anomaly (ABL) value. Based on the results of the FHD and SVD graph analysis, it is known that the type of fault in Bangkalan Regency is a descending fault because it shows the maximum SVD absolute value is greater than the minimum SVD absolute value. Based on the results of 2-dimensional cross-section modeling, it is known that the subsurface geological structure of Bangkalan Regency is dominated by sedimentary rocks, namely the pamekasan formation with a density of 1.65 gr/cm<sup>3</sup>, madura formation with a density of 2.45 gr/cm<sup>3</sup>, and watukoceng formation with a density of 2.67 gr/cm<sup>3</sup>.

## مستخلص البحث

واسيتو، دوي وارني سابوتيري، 2024. تحديد الصدع ونمذجة البنية تحت السطحية في منطقة بانغالان استناداً إلى بيانات شذوذ جاذبية الأرض. الأطروحة. قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم مالانج الإسلامية الحكومية. المستشاران: (الأول) د. عبد الباسط، م. س. (الثاني) أحمد أبطوخي، م

كاتا كونتشي: طريقة الجاذبية، والصدع، والصدع والصدع العالي الدقة، والصدع المنخفض الارتفاع، والصدع المنخفض الارتفاع

يوجد في جزيرة مادورا العديد من التصدعات النشطة التي لم يتم رسم خرائطها، ويقع أحدها في محافظة بانغالان. ومن المحتمل أن يتسبب وجود هذا الصدع في حدوث زلزال. ويتطلب تحديد وجود الصدوع ونمذجة الهياكل تحت السطحية طريقة جيوفيزيائية، وهي طريقة الجاذبية الأرضية. والغرض من هذه الدراسة هو تحديد نوع الصدع وتحديد البنية تحت السطحية التي تشير إليها الصدوع في منطقة بانغالان باستخدام طريقة الجاذبية الأرضية. ويقع موقع البحث عند الإحداثيات  $112^{\circ}30'30''$  -  $113^{\circ}8'30''$  بمساحة  $50 \text{ كم} \times 25 \text{ كم}$  ومسافة 1800 متر بين النقاط. بيانات LS "شرقاً و  $6^{\circ}27'57''$  -  $7^{\circ}11'21''$  والتضاريس التي تم الحصول عليها من القمر الصناعي (FAA) البحث في شكل شذوذ الهواء الحر خضعت البيانات لتصحيح بوغر وتصحيح التضاريس للحصول على قيمة شذوذ بوغر الكامل. TOPEX. استناداً إلى نتائج تحليل الرسم البياني للصدع في منطقة بانغالان هو صدع تنازلي لأنه يُظهر أن (ABL) القيمة المطلقة القصوى للتصدع الهبوطي في منطقة بانغالان أكبر من القيمة المطلقة الدنيا للتصدع الهبوطي في منطقة بانغالان. استناداً إلى نتائج نمذجة المقطع العرضي ثنائي الأبعاد، من المعروف أن التركيب الجيولوجي تحت السطحي في محافظة بانجالان تهيمن عليه الصخور الرسوبية، وهي تشكيل بامكاسان بكثافة 1.65 غرام/سم مكعب، وتشكيل مادورا بكثافة 2.45 غرام/سم مكعب، وتشكيل واتوكوسينج بكثافة 2.67 غرام/سم مكعب

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah salah satu negara yang secara geografis terletak di antara tiga lempeng tektonik besar, yaitu lempeng Indo-Australia, Eurasia dan lempeng pasifik. Pertemuan tiga lempeng tersebut, menyebabkan Indonesia memiliki banyak sesar, baik aktif maupun yang tidak aktif. Hal ini dikarenakan ketiga lempeng tersebut saling menumbuk satu sama lain. Selain itu, Indonesia juga termasuk dalam kepulauan yang berada pada area “*Ring of Fire*” (Cincin Api Pasifik). Area inilah yang menyebabkan Indonesia sering mengalami gempa bumi hingga gunung meletus.

Gejala alam adalah peristiwa yang terjadi di alam secara alami tanpa campur tangan manusia. Salah satu gejala alam yang terjadi, yaitu gempa bumi, tsunami, letusan gunung berapi. Semua gejala alam ini sudah dijelaskan dalam Al-Qur'an Surah Al-Zalzalah/99:2-3

إِذَا زُلْزِلَتِ الْأَرْضُ زِلْزَالَهَا (١) وَأُخْرِجَتِ الْأَرْضُ أَثْقَالَهَا (٢) وَقَالَ الْإِنْسَانُ مَالَهَا (٣)

Artinya: “Apabila bumi digoncangkan dengan goncangan (yang dahsyat). (QS. 99:1) dan bumi telah mengeluarkan beban-beban berat (yang dikandung-nya). (QS. 99:2) dan manusia bertanya: “Mengapa bumi (menjadi begini)?. (QS. 99:3)”.

Berdasarkan ayat di atas, Buya Hamka menafsirkan bahwa gempa ini terjadi diseluruh daratan yang ada di bumi. Peristiwa ini tidak hanya disebabkan oleh letusan gunung berapi, melainkan bumi seluruhnya telah terguncang dari orbitnya atas matahari. Guncangan tersebut, menjadikan bumi mengeluarkan semua isinya

tanpa terkecuali. Sehingga membuat semua manusia pada waktu itu merasa gugup dan kebingungan (Hamka, 2015).

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) menyatakan bahwa Pulau Madura termasuk dalam wilayah rawan gempa karena letaknya berada di dalam zona jalur sesar RMKS (Rembang, Madura, Kangean, Sakala). Banyak catatan sejarah yang menjadi bukti bahwa sesar tersebut pernah memicu gempa yang signifikan dan merusak. Seperti pada tanggal 11 Oktober 2018 terjadi gempabumi di Kabupaten Sumenep, Madura dengan kekuatan magnitudo 6,4 SR. Berdasarkan Pemerintah Kabupaten Sumenep, gempa ini menyebabkan 500 rumah rusak, 46 orang luka berat dan luka ringan, dan 4 orang meninggal dunia (BPBD kab. Sumenep, 2018).

Banyak sesar aktif di Pulau Madura yang belum terpetakan, salah satunya di Kabupaten Bangkalan. Keberadaan sesar ini, berpotensi menyebabkan sebuah gempa. Seperti pada tanggal 4 Agustus 2023 pukul 07.31 WIB, terjadi gempa bumi di wilayah Laut Jawa, Bangkalan, Jawa timur dengan kekuatan magnitude 5,5 SR. Getaran gempa dirasakan hingga ke Pacitan dan Denpasar. Menurut Kepala Pusat Gempa Bumi dan Tsunami BMKG, Daryono mengatakan bahwa gempa Bangkalan terjadi adanya deformasi batuan atau tarikan pada lapisan bumi dilihat dari kedalaman dan episenter. Selain itu, gempa bumi tersebut memiliki mekanisme pergerakan turun (*normal fault*) (BMKG, 2023).

Sesar adalah salah satu bentuk patahan dari lapisan batuan yang mengakibatkan suatu lapisan bergerak relatif turun atau naik, atau bergerak kekanan atau kekiri terhadap lapisan batuan yang lain. Pergerakan tersebut mulai dari beberapa milimeter hingga puluhan kilometer, sedangkan bidang sesarnya mulai dari yang berukuran beberapa centimeter hingga puluhan kilometer (Billing, 1959). Sesar dapat diakibatkan oleh beberapa faktor, seperti tumbukan lempeng tektonik, aktivitas gunung berapi, dan erosi.

Sesar atau patahan yang memiliki aktifitas pergeseran atau pergerakan yang aktif terjadi disebut dengan sesar aktif. Pergerakan sesar aktif inilah yang mampu memicu terjadinya gempa bumi. Sesar dan karakteristik geometri, kinematika dan dinamikanya sangat penting bagi pemahaman dan prediksi bahaya gempa bumi. Disamping itu, sesar atau patahan memiliki peran kunci dalam migrasi fluida di banyak reservoir minyak dan gas.

Mengidentifikasi keberadaan sesar dan pemodelan struktur bawah permukaan dibutuhkan sebuah metode geofisika. Salah satu metode geofisika yang dapat digunakan yaitu metode gravitasi bumi atau biasanya dikenal dengan nama metode gaya berat. Metode ini merupakan metode geofisika pasif karena pengukuran dilakukan tanpa perlu melakukan injeksi atau perlakuan terhadap bumi. Metode ini sering digunakan dalam eksplorasi terutama dalam menentukan struktur geologi dibawah permukaan. Kelebihan dari metode ini adalah dapat memberikan gambaran kontras densitas batuan dengan baik. Sehingga metode ini sangat efektif digunakan dalam menentukan keberadaan struktur geologi seperti sesar, cekungan, graben, ataupun kaldera. Untuk memperjelas keberadaan struktur geologi di bawah permukaan dibutuhkan sebuah metode lanjutan yang bertindak sebagai filter disebut analisis derivatif.

Analisis derivatif yang digunakan, yaitu *first horizontal derivative* (FHD) dan *second vertical derivative* (SVD). FHD merupakan turunan pertama dari anomali gravitasi yang digunakan untuk menentukan batas suatu struktur patahan. Sementara itu, SVD merupakan turunan kedua anomali gravitasi setelah FHD. Digunakan untuk memperjelas resolusi anomali di dekat permukaan agar semakin terlihat perbedaan nilai anomali yang dihasilkan dan dapat menentukan jenis patahan. Setelah itu, memodelkan struktur bawah permukaan secara dua dimensi di *software oasis montaj*.

Sebagaimana penelitian yang telah dilakukan oleh Relly Margiono, dkk (2021) mengenai identifikasi sesar lokal di Barat Daya Sumba menggunakan analisis data Gravitasi. Dari hasil penelitian ini, persebaran nilai anomali tinggi berada di Selatan (zona subduksi) dan bagian

Timur Laut, sedangkan anomali rendah berada di bagian Tengah. Selain itu, dengan menggunakan analisis derivative (FHD dan SVD) menunjukkan struktur sesar di wilayah Barat Daya Sumba memiliki karakteristik sesar turun.

Penelitian selanjutnya, dilakukan oleh Hikmatul Maulidah, dkk (2022) terkait identifikasi sesar grindulu dengan metode gravitasi. Hasil dari penelitian ini, yaitu Sesar Grindulu besar kemungkinan berada pada posisi dalam rentang koordinat  $111,1^{\circ}$  sampai  $111,3^{\circ}$  BT dan  $8,1^{\circ}$  sampai  $8,2^{\circ}$  LS dengan orientasi arah sepanjang garis NE – SW. Selain itu, hasil dari analisis plot grafik SVD menunjukkan bahwa jenis Sesar Grindulu merupakan kombinasi antara sesar turun dan sesar geser (sesar mendatar).

Peneliti berharap dengan pendekatan metode gravitasi ini, dapat mengetahui keberadaan dan jenis sesar di Kabupaten Bangkalan. Mengetahui keberadaan dan jenis sesar dapat meminimalkan risiko bencana gempa bumi yang mungkin terjadi di wilayah Kabupaten Bangkalan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana menentukan jenis sesar yang berada di daerah Bangkalan dengan menggunakan metode gravitasi?
2. Bagaimana struktur bawah permukaan di daerah terindikasi sesar dengan menggunakan metode gravitasi?

## **1.3 Tujuan**

Tujuan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan jenis sesar yang ada di daerah Bangkalan berdasarkan data anomali gravitasi bumi.
2. Mengetahui struktur bawah permukaan di daerah terindikasi sesar dengan menggunakan data anomali gravitasi bumi.

#### **1.4 Batasan Masalah**

Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini dilakukan di Kabupaten Bangkalan, Madura dengan titik koordinat  $112^{\circ}40'30''$  -  $113^{\circ}8'30''$  BT serta  $6^{\circ}57'27''$  -  $7^{\circ}11'21''$  LS.
2. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode gaya berat atau gravitasi dengan menganalisis pola anomali bouguer.
3. Data yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh melalui satelit TOPEX.
4. Dalam menentukan dan mengidentifikasi struktur menggunakan data SVD dan FHD.

#### **1.5 Manfaat**

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat dijadikan referensi untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan topik atau objek yang sama.
2. Dapat memberikan informasi mengenai gambaran struktur bawah permukaan berdasarkan data anomali gravitasi bumi.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Sesar (*Fault*)

Sesar merupakan suatu rekahan pada batuan yang mengalami pergeseran melalui bidang rekahnya. Pergeseran tersebut bisa terjadi beberapa centimeter atau dapat juga ratusan kilometer. Secara umum, sesar atau patahan dapat terbentuk akibat dari adanya qgaya pada batuan (dapat berupa gaya yang menekan, gaya yang menarik, maupun kombinasi keduanya) sehingga batuan tidak mampu lagi menahan gaya tersebut. Dikarenakan sesar atau patahan berupa area, maka biasanya sesar atau patahan disebut dengan zona sesar atau bidang sesar. Daerah dengan sesar yang masih aktif bergerak merupakan daerah yang rawan terjadi gempa bumi. Gempa bumi merupakan bencana alam yang umum dialami makhluk hidup di bumi. Sebagaimana firman Allah pada Surah Al-A'raf ayat 78, yaitu:

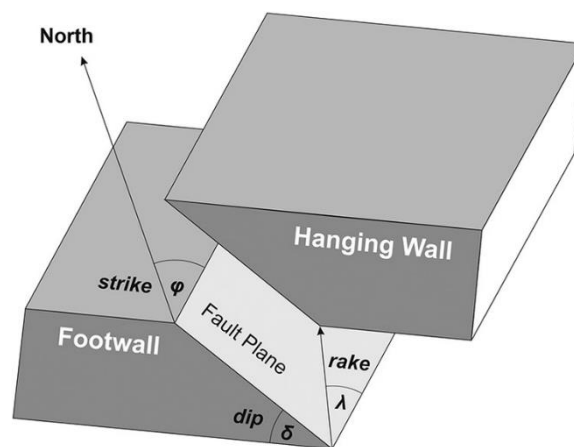
فَأَخَذَتْهُمُ الرَّجْفَةُ فَأَصْبَحُوا فِي دَارِهِمْ جِثِيمِينَ ﴿٧٨﴾

Artinya: “Maka, gempa (dahsyat) menimpa mereka sehingga mereka menjadi (mayat-mayat yang) bergelimpangan di dalam (reruntuhan) tempat tinggal mereka.” (Q.S. Al-A'raf [78]:8).

Ayat di atas menjelaskan bahwa Allah telah menurunkan sebuah azab berupa gempa dan petir yang dahsyat sehingga bangunan-bangunan yang ada di sekitar hancur. Tidak hanya itu, manusia mati binasa, mayat-mayat mereka bergelimpangan di dalam reruntuhan puing-puing rumah mereka. Hal ini dikarenakan kesombongan dan perbuatan manusia yang melampaui batas dan menantang Nabi Saleh.

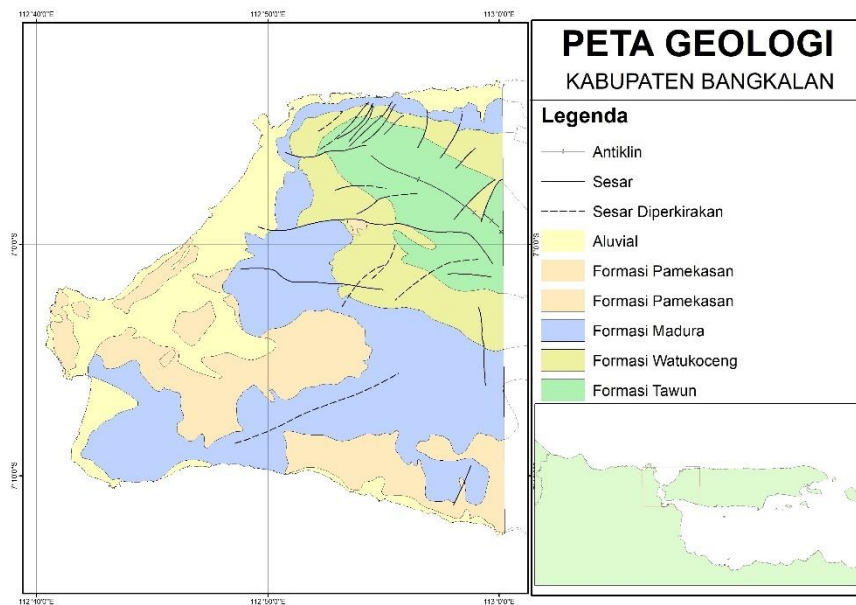
Unsur geometri sesar dapat dibagi menjadi beberapa komponen, yaitu:

1. Bidang sesar adalah bidang rekahan tempat terjadinya pergeseran, yang kedudukannya dinyatakan dengan jurus dan kemiringan.
2. *Hanging wall* adalah bagian terpatokkan yang berada di atas bidang sesar.
3. *Foot wall* adalah bagian terpatokkan yang berada di bawah bidang sesar.
4. Throw adalah besaran pergeseran vertikal pada sesar.
5. Heave adalah besaran pergeseran horizontal pada sesar.
6. *Slip* adalah pergeseran relatif sebenarnya.
7. *Separation* adalah pergeseran relatif semu.
8. Jurus sesar (*strike of fault*) adalah arah garis perpotongan bidang sesar dengan bidang horizontal dan biasanya diukur dari arah utara.
9. Kemiringan sesar (*dip of fault*) adalah sudut yang dibentuk antara bidang sesar dengan bidang horizontal, diukur tegak lurus *strike*.
10. *Net slip* adalah pergeseran relatif suatu titik yang semula berimpit pada bidang sesar akibat adanya sesar.
11. *Rake* adalah sudut yang dibentuk oleh *net slip* dengan *strike slip* (pergeseran horizontal searah jurus) pada bidang sesar.



**Gambar 2.1** Komponen Sesar (Nicolia dan Thomas Plenefisch, 2021).

## 2.2 Geologi Daerah Penelitian



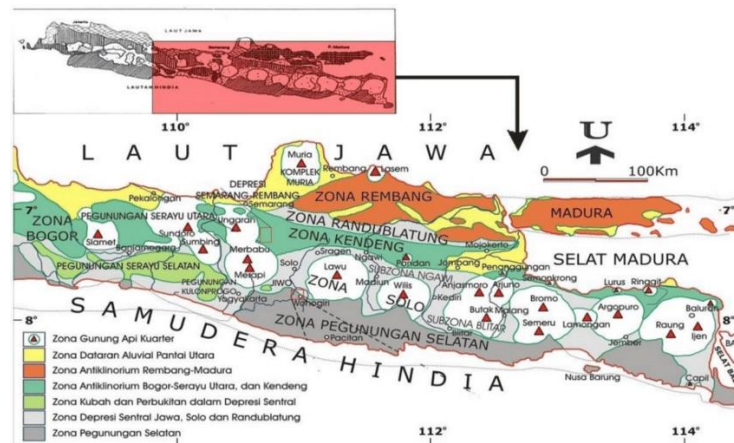
**Gambar 2.2** Peta Geologi Lembar Surabaya dan Sapulu Jawa (Sukardi, 1992)

Madura merupakan salah satu pulau di Provinsi Jawa Timur dengan jumlah penduduk yang cukup padat yakni 3.841.386 jiwa (Badan Pusat Statistik, 2018). Menurut struktur geologinya, Pulau Madura terdiri dari struktur lipatan yaitu: antiklin sumberwaru, antiklin tempajung, antiklin batuputih, antiklin kartagena, antiklin gibang, siklin eden, dan siklin pakong. Selain itu, di Pulau Madura terdapat beberapa sesar aktif yang berupa sesar naik, sesar geser jurus, dan sesar normal. Pemukiman penduduk di Pulau Madura terkonsentrasi pada wilayah Pesisir yang secara geologi memiliki formasi berupa endapan alluvium (Anjasmara & Muthmainnah, 2018).

Penelitian ini berada di daerah Kabupaten Bangkalan bagian Selatan, tepatnya pada koordinat 112°40' 30" - 113°8'30" Bujur Timur serta 6°57' 27" - 7°11' 21" Lintang Selatan. Secara geologi, kabupaten Bangkalan terdiri atas empat macam batuan, yaitu alluvium, pleistosen fase sedimen, pleistosen fase gamping dan

meiosin fase sedimen. Selain itu, kabupaten Bangkalan memiliki beberapa sesar atau patahan yang ditunjukkan pada Gambar 2.2.

### 2.2.1 Fisiografi



**Gambar 2.3** Fisiografi Pulau Jawa (Van Bemmelen, 1949 dalam Akbar, 2021)

Fisiografi Jawa Timur dan Madura secara umum dapat dikelompokkan menjadi empat zona yaitu zona Rembang-Madura, zona Kendeng, busur vulkanik saat ini dan zona pegunungan Selatan.

- Zona Rembang-Madura merupakan pegunungan terlipat dan membentuk anticlinorium memanjang arah barat-timur mulai dari Purwodadi, Jawa Tengah menerus ke daerah Tuban-Surabaya dan berakhir di Pulau Madura. Zona ini ditempati oleh sedimen klastik laut dangkal dan karbonat yang luas.
- Zona Kendeng merupakan anticlinorium yang memanjang mulai dari Semarang ke arah timur sampai Surabaya. Zona ini pada umumnya dibentuk oleh endapan vulkanik, batupasir, batulempung dan napal.
- Busur vulkanik saat ini menempati bagian tengah Jawa Timur merupakan zona jajaran gunung api aktif saat ini yang memanjang dari barat ke timur dari Gunung Slamet, Sindoro, Merapi, Kelud, Semeru hingga Gunung Ijen.

- Zona Pegunungan Selatan merupakan busur vulkanik Eosen – Miosen yang terdiri atas endapan silisiklastik, vulkaniklastik, batuan karbonat dan vulkanik dengan kemiringan lapisan yang seragam ke arah selatan. Zona ini memanjang dari barat ke timur yaitu dari Wonosari, Yogyakarta hingga daerah Blambangan, Jawa Timur. Zona ini umumnya mempunyai topografi yang dibentuk oleh batugamping, vulkanik dan sering dijumpai gejala karst.

### 2.2.2 Stratigrafi

Menurut Sukardi (1992), secara geologi regional, wilayah Madura bagian barat terdiri dari formasi-formasi yang secara berurutan dari muda ke tua adalah alluvium (Qa), formasi pamekasan (Qpp), formasi madura (Tmpm), formasi watukoceng (Tmw), formasi tawun (Tmt).

#### a. Alluvium

Endapan alluvium terdiri dari lempung, lanau, pasir, kerikil dan kerakal, secara setempat dijumpai fragmen fosil.

#### b. Formasi Pamekasan

Pada Pliosen Akhir hingga Plistosen Awal terjadi pengangkatan dan erosi sepanjang jalur Rembang-Madura. Tidak terjadi pengendapan pada wilayah ini. Hasil erosi menghasilkan mud-prone dalam jumlah besar. Kemudian, terjadi penurunan di sebagian tempat pada Plistosen Akhir yang diikuti pengendapan Formasi Pamekasan, yang terendapkan pada lingkungan peralihan antara darat dan litoral. Formasi ini diduga mengalami pengangkatan pada kala Holosen. Formasi Pamekasan tersusun oleh batupasir, batulempung, dan konglomerat berfragmen utama batugamping.

c. Formasi Madura

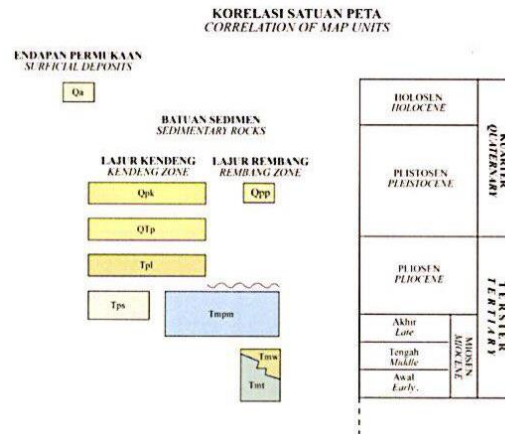
Menurut Satyana, dkk. 2004, pada kala Miosen Akhir hingga Pliosen Awal terjadi penurunan cekungan secara regional dan transgresi, sehingga terbentuk paparan laut dangkal dan terjadilah pengendapan karbonat yang cukup luas. Pada kala inilah Formasi Madura terendapkan dan berkembang hingga lajur kendeng. Formasi Madura tersusun oleh batugamping kapuran dan batugamping terumbu.

d. Formasi Watukoceng

Formasi Watukoceng berumur Miosen Awal-Miosen Tengah dimana bagian atas tersusun oleh selang seling napal pasiran dengan batugamping. Sementara bagian bawah Formasi Watukoceng tersusun oleh batupasir kuarsa bersisipan batugamping Orbitoid dan batupasir berlapis tipis, setempat terdapat batugamping kalkarenit.

e. Formasi Tawun

Di bawah Formasi Watukoceng secara selaras terendapkan Formasi Tawun yang berumur Plistosen. Formasi ini, tersusun oleh batulempung gampingan di bagian bawah dan napal pasiran bersisipan batugamping serta batupasir gampingan. Formasi Tawun dan Formasi Watukoceng bertumpangan secara selaras dan memiliki ketebalan sekitar 200 meter. Menurut Brouwer, 1917 formasi tawun tersusun oleh batuan Napal pasiran bersisipan batugamping dan batupasir gampingan. Nama lain dari Formasi Tawun Adalah Formasi Tuban.



**Gambar 2.4** Satuan Peta Stratigrafi (Sukardi, 1992)

## 2.3 Metode Gravitasi

Metode gravitasi merupakan metode geofisika pasif yang memiliki besaran vector (memiliki arah) dengan memanfaatkan medan gravitasi untuk menentukan jenis batuan di bawah permukaan berdasarkan nilai densitas (Telford, 1990). Metode ini sensitif terhadap benda yang mempunyai perbedaan massa jenis dengan material sekitar di bawah permukaan bumi. Medan gravitasi yang terukur di permukaan bumi dipengaruhi oleh perubahan topografi, bentuk dan rotasi bumi, serta pasang surut bumi. Oleh karena itu, pengaruh tersebut perlu dihilangkan agar data gravitasi yang dibaca dapat menginterpretasikan kondisi bawah permukaan bumi dengan tepat (Toushmalani, 2010). Metode gravitasi ini biasa digunakan untuk mempelajari batuan dasar, struktur geologi, lubang di dalam massa batuan, shaft terpendam, dan lain-lain. Pengetahuan tentang struktur bawah permukaan ini penting untuk analisis kemandapan serta perencanaan lereng tambang (Arif, Irwandy., 2016).

### 2.3.1 Hukum Gravitasi Newton

Metode gravitasi bergantung pada Hukum Gravitasi Newton yang menyatakan bahwa gaya antara dua buah benda bermassa  $m_1$  dan  $m_2$  yang

terpisah oleh jarak  $r$ , akan sebanding dengan perkalian massa kedua benda tersebut dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak dari pusat massa kedua benda tersebut. Pernyataan ini, dapat dituliskan dengan persamaan sebagai berikut (Bosy, 2016):

$$\vec{F} = G \frac{M.m}{r^2} \hat{r} \quad \dots(2.1)$$

Keterangan:

$F$  = Gaya yang bekerja antara kedua benda (N)

$G$  = Konstanta gravitasi ( $6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$ )

$M$  dan  $m$  = Massa benda (kg)

$r$  = Jarak yang memisahkan kedua benda (m)

$\hat{r}$  = Vektor satuan arah  $r$

### 2.3.1 Percepatan Gravitasi

Dalam pengukuran gaya berat yang diukur bukan gaya gravitasi  $F$ , melainkan percepatan gravitasi  $g$ . Hubungan antara kedua parameter tersebut dapat dijelaskan dengan Hukum Newton II yang menyatakan bahwa sebuah gaya adalah hasil perkalian dari massa dengan percepatan gravitasi, atau dapat dirumuskan sebagai berikut (Bosy, 2016):

$$\vec{F} = m \cdot \vec{g} \quad \dots(2.2)$$

Interaksi antara bumi (bermassa  $M$ ) dengan benda di permukaan bumi (bermassa  $m$ ) sejauh jarak  $R$  dari pusat keduanya juga memenuhi hukum newton. Interpretasi dari survei gravitasi bumi didasarkan dari hubungan kedua massa tersebut, sehingga dari persamaan 2.1 dan 2.2 diatas diperoleh (Bosy, 2016):

$$G \frac{M.m}{r^2} \hat{r} = m \cdot \vec{g}$$

$$\vec{g} = \frac{G \frac{M.m}{r^2} \hat{r}}{m}$$

$$g = G \frac{M}{R^2} \quad \dots(2.3)$$

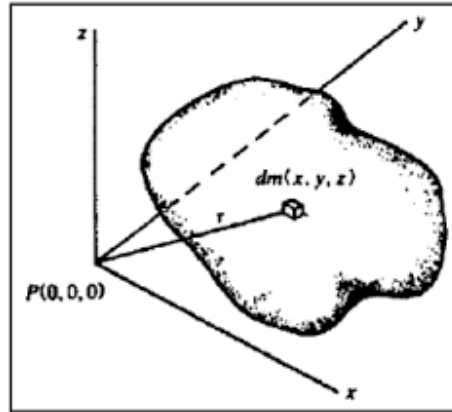
dimana satuan g adalah m/det<sup>2</sup> dalam SI, atau Gal (Galileo), yaitu 1 cm/det<sup>2</sup>. Karena pengukuran dilakukan dalam variasi percepatan gravitasi yang begitu kecil, maka satuan yang sering digunakan adalah miliGal (mGal).

Persamaan 2.3 menunjukkan bahwa besarnya percepatan yang disebabkan oleh gravitasi di bumi (g) adalah berbanding lurus dengan massa bumi (M) dan berbanding terbalik dengan kuadrat jari-jari bumi (R).

Beberapa faktor yang akan mempengaruhi nilai percepatan gravitasi adalah perbedaan derajat garis lintang (latitude, biasanya variasi dari equator ke kutub sekitar 5000 mGal), perbedaan ketinggian (elevasi, sensitif dengan perbedaan beberapa cm, variasi dari permukaan laut ke puncak Gunung Everest sekitar 2000 mGal), perbedaan topografi (efeknya cukup signifikan, tapi biasa tidak lebih dari 1.0 mGal), pasang surut, variasi densitas secara lateral, efek pergerakan instrumen.

### 2.3.2 Potensial Gravitasi

Untuk memindahkan suatu massa dari sebuah titik ke titik lain, diperlukan sebuah energi yang disebut potensial gravitasi. Benda dengan massa tertentu dalam sistem ruang akan menimbulkan efek medan potensial di sekitarnya.



**Gambar 2.5** Potensial Gravitasi Akibat Suatu Benda Bermassa (Telford, 1990).

Medan potensial tersebut bersifat konservatif, artinya usaha yang dilakukan dalam suatu medan gravitasi tidak tergantung pada lintasan yang ditempuhnya tetapi hanya tergantung pada posisi awal dan akhir saja. Medan potensial dapat dinyatakan sebagai gradien atau potensial scalar (Kurniadi, Yadi., 2017).

$$U(r) = \int_{\infty}^r (\nabla U) \cdot dr$$

$$U(r) = - \int_{\infty}^r \frac{F}{m} dr$$

$$U(r) = - \int_{\infty}^r g \cdot dr$$

$$U(r) = -Gm \int_{\infty}^r \frac{dr}{r^2}$$

$$U(r) = G \frac{m}{r} \quad \dots(2.4)$$

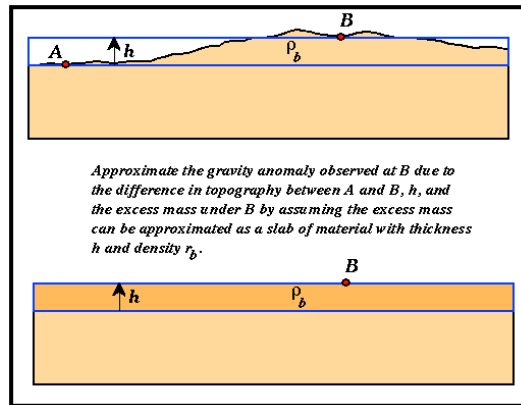
Percepatan gravitasi ( $\vec{g}$ ) merupakan besaran vector yang memiliki besar dan arah sementara itu potensial gravitasi (U) adalah besaran scalar yang hanya memiliki besar saja tanpa arah sehingga turunan pertama dari potensial gravitasi (U) dalam semua arah akan memberikan komponen gravitasi.

## 2.4 Koreksi dalam Metode Gravitasi

Alat ukur gravitasi tidak memberikan nilai anomali gravitasi secara langsung karena dipengaruhi oleh beberapa faktor saat melakukan pengukuran gravitasi di suatu titik di permukaan bumi. Hal tersebut berkaitan dengan bumi yang memiliki relief permukaan yang tidak rata, bentuk bumi yang tidak bulat melainkan mendekati bentuk spheroid, berevolusi dalam sistem matahari, berotasi serta tidak homogen, sehingga percepatan gravitasi di permukaan tidak konstan. Oleh karena itu, untuk mengurangi kesalahan pembacaan nilai gravitasi, maka diperlukan beberapa koreksi yaitu koreksi pasang surut (*tidal*), koreksi apungan (*drift*), koreksi udara bebas (*free air correction*), koreksi bouguer dan koreksi medan (Jarut dkk., 2022).

### 2.4.1 Koreksi Bouguer

Koreksi Bouguer merupakan koreksi ketinggian yang memperhitungkan adanya efek dari massa batuan yang berada diantara bidang datum (geoid) dan titik amat dengan asumsi memiliki jari-jari tak terhingga dengan tebal  $h$  (m) dan densitas  $\rho$  ( $\text{gr/cm}^3$ ) (Pratiwi dkk., 2022). Koreksi bouguer dilakukan karena terdapat massa yang dihilangkan pada koreksi udara bebas. Caranya adalah dengan mengurangi nilai gravitasi yang terbaca di suatu titik pengukuran dengan hasil koreksi bouguer sehingga nilai gravitasi yang diperoleh benar-benar berasal dari tarikan dari densitas objek ukur dibawah permukaan titik ukur dan tidak lagi ada kontribusi dari massa antara titik pengukuran dan titik datum.



**Gambar 2.6** Ilustrasi efek bouguer di titik pengukuran B dengan titik A sebagai datum ([www.ucl.ac.uk/EarthSci/](http://www.ucl.ac.uk/EarthSci/)).

Koreksi bouguer dapat dihitung dengan cara berikut (Maulana & Prasetyo, 2019):

$$BC = 2\pi g \rho h \quad \dots(2.5)$$

$$BC = 0,04193 \rho h \text{ (mgal)}$$

Keterangan:

BC = Bouguer Correction (mgal)

h = Elevasi dalam (m) atau ketinggian titik amat (m)

$\rho$  = Densitas rata-rata pada batuan ( $2,67 \text{ g/cm}^3$ ) atau Rapat massa rata-rata daerah penelitian ( $\text{gr/cm}^3$ )

#### 2.4.2 Koreksi Medan

Koreksi Medan atau *Terrain Correction* digunakan untuk menghilangkan efek massa dari topografi seperti adanya bukit dan lembah di sekitar titik pengamatan. Ketidakteraturan inilah yang akan mempengaruhi pengukuran nilai gravitasi di titik pengamatan. Selain dari kontur yang tidak rata, efek medan ini juga bisa disebabkan oleh adanya gedung-gedung yang berukuran besar dan tinggi di sekitar titik pengukuran.

Perhitungan untuk mencari nilai koreksi medan ada dua cara, yaitu pakai cara manual dan otomatis. Perhitungan dengan cara manual yakni menggunakan *hammer chart*. Hammer chart membagi titik pengamatan dengan beberapa zona dan segmen. Pendekatan yang dilakukan yaitu dengan menggunakan suatu cincin yang berbentuk silinder konsentris. Sedangkan perhitungan dengan cara otomatis menggunakan *software oasis montaj*.

Koreksi medan ini bisa diselesaikan dengan persamaan sebagai berikut (Burger, 1992):

$$TC = 2\pi\gamma\rho \left( (R_2 - R_1) + \sqrt{(R_1^2 - \Delta h^2)} - \sqrt{(R_2^2 - \Delta h^2)} \right) \quad \dots(2.6)$$

Keterangan:

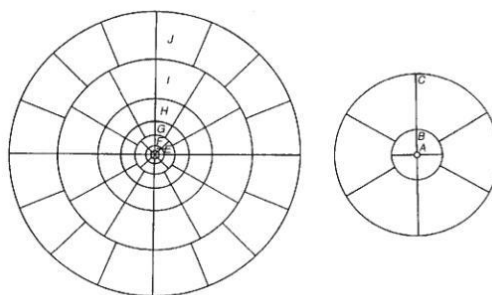
$\gamma$  = Konstanta gravitasi ( $6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2\text{kg}^{-2}$ )

$\rho$  = Densitas rata-rata daerah penelitian ( $\text{kg}^{-3}$ )

$R_2$  = Radius bagian luar masing-masing segment (m)

$R_1$  = Radius bagian dalam masing-masing segment (m)

$\Delta h$  = Beda elevasi dari titik pengamatan (m)



**Gambar 2.7** *Hammer Chart* (Long & Kaufmann, 2010).

## 2.5 Anomali Bouguer

Anomali bouguer merupakan perbedaan harga gravitasi bumi sebenarnya (gravitasi pengamatan di lapangan) dengan harga gravitasi model bumi homogen

teoritis di suatu datum acuan tertentu. Untuk mendapatkan nilai anomali bouguer, hasil pengukuran di lapangan perlu dilakukan koreksi data. Setelah dilakukan koreksi, maka akan diperoleh persamaan anomali bouguer, yaitu (Afni & Kusmita., 2021):

- Anomali Bouguer Sederhana (ABS)

$$ABS = FAA - BC \quad \dots(2.7)$$

- Anomali Bouguer Lengkap (ABL)

$$ABL = ABS + TC \quad \dots(2.8)$$

Keterangan:

ABS = Anomali Bouguer Sederhana

ABL = Anomali Bouguer Lengkap

FAA = Free Air Anomaly

BC = Koreksi Bouguer

TC = Koreksi Medan

Anomali Bouguer terbagi atas dua komponen, yaitu:

1. Anomali regional, anomali yang berhubungan dengan massa homogen. Anomali regional mencerminkan informasi geologi batuan dasar. Dicitrakan sebagai anomali yang berfrekuensi rendah dan biasanya digunakan untuk mendapatkan informasi geologi bawah permukaan yang sangat dalam.
2. Anomali residual, anomali yang berhubungan dengan target eksplorasi. Anomali residual mengandung informasi geologi permukaan daerah penelitian. Diindikasikan sebagai anomali yang berfrekuensi tinggi dan digunakan untuk mendapatkan informasi geologi bawah permukaan yang relatif dangkal lebih dekat ke permukaan bumi.

## 2.6 Densitas Batuan

Densitas batuan secara umum adalah perbandingan antara massa dengan volume total pada batuan tersebut. Densitas batuan dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah kandungan fluida yang mengisi pori-pori, porositas, rapat massa butir pembentuknya, selain itu juga dipengaruhi oleh adanya pemadatan yang terjadi akibat tekanan dan pelapukan pada batuan tersebut.

Nilai densitas setiap batuan memiliki variasi nilai yang berbeda yang dapat dilihat pada Tabel 2.1

**Tabel 2.1** Nilai Densitas Batuan (Telford dkk., 1990)

| Jenis Batuan                                     | Rentang Densitas (Mg/m <sup>3</sup> ) | Rata-Rata (Mg/m <sup>3</sup> ) |
|--------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|
| <b>Batuan Sedimen (<i>Sedimentary Rocks</i>)</b> |                                       |                                |
| <i>Alluvium</i>                                  | 1,96 – 2,00                           | 1,98                           |
| <i>Clay</i>                                      | 1,63 – 2,60                           | 2,21                           |
| <i>Gravel</i>                                    | 1,70 – 2,40                           | 2,00                           |
| <i>Loess</i>                                     | 1,40 – 1,93                           | 1,64                           |
| <i>Silt</i>                                      | 1,80 – 2,20                           | 1,93                           |
| <i>Soil</i>                                      | 1,20 – 2,40                           | 1,92                           |
| <i>Sand</i>                                      | 1,70 – 2,30                           | 2,00                           |
| <i>Sandstone</i>                                 | 1,61 – 2,76                           | 2,35                           |
| <i>Shale</i>                                     | 1,77 – 3,20                           | 2,4                            |
| <i>Limestone</i>                                 | 1,93 – 2,90                           | 2,55                           |
| <i>Dolomite</i>                                  | 2,28 – 2,90                           | 2,70                           |
| <i>Chalk</i>                                     | 1,53 – 2,60                           | 2,01                           |
| <i>Halite</i>                                    | 2,10 – 2,60                           | 2,22                           |
| <i>Glacier ice</i>                               | 0,88 – 0,92                           | 0,90                           |
| <b>Batuan Beku (<i>Igneous Rocks</i>)</b>        |                                       |                                |
| <i>Rhyolite</i>                                  | 2,35 – 2,70                           | 2,52                           |
| <i>Granite</i>                                   | 2,50 – 2,81                           | 2,64                           |

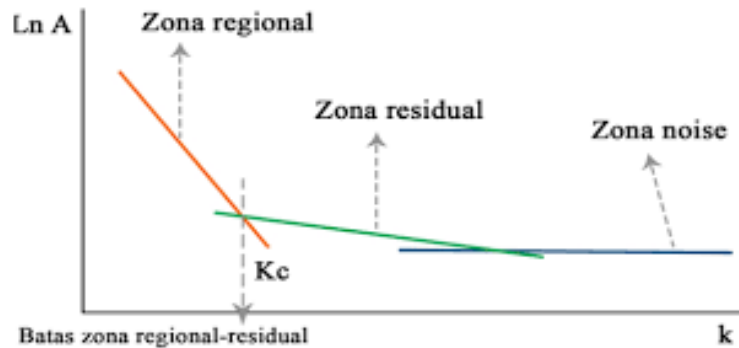
|                                                   |             |      |
|---------------------------------------------------|-------------|------|
| <i>Andesite</i>                                   | 2,40 – 2,80 | 2,61 |
| <i>Syenite</i>                                    | 2,60 – 2,95 | 2,77 |
| <i>Basalt</i>                                     | 2,70 – 3,30 | 2,99 |
| <i>Gabbro</i>                                     | 2,70 – 3,50 | 3,03 |
| <b>Batuan Metamorf (<i>Metamorphic Rocks</i>)</b> |             |      |
| <i>Schists</i>                                    | 2,39 – 2,90 | 2,64 |
| <i>Gneiss</i>                                     | 2,59 – 3,00 | 2,80 |
| <i>Phyllite</i>                                   | 2,68 – 2,80 | 2,74 |
| <i>Slate</i>                                      | 2,70 – 2,90 | 2,79 |
| <i>Granulite</i>                                  | 2,52 – 2,73 | 2,65 |
| <i>Amphibolite</i>                                | 2,90 – 3,04 | 2,96 |
| <i>Eclogite</i>                                   | 3,20 – 3,54 | 3,37 |

## 2.7 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 2.8 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.



**Gambar 2.8** Kurva  $\ln A$  terhadap  $K$  (Blakely, 1996)

## 2.8 *Moving Average*

Metode filter *moving average* merupakan sebuah penyaring frekuensi yang berupa low pass filter yang digunakan dalam pemrosesan data anomali Bouguer. Filter ini bertujuan menghilangkan komponen frekuensi tinggi sementara itu mempertahankan frekuensi rendah. Grid dari anomali Bouguer lengkap dipisahkan anomalnya menggunakan filter ini dengan mengambil lebar jendela berdasarkan hasil dari spektrum. Hasil akhir dari proses ini disebut sebagai anomali regional. Sebaliknya, anomali residual diperoleh dengan mengurangi anomali Bouguer lengkap dengan anomali regional. Prinsip utamanya adalah bahwa semakin besar lebar jendela yang digunakan, semakin mendekati nilai anomali Bouguer akan diperoleh dari anomali residual. (Setiadi dkk., 2010).

Pemisahan antara anomali Bouguer menjadi dua anomali, yaitu anomali regional dan anomali residual, bertujuan untuk menyederhanakan proses interpretasi secara kualitatif. Salah satu metode penyaringan yang digunakan untuk memisahkan kedua anomali ini adalah dengan menggunakan filter *moving average*. Filter ini melibatkan perhitungan dengan mencari nilai rata-rata dari anomali

bouguer. Hasil dari rata-rata ini digunakan untuk memperoleh anomali regional, sementara itu untuk mendapatkan anomali residual yaitu anomali bouguer lengkap dikurangkan dengan anomali regional gayaberat.

## 2.9 Metode *First Horizontal Derivative* (FHD)

*First Horizontal Derivative* (FHD) adalah perubahan nilai anomali gravitasi secara horizontal untuk menentukan batas kontras densitas secara horizontal. Batas struktur geologi dapat ditentukan dengan nilai maksimum atau minimum pada kontak anomali. Nilai FHD didapat dari Persamaan di bawah ini dengan rumus (Ezrahayu & Supriyanto, 2021):

$$FHD = \sqrt{\left(\frac{\partial g}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial g}{\partial y}\right)^2} \quad \dots(2.9)$$

## 2.10 Metode *Second Vertical Derivative* (SVD)

*Second Vertical Derivative* (SVD) dapat meningkatkan efek dekat permukaan dan mengabaikan anomali yang lebih dalam. Oleh karena itu, hasil yang diperoleh memiliki korelasi dengan struktur dangkal, yang memungkinkan untuk menganalisis jenis sesar naik atau normal. Persamaan SVD dapat diperhitungkan dari *laplace* karena medan gravitasi memenuhi persamaan *laplace*. SVD dapat diperoleh dari turunan horizontal dengan rumus sebagai berikut (Ezrahayu & Supriyanto, 2021):

$$\begin{aligned} \nabla^2 g &= \frac{\partial^2 g}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 g}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 g}{\partial z^2} \\ \frac{\partial^2 g}{\partial z^2} &= -\left(\frac{\partial^2 g}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 g}{\partial y^2}\right) \quad \dots(2.10) \end{aligned}$$

Untuk melakukan analisis lebih lanjut terhadap tipe sesar dan lokasinya, maka dilakukan analisis dengan menggunakan metode *Second Vertical Derivative*

(SVD). Penggunaan metode SVD dari data anomali bouguer memungkinkan untuk memisahkan efek struktur dangkal dan struktur dalam. Setelah dilakukan pemfilteran dengan menggunakan metode SVD kemudian dilakukan *slicing* atau irisan di daerah yang terdapat anomali. Kriteria untuk menentukan tipe sesar adalah sebagai berikut (Maulidah, 2022):

$$\text{Jika, } \left[ \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial x^2} \right]_{\max} > \left[ \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial x^2} \right]_{\min}, \text{ maka sesar turun}$$

$$\text{Jika, } \left[ \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial x^2} \right]_{\min} > \left[ \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial x^2} \right]_{\max}, \text{ maka sesar naik}$$

$$\text{Jika, } \left[ \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial x^2} \right]_{\min} = \left[ \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial x^2} \right]_{\max}, \text{ maka sesar datar}$$

Jenis sesar dapat ditentukan melalui grafik SVD yang dihasilkan dengan membandingkan nilai mutlak maksimum dan minimum pada puncak grafik. Sesar normal memiliki nilai puncak maksimum yang lebih besar dari puncak minimum, sebaliknya sesar naik memiliki nilai puncak minimum yang lebih besar dari puncak maksimum. Sesar geser (mendatar) memiliki nilai yang sama untuk puncak maksimum dan minimum (Maulidah dkk., 2022).

## 2.11 Forward Modelling

Forward modelling merupakan teori yang dimodelkan untuk di fitting dengan data lapangan. Dalam pemodelan dicari suatu model yang cocok atau fit dengan data lapangan, sehingga model tersebut dianggap mewakili kondisi bawah permukaan di daerah pengukuran. Pemodelan ke depan dilakukan untuk menghitung efek gayabarat model benda bawah permukaan dengan penampang berbentuk sembarang yang dapat diwakili oleh suatu poligon bersisi  $n$  dinyatakan sebagai integral garis sepanjang sisi-sisi poligon.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Jenis Penelitian**

Jenis penelitian ini, yaitu berupa data sekunder yang diperoleh dari citra satelit TOPEX. Data yang diperoleh terdiri dari dua jenis, yaitu data topografi dan *free air anomaly* (FAA). Data FAA diolah menjadi anomali bouguer lengkap dengan melakukan koreksi bouguer dan koreksi medan. Selanjutnya nilai SBA yang diperoleh digunakan untuk mengidentifikasi sesar beserta karakteristiknya dengan teknik *First Horizontal Derivative* (FHD) dan *Second Vertical Derivative* (SVD).

#### **3.2 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di BMKG Stasiun Geofisika Kelas III Karangates Malang dan Laboratorium Geofisika Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Waktu penelitian ini dimulai dari Bulan Januari 2024 sampai Maret 2024. Lokasi penelitian di Kabupaten Bangkalan dengan koordinat  $112^{\circ}40'30''$  sampai  $113^{\circ}8'30''$  bujur timur serta  $6^{\circ}57'27''$  sampai  $7^{\circ}11'21''$  lintang selatan.



**Gambar 3.1** Peta Lokasi Penelitian

### 3.3 Alat dan Bahan

Pada penelitian ini menggunakan beberapa alat dan bahan, diantaranya yaitu:

1. Laptop
2. Ms. Excel 2019
3. *Geosoft Oasis Montaj*
4. *Global Mapper*
5. *ArcGis 10.8*

### 3.4 Prosedur Penelitian

Adapun prosedur yang digunakan pada penelitian ini, yaitu:

#### 3.4.1 Studi Literatur

Studi literatur digunakan untuk memperoleh informasi mengenai sesar, geologi daerah penelitian, rapat massa batuan atau densitas batuan, metode gravitasi dari berbagai jurnal yang ada.

#### 3.4.2 Pengambilan Data

Penelitian ini dilakukan di Kabupaten Bangkalan, Madura yang mana *longitude* dan *latitude* diperoleh dari website <https://topex-interactive.web.app/>. Setelah itu, nilai tersebut dimasukkan ke dalam laman [https://topex.ucsd.edu/cgi-bin/get\\_data.cgi](https://topex.ucsd.edu/cgi-bin/get_data.cgi) dengan

menginputkan batas-batas koordinat utara, selatan, barat dan timur. Kemudian, akan didapatkan nilai *free air anomaly* (FAA) dan topografi yang sudah terkoreksi. Terdapat 435 titik *free air anomaly* (FAA) dan topografi dalam area penelitian ini dan data yang digunakan memiliki luas 50 km x 25 km dengan spasi setiap titik pengukuran sebesar 1800 m.

### 3.4.3 Pengolahan Data

Pada tahap pengolahan data ini dimulai dengan melakukan beberapa koreksi yaitu koreksi bouguer (*bouguer correction*), koreksi Medan (*terrain correction*), anomali bouguer sederhana (ABS), dan anomali bouguer lengkap (ABL).

#### 3.4.3.1 Koreksi Bouguer

Koreksi Bouguer dilakukan untuk memperhitungkan massa batuan yang terdapat di antara stasiun amat dengan bidang geoid. Software yang digunakan untuk melakukan koreksi ini yaitu dengan menggunakan microsoft excell 2019. Persamaan yang diperlukan untuk melakukan koreksi bouguer, yaitu (Maulana & Prasetyo, 2019):

$$BC = 0,04193 \rho h$$

Dimana nilai  $h$  yang dimasukkan adalah nilai elevasi dari data TOPEX. Nilai  $\rho$  adalah nilai densitas rata-rata daerah penelitian.

#### 3.4.3.2 Koreksi Medan

Koreksi medan atau *terrain correction* digunakan untuk menghilangkan efek massa dari topografi seperti adanya bukit dan lembah di sekitar titik pengamatan. Ketidakteraturan inilah yang akan mempengaruhi pengukuran nilai gravitasi di titik pengamatan. Koreksi medan dilakukan dengan menggunakan *software global mapper* dan *software oasis montaj* dengan memasukkan data koordinat titik ukur (*longitude dan latitude*), peta DEM dan nilai elevasi.

#### 3.4.3.3 Anomali Bouguer Sederhana

Setelah didapatkan nilai dari koreksi bouguer, kemudian melakukan perhitungan nilai anomali bouguer sederhana di microsoft excell dengan cara nilai *free air anomaly* dikurangi nilai koreksi *bouguer*. Maka akan diperoleh nilai Anomali Bouguer Sederhana (ABS), seperti persamaan berikut (Afni & Kusmita., 2021):

$$ABS = FAA - BC$$

#### 3.4.3.4 Anomali Bouguer lengkap

Setelah dilakukan beberapa tahap pengkoreksian, maka selanjutnya nilai anomali bouguer lengkap (ABL) dapat diperoleh dari persamaan (2.8) dengan menjumlahkan nilai anomali bouguer sederhana dan koreksi medan (Afni & Kusmita., 2021).

$$ABL = ABS + TC$$

Kemudian, menginputkan nilai *longitude*, *latitude*, FAA, elevasi, UTM X, UTM Y, anomali bouguer sederhana dan anomali *bouguer* lengkap ke dalam *software oasis montaj*. Dilanjutkan dengan griding data pada *software oasis montaj* untuk menghasilkan sebuah peta.

#### 3.4.3.5 Analisis Spektrum

Analisis spektrum merupakan metode yang digunakan untuk menentukan lebar jendela filter (*window filter*) dan mengetahui estimasi kedalaman anomali regional dan residual dari data anomali bouguer. Analisis spektrum bertujuan untuk merubah data gravitasi dari domain spasial menjadi domain frekuensi melalui penerapan Transformasi Fourier. Software yang digunakan dalam proses ini, yaitu *software oasis montaj*. Analisis spektrum bertujuan untuk merubah data gravitasi dari

domain spasial menjadi domain frekuensi melalui penerapan transformasi fourier. Hasil dari proses *fast fourier transform* (FFT) ini adalah berupa nilai riil dan imajiner serta frekuensi dari setiap lintasan. Setelah itu, melakukan perhitungan di microsoft excel untuk mencari nilai amplitudo, nilai  $\ln A$  dan nilai bilangan gelombang ( $k$ ). Kemudian nilai  $\ln A$  dan nilai bilangan gelombang dilakukan plotting untuk mendapatkan kurva RAPS perubahan  $\ln A$  terhadap bilangan gelombang ( $k$ ). Lalu, menarik garis linier pada data yang dipilih memungkinkan diketahuinya gradien garis dari masing-masing kelompok anomali dan hal ini juga dapat digunakan dalam menentukan nilai perpotongan (*cut-off*) untuk menentukan batas anomali regional dan residual.

#### **3.4.3.6 Pemisahan Anomali Regional dan Residual**

Anomali yang disebabkan oleh frekuensi tinggi berarti anomali yang bersifat dangkal dan selanjutnya yang akan digunakan dalam pemodelan dan interpretasi, sedangkan anomali yang memiliki frekuensi rendah akan dibuang karena dianggap sebagai batuan yang sangat jauh dari permukaan dan dapat digolongkan batuan homogen. Proses pemisahan ini dilakukan menggunakan filter *moving average* dengan input berupa anomali bouguer lengkap. Setelah itu, nilai anomali bouguer lengkap dikurangkan dengan anomali regional akan didapatkan nilai anomali residual.

#### **3.4.3.7 Analisis Derivatif**

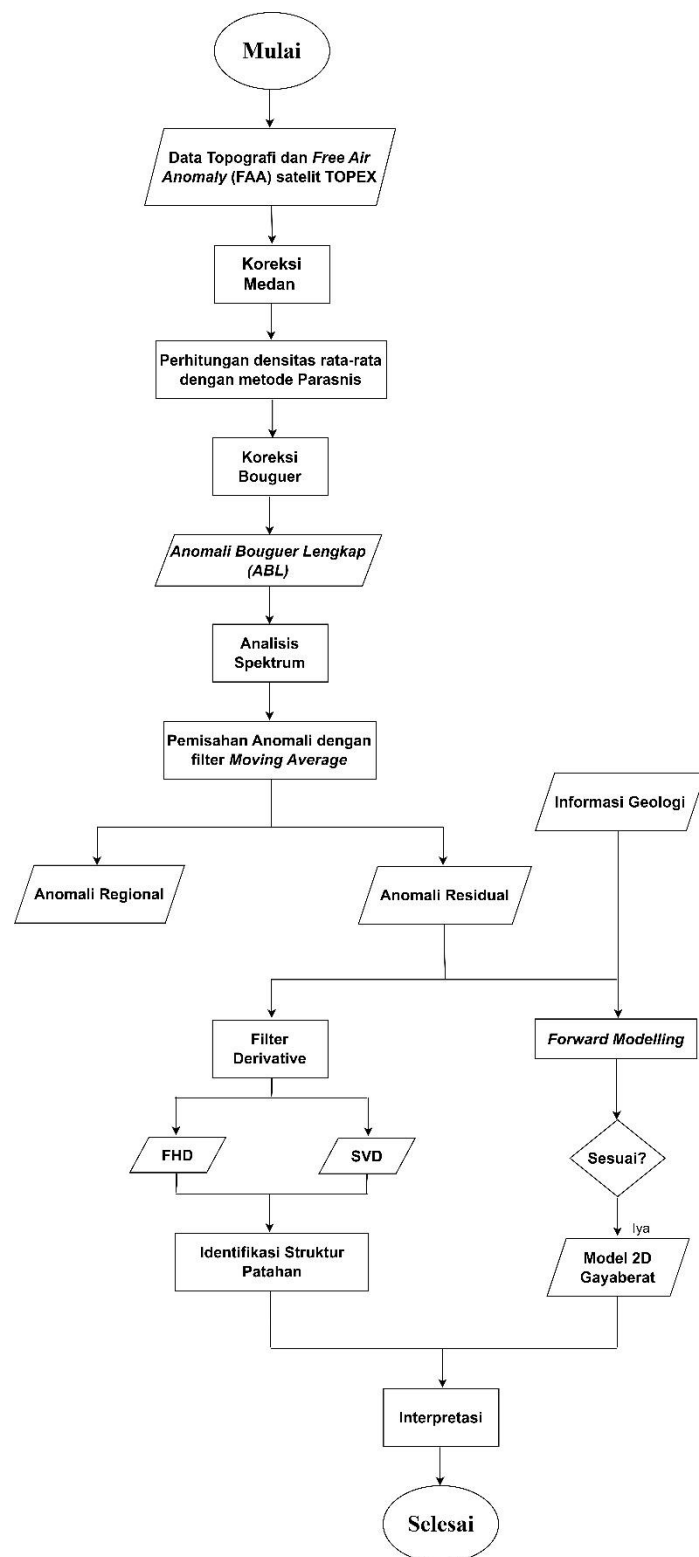
Derivatif adalah suatu filter yang berfungsi untuk memprediksi struktur geologi yang berupa sesar (patahan). Analisis derivatif yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *first horizontal derivative* (FHD) dan *second vertical derivative*

(SVD) yang diterapkan pada peta anomali residual untuk menentukan batas-batas struktur pada daerah penelitian. Dimana hasil dari pengolahan analisis derivatif ini akan digunakan sebagai data pendukung analisis struktur bawah permukaan untuk mengetahui sebaran patahan daerah penelitian. *First horizontal derivative* (FHD) digunakan untuk mengetahui batas struktur geologi yang menyebabkan anomali. Sedangkan *second vertical derivative* (SVD) digunakan untuk membantu interpretasi jenis struktur patahan terhadap data Anomali Bouguer yang diakibatkan oleh adanya struktur sesar turun atau sesar naik.

#### **3.4.3.8 Pemodelan Bawah Permukaan**

Tahapan pemodelan bawah permukaan pada penelitian ini menggunakan pemodelan ke depan atau metode *forward modelling* (2D) menggunakan *Software Geosoft Oasis Montaj*. Metode *forward modelling* dilakukan dengan menginputkan data jarak dan data anomali residual.

### 3.5 Diagram Alir



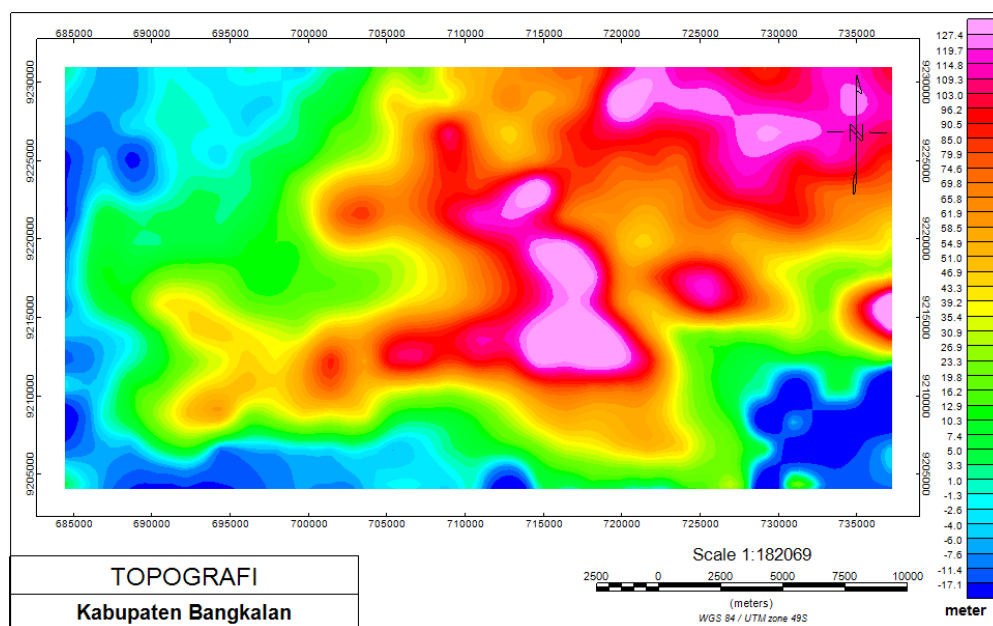
Gambar 3.2 Diagram Alir

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Topografi Wilayah Penelitian

Kabupaten Bangkalan terdiri dari dataran rendah yang membentang di pesisir utara dan Selatan, sedangkan dibagian tengah berupa perbukitan bergelombang (Wahyudi, 2009). Berdasarkan peta topografi diatas, dapat diketahui bahwa variasi ketinggian tersebut berkisar antara 17 meter di bawah permukaan air laut hingga 127 meter di atas permukaan air laut.

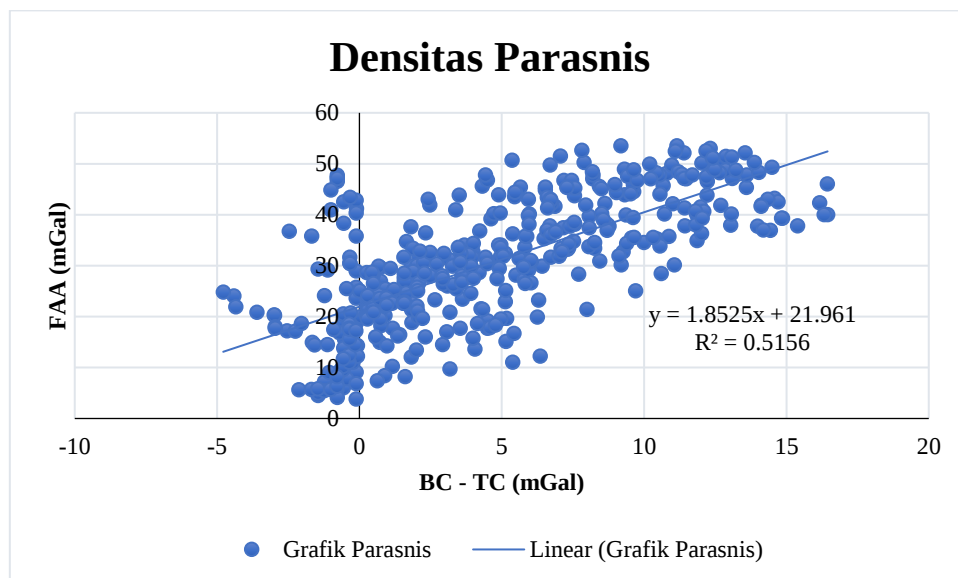


**Gambar 4.1** Topografi Daerah Penelitian

Penelitian ini dilakukan di wilayah Kabupaten Bangkalan dengan titik koordinat  $112^{\circ}40'30''$  hingga  $113^{\circ}8'30''$  BT serta  $6^{\circ}57'27''$  hingga  $7^{\circ}11'21''$  LS. Terdapat 435 titik pengukuran dengan luas wilayah 50 km x 25 km dan spasi antar titik sebesar 1800 m. Variasi ketinggian wilayah dapat dilihat pada gambar 4.1 yang berkisar antara -17,1 meter sampai 127,4 meter. Hal ini mengindikasikan bahwa area penelitian memiliki kontur yang tidak rata, ditandai oleh perbedaan skala ketinggian di wilayah tersebut

## 4.2 Pengolahan Data

Data *Free Air Anomaly* (FAA) yang telah diperoleh kemudian dilakukan beberapa koreksi diantaranya koreksi bouguer dan koreksi medan. Koreksi bouguer dilakukan karena untuk menutupi kelemahan dari koreksi *free air anomaly* dengan memperhitungkan densitas batuan. Densitas batuan tersebut, dihitung dengan menggunakan metode parasnis. Metode parasnis (gambar 4.2) didapatkan dengan membuat grafik hubungan antara nilai BC – TC (sumbu x) dengan nilai FAA (sumbu y). Kemudian, dianalisis menggunakan persamaan regresi linier.

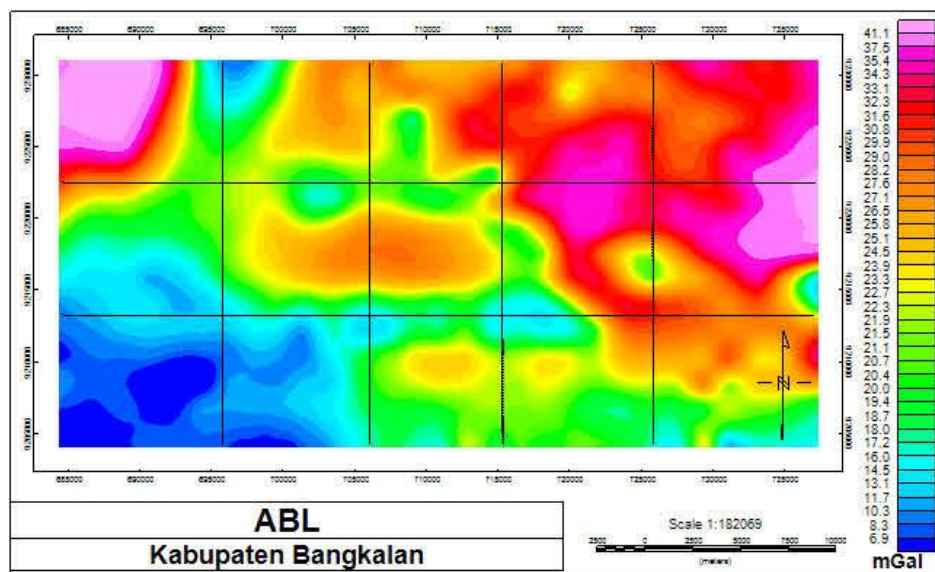


**Gambar 4.2** Grafik Densitas Parasnis Daerah Penelitian

Koreksi medan dilakukan untuk mengoreksi pengaruh penyebaran massa yang tidak teratur di sekitar titik pengukuran, seperti adanya lembah atau bukit. Sementara koreksi medan dilakukan dengan menggunakan *software global mapper* dan *oasis montaj*. Setelah melakukan koreksi bouguer, kemudian mencari nilai anomali bouguer sederhana (ABS) di excel dengan mengurangkan nilai antara anomali udara bebas (FAA) dan koreksi bouguer.

#### 4.2.1 Anomali Bouguer Lengkap (ABL)

Peta anomali bouguer lengkap (ABL) seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.3 diperoleh dari hasil penjumlahan antara anomali bouguer sederhana (ABS) dengan koreksi medan. Hasil ini akan menunjukkan adanya variasi rapat massa (densitas) dari batuan di bawah permukaan. Nilai anomali bouguer lengkap pada daerah penelitian berkisar antara 6,9 mGal sampai dengan 41,1 mGal. Anomali rendah pada peta kontur ABL ditunjukkan dengan warna biru tua hingga warna hijau muda yang memiliki rentang nilai antara 6,9 mGal sampai 21,5 mGal. Sedangkan anomali tinggi ditunjukkan dengan warna merah hingga merah muda yang memiliki rentang nilai antara 30,0 mGal sampai 41,1 mGal. Berdasarkan gambar 4.3, anomali rendah mendominasi bagian barat daya hingga ke tengah. Sedangkan anomali tinggi mendominasi bagian timur dan barat laut.

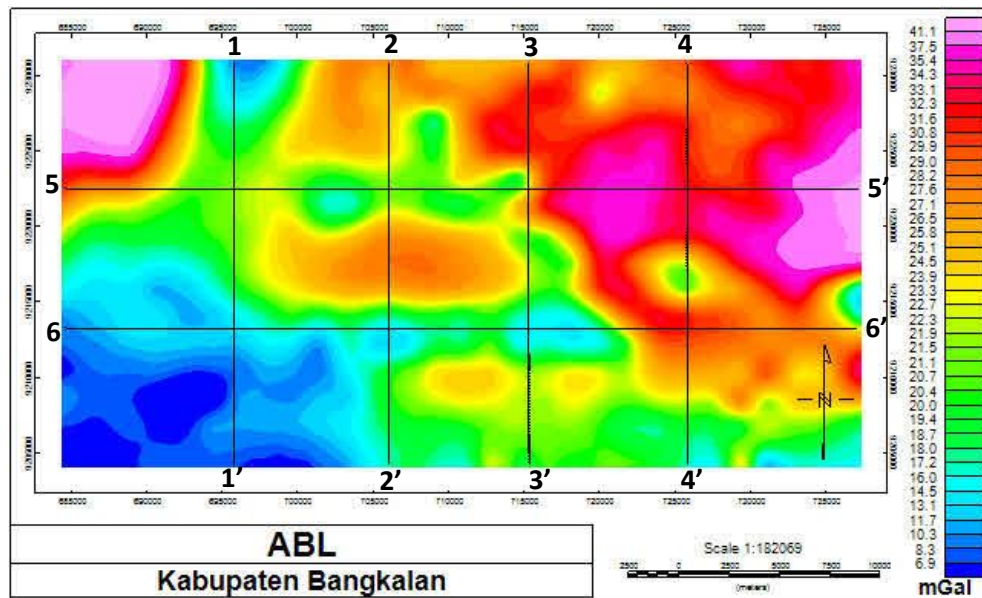


**Gambar 4.3** Anomali Bouguer Lengkap Daerah Penelitian

#### 4.2.2 Analisis Spektrum

Analisis spektrum digunakan untuk menentukan lebar jendela dan menentukan estimasi kedalaman baik regional maupun residual dari data anomali bouguer lengkap. Analisis spektrum dilakukan dengan digitasi enam lintasan sayatan, yang terdiri dari empat garis vertikal dan dua garis horizontal yang ditunjukkan pada gambar 4.4. Garis

vertikal bertujuan untuk mengetahui sebaran ketebalan sedimen dari arah utara hingga selatan. Sedangkan garis horizontal bertujuan untuk mengetahui sebaran ketebalan sedimen dari arah barat hingga timur.



**Gambar 4.4** Grid Line Peta Anomali Bouguer Lengkap

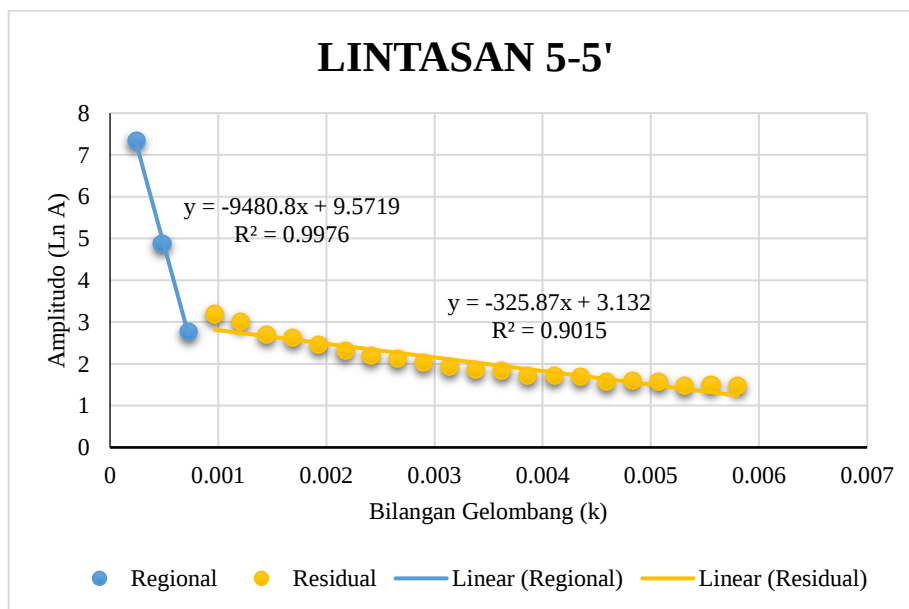
Hasil data dari enam lintasan sayatan berupa nilai anomali bouguer lengkap yang kemudian dirubah dari domain spasial menjadi domain frekuensi melalui penerapan transformasi fourier. Setelah melakukan transformasi fourier maka akan didapatkan nilai amplitudo. Nilai bilangan gelombang ( $k$ ) diperoleh melalui persamaan  $k = 2\pi f$ . Hasil slicing pada lintasan 5 didapatkan sebanyak 32 data. Hal ini dikarenakan mengikuti aturan transformasi fourier dimana jumlah data  $2^n$ .

**Tabel 4.1** Data Hasil Slicing Pada Lintasan 5

| Lintasan 5 |            |               |          |           |                |           |
|------------|------------|---------------|----------|-----------|----------------|-----------|
| Titik      | ABL (mGal) | Amplitudo (m) | Ln A     | Jarak (m) | Frekuensi (Hz) | K (rad/m) |
| 1          | 29.9       | 1548.7        | 7.345171 | 13000     | 3.84615E-05    | 0.000242  |
| 2          | 29.5       | 129.1393      | 4.860892 | 13000     | 7.69231E-05    | 0.000483  |
| 3          | 29.1       | 15.8453       | 2.762873 | 13000     | 0.000115385    | 0.000725  |
| 4          | 28.7       | 24.20685      | 3.186635 | 13000     | 0.000153846    | 0.000967  |
| 5          | 28.4       | 20.50371      | 3.020606 | 13000     | 0.000192308    | 0.001208  |
| 6          | 28.1       | 14.90957      | 2.702003 | 13000     | 0.000230769    | 0.00145   |
| 7          | 27.9       | 13.89884      | 2.631806 | 13000     | 0.000269231    | 0.001692  |
| 8          | 27.7       | 11.66818      | 2.456865 | 13000     | 0.000307692    | 0.001933  |
| 9          | 27.6       | 10.09514      | 2.312054 | 13000     | 0.000346154    | 0.002175  |
| 10         | 27.5       | 8.987455      | 2.19583  | 13000     | 0.000384615    | 0.002417  |
| 11         | 27.5       | 8.3204        | 2.11871  | 13000     | 0.000423077    | 0.002658  |
| 12         | 27.5       | 7.634966      | 2.032738 | 13000     | 0.000461538    | 0.0029    |

|    |      |          |          |       |             |          |
|----|------|----------|----------|-------|-------------|----------|
| 13 | 27.5 | 6.891877 | 1.930343 | 13000 | 0.0005      | 0.003142 |
| 14 | 27.5 | 6.37613  | 1.852561 | 13000 | 0.000538462 | 0.003383 |
| 15 | 27.5 | 6.282948 | 1.837839 | 13000 | 0.000576923 | 0.003625 |
| 16 | 27.5 | 5.583504 | 1.719817 | 13000 | 0.000615385 | 0.003867 |
| 17 | 27.5 | 5.59017  | 1.72101  | 13000 | 0.000653846 | 0.004108 |
| 18 | 27.5 | 5.417317 | 1.689601 | 13000 | 0.000692308 | 0.00435  |
| 19 | 27.4 | 4.806281 | 1.569924 | 13000 | 0.000730769 | 0.004592 |
| 20 | 27.4 | 4.916327 | 1.592562 | 13000 | 0.000769231 | 0.004833 |
| 21 | 27.3 | 4.836189 | 1.576127 | 13000 | 0.000807692 | 0.005075 |
| 22 | 27   | 4.416078 | 1.485252 | 13000 | 0.000846154 | 0.005317 |
| 23 | 26.8 | 4.487072 | 1.5012   | 13000 | 0.000884615 | 0.005558 |
| 24 | 26.5 | 4.41925  | 1.48597  | 13000 | 0.000923077 | 0.0058   |
| 25 | 26.1 | 3.94819  | 1.373257 | 13000 | 0.000961538 | 0.006042 |
| 26 | 25.7 | 4.047754 | 1.398162 | 13000 | 0.001       | 0.006283 |
| 27 | 25.3 | 4.14343  | 1.421524 | 13000 | 0.001038462 | 0.006525 |
| 28 | 24.9 | 4.295325 | 1.457527 | 13000 | 0.001076923 | 0.006767 |
| 29 | 24.5 | 3.702835 | 1.309099 | 13000 | 0.001115385 | 0.007008 |
| 30 | 24.1 | 4.159048 | 1.425286 | 13000 | 0.001153846 | 0.00725  |
| 31 | 23.7 | 3.919417 | 1.365943 | 13000 | 0.001192308 | 0.007491 |
| 32 | 23.4 | 3.981458 | 1.381648 | 13000 | 0.001230769 | 0.007733 |

Nilai LnA dan nilai bilangan gelombang (k) dilakukan plotting untuk mendapatkan kurva RAPS perubahan LnA terhadap bilangan gelombang (k) seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.5. Kemudian, menentukan nilai perpotongan (*cut off*) antara batas anomali regional dan anomali residual dengan cara memberikan garis linier pada data yang dipilih berdasarkan frekuensi. Apabila nilai frekuensinya rendah, maka termasuk dalam anomali regional, sedangkan anomali dengan frekuensi tinggi termasuk dalam residual.



**Gambar 4.5** Kurva Analisis Spektrum Pada Lintasan 5

Gambar 4.5 menunjukkan grafik hubungan antara amplitudo (Ln A) dengan bilangan gelombang (k) pada lintasan 5. Dari grafik tersebut diperoleh dua gradien yang

mencerminkan dua kedalaman, yaitu anomali regional dan anomali residual. Anomali regional memiliki kedalaman mencapai 9480,8 meter dan anomali residual memiliki kedalaman mencapai 325,87 meter yang diinterpretasikan sebagai batas antara batuan dasar (basement) dengan batuan sedimen. Setelah delapan lintasan dilakukan transformasi fourier dan dibuat kurva RAPS, maka nilai kedalaman baik regional maupun residual dimasukkan kedalam tabel 4.2

**Tabel 4.2** Kedalaman Optimum Anomali Hasil Analisis Spektrum

| Lintasan         | Kedalaman Regional (m) | Kedalaman Residual (m) | C1     | C2     | K(Cut Off) | Lamdba   | N (Lebar Jendela) |
|------------------|------------------------|------------------------|--------|--------|------------|----------|-------------------|
| 1                | -6144.4                | -529.27                | 8.3324 | 4.0129 | 0.000769   | 8167.821 | 40.8391           |
| 2                | -6406.6                | -443.66                | 8.285  | 1.2193 | 0.001185   | 5302.554 | 26.51277          |
| 3                | -4231.9                | -266.71                | 7.7347 | 2.504  | 0.001319   | 4763.038 | 23.81519          |
| 4                | -7779                  | -319.71                | 8.9347 | 2.6975 | 0.000836   | 7514.285 | 37.57143          |
| 5                | -9480.8                | -325.87                | 9.5719 | 3.132  | 0.000703   | 8932.145 | 44.66073          |
| 6                | -6052.7                | -387.98                | 7.2336 | 3.0213 | 0.000744   | 8449.656 | 42.24828          |
| <b>Rata-rata</b> | <b>-6682,57</b>        | <b>-378,867</b>        |        |        |            |          | <b>35,94125</b>   |

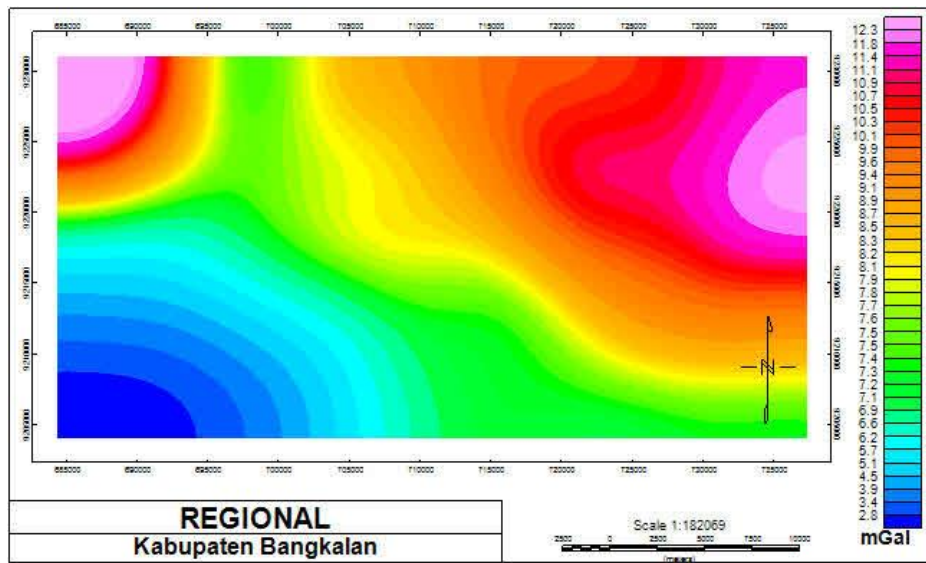
Tabel 4.2 menunjukkan bahwa kedalaman regional rata-rata wilayah penelitian yaitu 6682,57 meter dan kedalaman residual yaitu 378,867 meter. Untuk melakukan proses *moving average*, nilai lebar jendela harus bernilai ganjil. Oleh karena itu, nilai lebar jendela yang diperoleh adalah 35. Nilai tersebut kemudian diinput kedalam *software oasis montaj* untuk dijadikan inputan pada proses pemisahan anomali regional dengan anomali residual.

#### 4.2.3 Pemisahan Anomali Regional dan Residual

Peta anomali bouguer lengkap (Gambar 4.3) masih tercampur antara anomali regional dan anomali residual, sehingga perlu dilakukan pemisahan anomali terlebih dahulu. Filter yang digunakan untuk melakukan pemisahan adalah metode *moving average*. Karena target dari penelitian ini adalah struktur dangkal, maka target yang dicari dari metode ini adalah anomali residual.

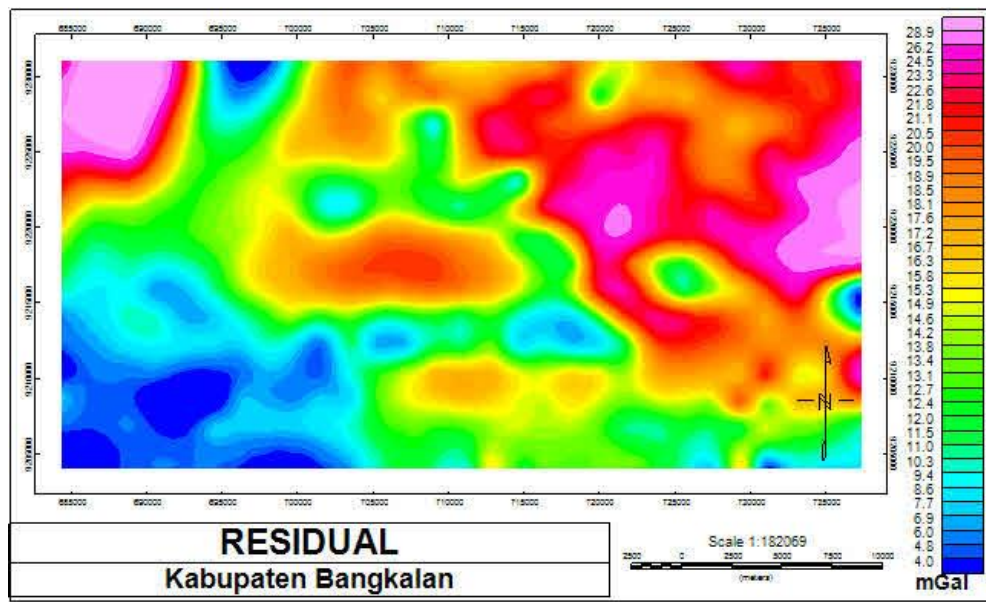
Pemisahan dengan menggunakan metode *moving average* (rataan bergerak) dilakukan dengan cara merata-ratakan nilai anomali bouguer lengkap, kemudian hasil

dari rata-rata tersebut merupakan anomali regional. Sedangkan anomali residual diperoleh dari selisih antara anomali bouguer lengkap dengan anomali regional.



**Gambar 4.6** Peta Anomali Regional

Gambar 4.6 menunjukkan nilai sebaran anomali tinggi dan anomali rendah yang berkisar antara 2,8 mGal hingga 12,3 mGal. Nilai anomali regional rendah berada di bagian Selatan yang ditunjukkan oleh warna biru dengan nilai antara 2,8 mGal sampai dengan 6,6 mGal. Sedangkan nilai anomali regional tinggi berada di bagian utara yang ditunjukkan oleh warna merah-ungu dengan nilai antara 10,5 mGal sampai dengan 12,3 mGal. Anomali rendah pada peta anomali regional menunjukkan adanya batuan dengan rapat massa rendah, sedangkan anomali tinggi menunjukkan adanya batuan dengan rapat massa lebih tinggi. Peta anomali regional menunjukkan kontur yang lebih halus dan memiliki pola keterbukaan pada closure, yang mengindikasikan bahwa anomali regional tersebut sudah terbebas dari pengaruh anomali lokal dan gangguan (*noise*) dari sumber dangkal yang telah dihilangkan.



**Gambar 4.7** Peta Anomali Residual

Anomali lokal atau residual lebih identik pada kedalaman dangkal atau yang lebih dekat dengan permukaan. Anomali residual mendeskripsikan keadaan struktur dangkal bawah permukaan seperti sesar, cekungan dan singkapan batuan. Pola anomali residual yang terlihat pada gambar 4.7 menunjukkan pola yang lebih kompleks dibandingkan dengan pola anomali regional. Rentang nilai anomali residual berkisar antara 4,0 mGal sampai dengan 28,9 mGal. Nilai anomali residual rendah ditandai dengan warna biru dengan rentang nilai 4,0 mGal sampai dengan 9,4 mGal. Sedangkan nilai anomali residual tinggi ditandai dengan warna merah-ungu dengan rentang nilai 20,5 mGal sampai dengan 28,9 mGal.

Pada kontur anomali gravitasi residual, terdapat pola sebaran anomali yang bernilai positif. Nilai anomali positif mengindikasikan struktur batuan dengan densitas yang lebih tinggi. Semakin besar nilai gravitasi, maka semakin tinggi kepadatan batuan bawah permukaan. Sementara itu, struktur geologi seperti sesar atau patahan cenderung memiliki nilai gravitasi rendah karena keberadaan rongga yang menyebabkan rendahnya densitas batuan. Kontur anomali residual ini selanjutnya digunakan untuk interpretasi

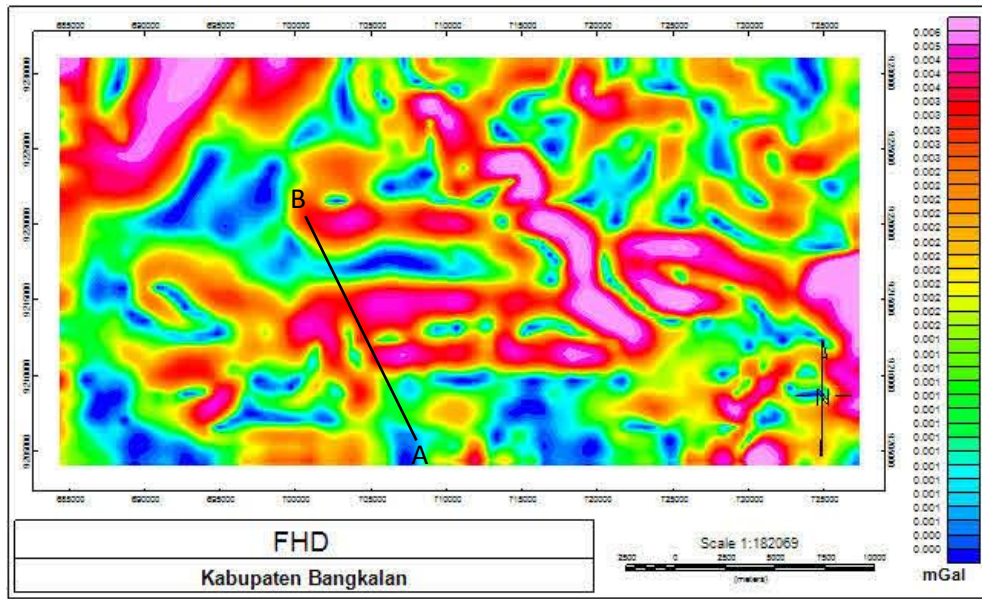
lebih lanjut kondisi bawah permukaan dengan melakukan pemotongan (*slice*) pada peta anomali residual yang mengacu pada peta geologi setempat.

#### **4.2.4 Analisis Derivatif**

Analisis Derivatif adalah metode lanjutan untuk memperjelas interpretasi keberadaan struktur geologi bawah permukaan bumi. Terdapat dua Analisis derivatif yang digunakan, yaitu *first horizontal derivatif* (FHD) dan *second vertical derivatif* (SVD). FHD merupakan turunan pertama dari anomali gravitasi yang digunakan untuk menentukan batas suatu struktur patahan. Sedangkan SVD merupakan turunan kedua anomali gravitasi setelah FHD. Digunakan untuk memperjelas resolusi anomali di dekat permukaan agar semakin terlihat perbedaan nilai anomali yang dihasilkan dan dapat menentukan jenis patahan.

##### **4.2.4.1 First Horizontal Derrivative (FHD)**

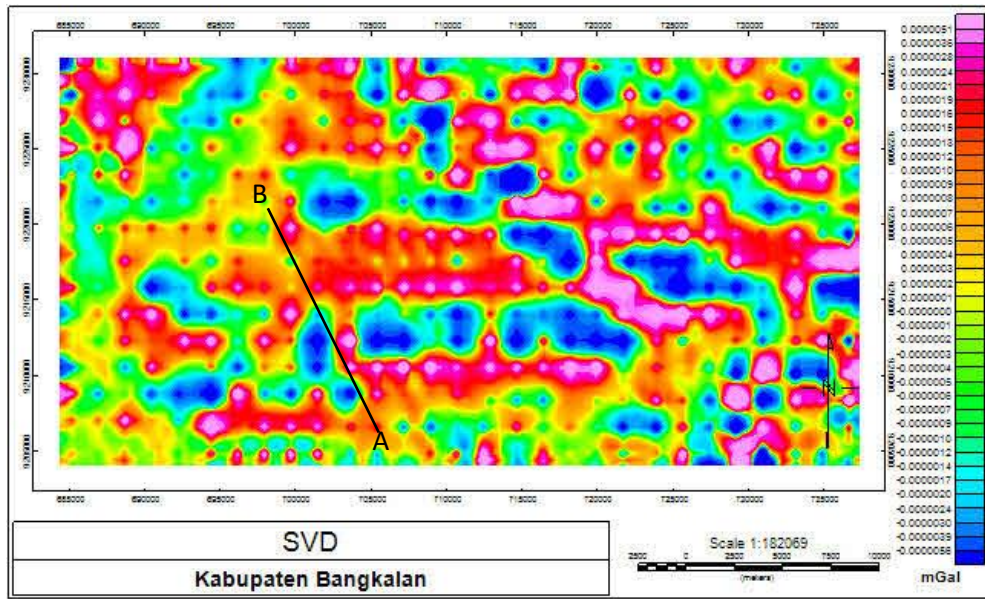
Pada metode *first horizontal derrivative* (FHD), nilai anomali residual akan diturunkan pada orde satu secara horizontal (FHD X) dan secara vertikal (FHD Y) yang selanjutnya akan dihitung nilai resultannya (FHD Z) berdasarkan persamaan pythagoras. Kemudian, akan didapatkan peta *first horizontal derrivative* seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.8. Setelah diperoleh peta kontur anomali FHD, maka dilakukan slicing untuk dianalisis terkait keberadaan patahan pada setiap lintasan. Daerah yang terdapat suatu patahan dapat dilihat melalui kurva FHD yang mana cenderung memiliki karakteristik tajam berupa nilai maksimum atau minimum.



**Gambar 4.8** Peta Kontur FHD Daerah Penelitian

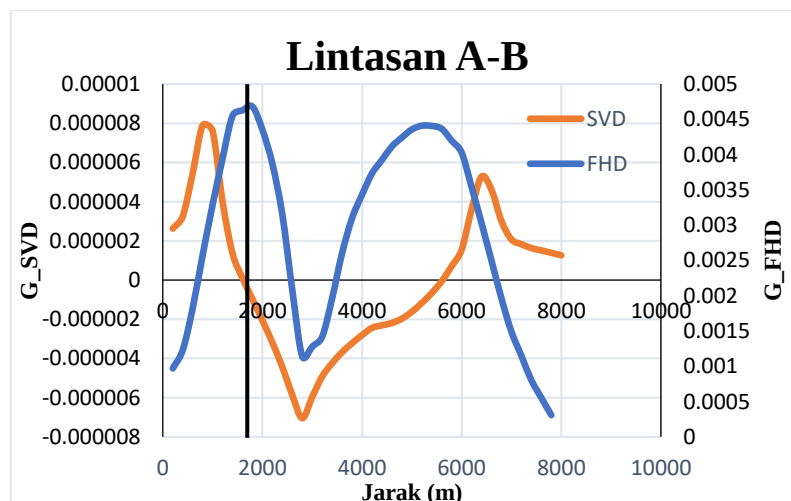
#### 4.2.4.2 *Second Vertical Derivative* (SVD)

*Second vertical derivative* (SVD) merupakan turunan kedua anomali gravitasi yang digunakan untuk memunculkan efek dangkal dari pengaruh regionalnya. Proses SVD ini dilakukan pada *software oasis montaj* dengan memasukkan data grid anomali residual dan menggunakan filter dari perhitungan operator Elkins. Selanjutnya dilakukan slicing pada peta anomali SVD yang dibuat tegak lurus terhadap dugaan adanya sesar di wilayah Kabupaten Bangkalan.



**Gambar 4.9** Peta Kontur SVD Daerah Penelitian

Pada peta kontur anomali FHD dan SVD dilakukan slicing dengan jarak setiap titik sebesar 200 meter. Lintasan A-B dibuat saling tegak lurus terhadap dugaan adanya sesar. Lintasan tersebut berarah selatan hingga ke utara. Hasil dari slicing, akan diperoleh nilai koordinat lintang, bujur, nilai FHD dan nilai SVD, yang kemudian diplot grafik hubungan antara jarak lintasan (sumbu x) dengan nilai FHD dan SVD (sumbu Y) seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.10.



**Gambar 4.10** Analisis Derrivative Lintasan A-B

**Tabel 4.3** Hasil Analisis Grafik FHD dan SVD Lintasan A-B

| No | $SVD_{maks}$ | $SVD_{min}$ | Jenis Sesar |
|----|--------------|-------------|-------------|
| 1  | 0,0000076    | -0,00000705 | Turun       |

Pada lintasan A-B terlihat adanya satu struktur patahan yang dapat diketahui dari FHD bernilai maksimum dan SVD bernilai pada suatu titik, sedangkan jenis patahan dari nilai mutlak maksimum dan nilai mutlak minimum. Pada gambar 4.10 struktur patahan ditandai dengan garis yang berwarna hitam pada grafik FHD dan SVD. Lintasan A-B menunjukkan jenis patahan turun yang ditunjukkan dengan nilai mutlak SVD maksimum lebih besar dari SVD minimum.

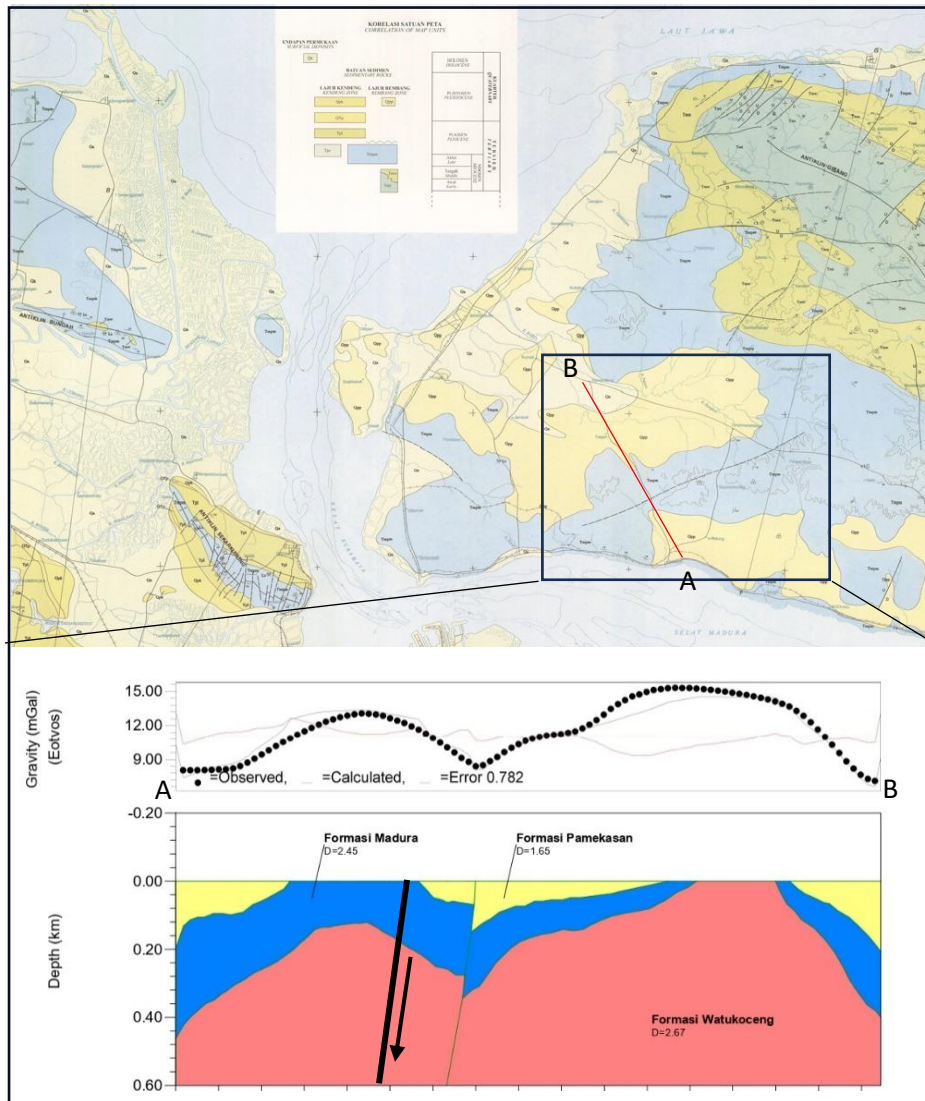
### 4.3 Hasil Pemodelan Penampang 2D

Pemodelan yang dilakukan pada lintasan A-B pada peta kontur anomali residual menunjukkan jalur lintasan yang melewati beberapa formasi batuan. Setiap formasi ini terdiri dari batuan-batuan dengan nilai densitas yang beragam yang ditunjukkan oleh masing-masing penampang 2D hasil pemodelan. Selain itu, ditunjukkan pula struktur patahan yang sebelumnya terindikasi melalui analisis grafik FHD dan SVD. Dalam penelitian ini, pemodelan dibuat menggunakan *software oasis montaj* pada menu *gmsys*. Dalam membuat pemodelan ini terdapat tiga titik acuan yaitu titik observasi, grafik *calculated* dan grafik eror. Titik hitam merupakan titik observasi dari nilai residual pengolahan. Nilai eror ditandai dengan garis warna merah, dimana semakin kecil nilai eror menunjukkan bahwa hasil pemodelan 2D pada struktur bawah permukaan mendekati benar. Sementara itu, garis hitam merupakan kalkulasi antara hasil model yang dibuat dengan titik observasi. Semakin mirip garis hitam dengan titik observasi, maka akan memperkecil nilai eror.

#### 4.3.1 Pemodelan Lintasan A-B

Lintasan A-B menggambarkan bentuk bawah permukaan dari arah Selatan ke barat laut dengan kedalaman maksimum model 600 meter. Model ini menjelaskan keberadaan

tiga lapisan batuan yang berbeda yaitu Formasi Pamekasan, Formasi Madura, dan Formasi Watukoceng dengan nilai eror sebesar 0,782%.



### Keterangan:

 : Formasi Pamekasan (1,65 gr/cm<sup>3</sup>)

 : Formasi Madura (2,45 gr/cm<sup>3</sup>)

 : Formasi Watukoceng (2,67 gr/cm<sup>3</sup>)

**Gambar 4.11** Pemodelan 2 Dimensi Lintasan A-B

Dari hasil pemodelan (Gambar 4.11), formasi paling atas adalah formasi pamekasan (Qpp) berumur Miosen Awal yang terdiri atas batupasir, batulempung dan konglomerat berfragmen utama batugamping. Formasi ini memiliki nilai densitas rata-rata sebesar 1,65

gr/cm<sup>3</sup> dan ketebalan mencapai 200 meter. Formasi yang berwarna biru merupakan Formasi Madura berumur Miosen Tengah yang terdiri atas batugamping kapuran dan batugamping terumbu. Formasi ini, memiliki densitas rata-rata sebesar 2,45 gr/cm<sup>3</sup> dan ketebalan lapisan mencapai 220 meter. Formasi ketiga merupakan Formasi Watukoceng berumur Miosen hingga Pliosen yang terdiri atas selang-seling napal pasiran dan batugamping bagian atas dan bagian bawah terdiri atas batupasir kuarsa berselingan dengan batugamping orbitoid dan batupasir berlapis tipis. Formasi Watukoceng memiliki nilai densitas rata-rata sebesar 2,67 gr/cm<sup>3</sup> dan ketebalan lapisan mencapai 180 meter.

#### 4.4 Kajian Keislaman

Sesar atau patahan adalah salah satu penyebab utama terjadinya gempa bumi. Dalam geologi, sesar adalah retakan atau zona rekahan di antara dua blok batuan yang memungkinkan blok-blok tersebut bergerak relatif satu sama lain. Pergerakan ini dapat menyebabkan terjadinya gempa bumi. Gempa bumi merupakan suatu musibah yang umum dialami makhluk di bumi. Hal ini dikarenakan atas kehendak Allah SWT, jadi sebagai umat muslim sudah sepatutnya kita harus percaya. Selain itu, gempa bumi juga tercatat dalam beberapa ayat Al-Qur'an, salah satunya dalam Surah Al-Hadid ayat 22.

مَا أَصَابَ مِنْ مُصِيبَةٍ فِي الْأَرْضِ وَلَا فِي أَنْفُسِكُمْ إِلَّا فِي كِتَابٍ مِنْ قَبْلِ أَنْ نَبْرَأََهَا إِنَّ ذَلِكَ عَلَى اللَّهِ يَسِيرٌ

Artinya: “Tidak ada bencana (apa pun) yang menimpa di bumi dan tidak (juga yang menimpa) dirimu, kecuali telah tertulis dalam kitab (Lauh Maqfuz) sebelum kami mewujudkannya. Sesungguhnya hal itu mudah bagi Allah.” (QS. Al-Hadid/57:22).

Ayat di atas menjelaskan bahwa semua bencana yang menimpa permukaan bumi, seperti gempa bumi, banjir, tsunami, tanah longsor, dan bencana alam yang lain telah ditetapkan akan terjadi sebelumnya dan tertulis di Lauh Mahfudz, sebelum Allah menciptakan makhluk-Nya.

Hal ini berarti tidak ada suatu pun yang terjadi di alam ini yang luput dari pengetahuan Allah dan tidak tertulis di Lauh Mahfudz. Ayat ini merupakan peringatan sebagian kaum Muslimin yang masih percaya kepada tenung, suka meminta sesuatu kepada kuburan yang dianggap keramat, menanyakan sesuatu yang akan terjadi kepada dukun dan sebagainya. Hendaklah mereka hanya percaya kepada Allah saja, karena hanyalah Dia yang menentukan segala sesuatu. Mempercayai adanya kekuatan-kekuatan gaib, selain dari kekuasaan Allah termasuk memperserikatkan-Nya dengan makhluk ciptaan-Nya dan berarti tidak percaya kepada tauhid rububiyah yang ada pada Allah.

Gempa bumi dapat menyebabkan dampak yang signifikan, seperti kerusakan pada bangunan yang dapat memakan korban jiwa, tanah longsor akibat dari pergerakan tanah, tsunami yang mengakibatkan kerusakan besar di daerah pesisir pantai. Kejadian gempa terjadi sangat mendadak dan sering kali tanpa peringatan. Oleh karena itu, perlu adanya tindakan atau upaya untuk mengurangi dampak bencana alam tersebut. Seperti mengidentifikasi dan memetakan sesar aktif untuk mengantisipasi daerah-daerah yang berisiko tinggi terhadap gempa bumi, mendesain dan membangun bangunan yang mampu menahan guncangan gempa, meningkatkan kesadaran dan pengetahuan masyarakat tentang tindakan yang harus dilakukan sebelum, saat dan setelah gempa bumi. Sebagaimana firman Allah SWT pada Surah

مَنْ خَرَجَ جُفَاءً بِالْعِلْمِ هُوَ فَسِيْلٌ الْهَيْتِزَج

Artinya: *“Barangsiapa yang keluar untuk menuntut ilmu, maka ia berada di jalan Allah hingga ia pulang.”* (HR Tirmidzi).

Bencana alam, meskipun sering kali membawa kerusakan dan kesedihan, juga bisa memberikan hikmah dan pelajaran penting bagi manusia. Dalam perspektif islam dan dari sudut pandang kemanusiaan, bencana alam dapat memberikan berbagai hikmah. Seperti, datangnya bencana alam bagi manusia agar selalu mengingat Allah SWT dan berusaha menjalankan perintah-Nya serta meningkatkan ketakwaan dan keimanan seseorang.



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan dari hasil penelitian, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil analisis grafik FHD dan SVD diketahui bahwa jenis sesar yang berada di kabupaten Bangkalan yaitu sesar turun. Hal ini dikarenakan pada lintasan A-B menunjukkan nilai mutlak SVD maksimum lebih besar dari SVD minimum.
2. Berdasarkan hasil pemodelan penampang 2 dimensi diketahui bahwa struktur geologi bawah permukaan Kabupaten Bangkalan didominasi oleh batuan sedimen yaitu formasi pamekasan dengan densitas  $1,65 \text{ gr/cm}^3$ , formasi madura dengan densitas  $2,45 \text{ gr/cm}^3$ , dan formasi watukoceng dengan densitas  $2,67 \text{ gr/cm}$ .

#### **5.2 Saran**

Saran untuk penelitian ini yaitu agar penelitian selanjutnya dilakukan akuisisi data lapangan untuk dibandingkan dengan data satelit TOPEX sehingga hasil yang didapatkan akurat terkait posisi sesar atau patahan yang ada di Kabupaten Bangkalan. Selain itu, menggunakan metode yang lain seperti metode magnetik dan metode seismik untuk mengidentifikasi patahan atau sesar yang ada di Kabupaten Bangkalan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afni, G. N., & Kusmita, T., (2021). Penentuan Sesar Daerah Geothermal Non-Vulkanik Daerah Nyelanding dan Permis Bangka Selatan Berdasarkan Analisis Anomali Gravitasi. 2(1). 01-06.
- Anjasmara, I. M., & Muthmainnah, N. U. (2018). Analisa Deformasi Permukaan Di Pulau Madura Dari Hasil Pengolahan Dinsar Menggunakan Data Sentinel-1a. <https://vertex.daac.asf.alaska.edu/>
- Arif, Irwandy., (2016). Geoteknik Tambang: Mewujudkan Produksi Tambang yang Berkelanjutan dengan Menjaga Kestabilan Lereng. Jakarta: Gramedia.
- Blakely, R. J. (1996). *Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Billing, M.O., (1959). *Structural Geology*, Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- Bosy, R.S. (2016). Analisis Gravitasi Untuk Menentukan Struktur Geologi Dan Analisis Petroleum System Cekungan Barito, Daerah Tanjung Area, Kalimantan Selatan. Skripsi. Fakultas Teknologi Kebumihan Dan Energi Universitas Trisakti Jakarta.
- Burger, H. (1992). *Exploration Geophysics of the Shallow Subsurface*. Englewood Cliffs: NJ.
- Ezrahyu, P., & Supriyanto, D. (2021). Identifikasi Sesar di Bawah Permukaan yang Dapat Menyebabkan Gempa Berdasarkan Metode First Horizontal Derivative dan Second Vertical Derivative di Kabupaten Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur. In *Jurnal Geosains Terapan*. 4(1). 15 – 22. <https://geosainsterapan.id/index.php/id/article/view/41>.
- Firdaus, M. W., Setyawan, A., & Yusuf, M. (2016). Identifikasi Letak Dan Jenis Sesar Berdasarkan Metode Gayabarat Second Vertical Gradient Studi Kasus Sesar Lembang, Kota Bandung, Jawa Barat. In *Youngster Physics Journal*. 5(1). 21-26.
- Gunawan, B., Anjani, A., & Anjalni, A. (2022). Identifikasi Pemodelan 2D dan Suhu Permukaan Daerah Panas Bumi Gunung Gede-Pangrango, Jawa Barat menggunakan Metode Gravitasi. *Journal of Engineering Environtmental Energy and Sciece*, 1(1), 1–14.
- Hamka. (2015). Juz Amma Tafsir Al-Azhar. Jakarta: Gema Insani.
- Jarut, D., Sukarasa, K., Bagus, I., & Paramarta, A. (2022). Pemodelan 3D Struktur Bawah Permukaan Gunung Anak Ranakah dan Sekitarnya Menggunakan Metode Gravitasi 3D. [http://topex.ucsd.edu/cgi-bin/get\\_data.cgi](http://topex.ucsd.edu/cgi-bin/get_data.cgi)
- Jayatri, A. U., Multi, W., & Hayatuzzahra, S. (2023). *Science and Technology* (Vol. 7, Issue 2). <http://jurnal.uts.ac.id>

- Kurniadi, Yadi. (2017). Identifikasi Zona Sesar Menggunakan Metode Gravity di Wilayah Ciater, Subang, Jawa Barat. Bandung: Departemen Fisika, ITB. [https://digilib.itb.ac.id/assets/files/2019/2017\\_EJRNL\\_PP\\_YADI\\_KURNIADI\\_1.pdf](https://digilib.itb.ac.id/assets/files/2019/2017_EJRNL_PP_YADI_KURNIADI_1.pdf).
- Long, L. T., & Kaufmann, D. R. (2010). Acquisition and Analysis of Terrestrial Gravity Data. In *Acquisition and Analysis of Terrestrial Gravity Data* (Vol. 9781107024). <https://doi.org/10.1017/CBO9781139162289>.
- Maulana, A. D., & Prasetyo, D. A. (2019). Analisa Matematis pada Koreksi Bouguer dan Koreksi Medan Data Gravitasi Satelit Topex dan Penerapan dalam Geohazard Studi Kasus Sesar Palu Koro, Sulawesi Tengah. *Jurnal Geosaintek*. Vol. 5(3). Hal: 91-100.
- Maulidah, H., Realita, A., & Prastowo, T. (2022). Identifikasi Sesar Grindulu Dengan Memanfaatkan Metode Gravitasi. In *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)* (Vol. 11). [https://topex.ucsd.edu/cgi-bin/get\\_data.cgi](https://topex.ucsd.edu/cgi-bin/get_data.cgi).
- Nicolai Gestermann and Thomas Plenefisch. (2021). *Fault Identification From Seismology*. England: Cambridge University Press.
- Pratiwi, W., Martha, A. A., Setyonegoro, W., Badan, Klimatologi, M., Geofisika, D., Kunci, K., Palu, T., & Koro, P. (2022). Identifikasi Letak Sesar Palu Koro Menggunakan Metode Gravitasi Mikro. 3(5), 20–24.
- Rochman, J.P.G.N., Warnana, D.D., Syaifuddin, F., Lestari, W., Mahsa, A., (2018). *Application of Gravity Method for Local Geological Structures Identification in Surabaya. Presented at the EAGE-HAGI 1st Asia Pacific Meeting on Near Surface Geoscience and Engineering*.
- Setiadi, I., Setyanta, B., & Widijono, B. S. (2010). Delineasi Cekungan Sedimen Sumatra Selatan Berdasarkan Analisis Data Gaya Berat. *Geo-Sciences*, 20(2), 93–106. <https://doi.org/10.33332/jgsm.geologi.v20i2.164>.
- Soehami dkk. (2021). Peta Patahan Aktif Indonesia. Pusat Survei Geologi Badan Geologi Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral. h
- Sudrajat, Muhammad Akbar. (2021). Skripsi Analisis Tingkat Kerawanan Longsor Menggunakan Metode Kinematik Dan Fuzzy Logic Daerah Giyombong Dan Sekitarnya Kabupaten Purworejo Provinsi Jawa Tengah. Sumatera: Universitas Sriwijaya.
- Sukardi. (1992). Peta Geologi Lembar Surabaya & Sapulu, Jawa. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Syukri, Muhammad. (2020). Pengantar Geofisika. Aceh: Syiah Kuala University Press.
- Telford, W.G. (1990). *Applied Geophysics 2<sup>nd</sup> Edition*. Melborne: University of Cambridge.
- Toushmalani, Reza. 2010. Application of Gravity Method in Fault Path Detection. Dalam *Jurnal Australia Journal of Basic and Applied Science*. 4(12). 6450-6460.

## Lampiran 1. Data Penelitian

| Longitude | Latitude | Elevasi | FAA  | UTMX     | UTMY    | TC       | BC       | ABS      | ABL      |
|-----------|----------|---------|------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|
| 112.675   | -6.9577  | -1      | 41.2 | 685047.8 | 9230600 | 0.001054 | -0.11193 | 41.31193 | 41.31298 |
| 112.6917  | -6.9577  | -7      | 46.5 | 686893.3 | 9230593 | 0.001322 | -0.78348 | 47.28348 | 47.28481 |
| 112.7083  | -6.9577  | -7      | 47.7 | 688727.8 | 9230586 | 0.001685 | -0.78348 | 48.48348 | 48.48517 |
| 112.725   | -6.9577  | -1      | 42.8 | 690573.3 | 9230580 | 0.002191 | -0.11193 | 42.91193 | 42.91412 |
| 112.7417  | -6.9577  | -3      | 31.6 | 692418.8 | 9230573 | 0.0029   | -0.33578 | 31.93578 | 31.93868 |
| 112.7583  | -6.9577  | -3      | 17.5 | 694253.3 | 9230566 | 0.003924 | -0.33578 | 17.83578 | 17.8397  |
| 112.775   | -6.9577  | -1      | 9.1  | 696098.8 | 9230559 | 0.005285 | -0.11193 | 9.211926 | 9.217211 |
| 112.7917  | -6.9577  | -2      | 11   | 697944.4 | 9230552 | 0.007295 | -0.22385 | 11.22385 | 11.23115 |
| 112.8083  | -6.9577  | -4      | 18.9 | 699778.9 | 9230545 | 0.083819 | -0.44771 | 19.34771 | 19.43152 |
| 112.825   | -6.9577  | 5       | 25.9 | 701624.5 | 9230538 | 0.039418 | 0.559632 | 25.34037 | 25.37979 |
| 112.8417  | -6.9577  | 7       | 29.6 | 703470.2 | 9230531 | 0.06159  | 0.783485 | 28.81652 | 28.87811 |
| 112.8583  | -6.9577  | 29      | 31.1 | 705304.7 | 9230524 | 0.07692  | 3.245866 | 27.85413 | 27.93105 |
| 112.875   | -6.9577  | 21      | 31.7 | 707150.4 | 9230517 | 0.264687 | 2.350454 | 29.34955 | 29.61423 |
| 112.8917  | -6.9577  | 49      | 32.4 | 708996.1 | 9230509 | 0.365004 | 5.484394 | 26.91561 | 27.28061 |
| 112.9083  | -6.9577  | 53      | 33.6 | 710830.7 | 9230502 | 0.131134 | 5.932099 | 27.6679  | 27.79903 |
| 112.925   | -6.9577  | 59      | 35.3 | 712676.4 | 9230494 | 0.118361 | 6.603658 | 28.69634 | 28.8147  |
| 112.9417  | -6.9577  | 65      | 37.4 | 714522.1 | 9230487 | 0.114821 | 7.275216 | 30.12478 | 30.23961 |
| 112.9583  | -6.9577  | 73      | 39.7 | 716356.8 | 9230479 | 0.102463 | 8.170627 | 31.52937 | 31.63184 |
| 112.975   | -6.9577  | 73      | 41.9 | 718202.6 | 9230472 | 0.224795 | 8.170627 | 33.72937 | 33.95417 |
| 112.9917  | -6.9577  | 111     | 43.8 | 720048.4 | 9230464 | 0.218817 | 12.42383 | 31.37617 | 31.59499 |
| 113.0083  | -6.9577  | 127     | 45.3 | 721883.1 | 9230456 | 0.621631 | 14.21465 | 31.08535 | 31.70698 |
| 113.025   | -6.9577  | 111     | 46.5 | 723728.9 | 9230448 | 0.204964 | 12.42383 | 34.07617 | 34.28113 |
| 113.0417  | -6.9577  | 111     | 47.4 | 725574.8 | 9230440 | 0.244862 | 12.42383 | 34.97617 | 35.22103 |

|          |         |     |      |          |         |          |          |          |          |
|----------|---------|-----|------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|
| 113.0583 | -6.9577 | 99  | 48.1 | 727409.6 | 9230432 | 0.297775 | 11.08071 | 37.01929 | 37.31706 |
| 113.075  | -6.9577 | 85  | 48.9 | 729255.4 | 9230424 | 0.211001 | 9.513744 | 39.38626 | 39.59726 |
| 113.0917 | -6.9577 | 101 | 49.7 | 731101.3 | 9230416 | 0.334604 | 11.30457 | 38.39543 | 38.73004 |
| 113.1083 | -6.9577 | 117 | 50.5 | 732936.2 | 9230408 | 0.342315 | 13.09539 | 37.40461 | 37.74693 |
| 113.125  | -6.9577 | 117 | 51.4 | 734782.1 | 9230400 | 0.22352  | 13.09539 | 38.30461 | 38.52813 |
| 113.1417 | -6.9577 | 103 | 52.1 | 736628.1 | 9230391 | 0.136199 | 11.52842 | 40.57158 | 40.70778 |
| 112.675  | -6.9743 | -5  | 42.5 | 685041.3 | 9228764 | 0.001163 | -0.55963 | 43.05963 | 43.0608  |
| 112.6917 | -6.9743 | -7  | 47.3 | 686886.7 | 9228757 | 0.001463 | -0.78348 | 48.08348 | 48.08495 |
| 112.7083 | -6.9743 | -7  | 47.1 | 688721.1 | 9228750 | 0.001871 | -0.78348 | 47.88348 | 47.88536 |
| 112.725  | -6.9743 | -1  | 40.3 | 690566.6 | 9228744 | 0.002448 | -0.11193 | 40.41193 | 40.41437 |
| 112.7417 | -6.9743 | -1  | 28.9 | 692412   | 9228737 | 0.003267 | -0.11193 | 29.01193 | 29.01519 |
| 112.7583 | -6.9743 | -3  | 17.6 | 694246.4 | 9228730 | 0.004489 | -0.33578 | 17.93578 | 17.94027 |
| 112.775  | -6.9743 | -4  | 12.5 | 696091.9 | 9228723 | 0.006206 | -0.44771 | 12.94771 | 12.95391 |
| 112.7917 | -6.9743 | -4  | 15.5 | 697937.4 | 9228716 | 0.07775  | -0.44771 | 15.94771 | 16.02546 |
| 112.8083 | -6.9743 | 5   | 21.8 | 699771.9 | 9228709 | 0.06556  | 0.559632 | 21.24037 | 21.30593 |
| 112.825  | -6.9743 | 7   | 26.9 | 701617.4 | 9228702 | 0.053531 | 0.783485 | 26.11652 | 26.17005 |
| 112.8417 | -6.9743 | 17  | 29.9 | 703463   | 9228695 | 0.086985 | 1.902749 | 27.99725 | 28.08424 |
| 112.8583 | -6.9743 | 45  | 31.6 | 705297.5 | 9228688 | 0.099322 | 5.036688 | 26.56331 | 26.66263 |
| 112.875  | -6.9743 | 37  | 32.7 | 707143.1 | 9228681 | 0.160537 | 4.141277 | 28.55872 | 28.71926 |
| 112.8917 | -6.9743 | 35  | 34   | 708988.7 | 9228673 | 0.234776 | 3.917424 | 30.08258 | 30.31735 |
| 112.9083 | -6.9743 | 55  | 35.7 | 710823.3 | 9228666 | 0.278918 | 6.155952 | 29.54405 | 29.82297 |
| 112.925  | -6.9743 | 67  | 37.8 | 712668.9 | 9228658 | 0.81551  | 7.499069 | 30.30093 | 31.11644 |
| 112.9417 | -6.9743 | 55  | 40.1 | 714514.6 | 9228651 | 0.186386 | 6.155952 | 33.94405 | 34.13043 |
| 112.9583 | -6.9743 | 61  | 42.4 | 716349.2 | 9228643 | 0.1629   | 6.82751  | 35.57249 | 35.73539 |
| 112.975  | -6.9743 | 89  | 44.5 | 718194.9 | 9228635 | 0.33711  | 9.96145  | 34.53855 | 34.87566 |

|          |         |     |      |          |         |          |          |          |          |
|----------|---------|-----|------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|
| 112.9917 | -6.9743 | 155 | 46   | 720040.6 | 9228628 | 0.910544 | 17.34859 | 28.65141 | 29.56195 |
| 113.0083 | -6.9743 | 119 | 47.1 | 721875.3 | 9228620 | 0.228525 | 13.31924 | 33.78076 | 34.00928 |
| 113.025  | -6.9743 | 125 | 47.8 | 723721.1 | 9228612 | 0.394241 | 13.9908  | 33.8092  | 34.20344 |
| 113.0417 | -6.9743 | 127 | 48.3 | 725566.8 | 9228604 | 0.186007 | 14.21465 | 34.08535 | 34.27135 |
| 113.0583 | -6.9743 | 117 | 48.7 | 727401.6 | 9228596 | 0.234037 | 13.09539 | 35.60461 | 35.83865 |
| 113.075  | -6.9743 | 113 | 49.3 | 729247.4 | 9228588 | 0.25284  | 12.64768 | 36.65232 | 36.90516 |
| 113.0917 | -6.9743 | 109 | 50.1 | 731093.2 | 9228580 | 0.176686 | 12.19998 | 37.90002 | 38.07671 |
| 113.1083 | -6.9743 | 113 | 51.1 | 732928   | 9228572 | 0.25303  | 12.64768 | 38.45232 | 38.70535 |
| 113.125  | -6.9743 | 125 | 52.1 | 734773.8 | 9228563 | 0.448345 | 13.9908  | 38.1092  | 38.55755 |
| 113.1417 | -6.9743 | 113 | 53   | 736619.7 | 9228555 | 0.327635 | 12.64768 | 40.35232 | 40.67995 |
| 112.675  | -6.9908 | -9  | 40.9 | 685034.8 | 9226939 | 0.001291 | -1.00734 | 41.90734 | 41.90863 |
| 112.6917 | -6.9908 | -9  | 44.8 | 686880.2 | 9226932 | 0.001631 | -1.00734 | 45.80734 | 45.80897 |
| 112.7083 | -6.9908 | -3  | 43.4 | 688714.5 | 9226926 | 0.002086 | -0.33578 | 43.73578 | 43.73787 |
| 112.725  | -6.9908 | -1  | 35.8 | 690559.9 | 9226919 | 0.00275  | -0.11193 | 35.91193 | 35.91468 |
| 112.7417 | -6.9908 | -1  | 25.7 | 692405.3 | 9226912 | 0.00371  | -0.11193 | 25.81193 | 25.81564 |
| 112.7583 | -6.9908 | -1  | 18.6 | 694239.6 | 9226905 | 0.005192 | -0.11193 | 18.71193 | 18.71712 |
| 112.775  | -6.9908 | -4  | 17.1 | 696085.1 | 9226898 | 0.007666 | -0.44771 | 17.54771 | 17.55537 |
| 112.7917 | -6.9908 | 1   | 20   | 697930.5 | 9226891 | 0.056446 | 0.111926 | 19.88807 | 19.94452 |
| 112.8083 | -6.9908 | 5   | 24.2 | 699764.9 | 9226884 | 0.049228 | 0.559632 | 23.64037 | 23.6896  |
| 112.825  | -6.9908 | 15  | 27.6 | 701610.4 | 9226877 | 0.113011 | 1.678896 | 25.9211  | 26.03412 |
| 112.8417 | -6.9908 | 19  | 30   | 703455.9 | 9226870 | 0.104991 | 2.126602 | 27.8734  | 27.97839 |
| 112.8583 | -6.9908 | 37  | 31.7 | 705290.3 | 9226863 | 0.178938 | 4.141277 | 27.55872 | 27.73766 |
| 112.875  | -6.9908 | 67  | 33.2 | 707135.9 | 9226856 | 0.182277 | 7.499069 | 25.70093 | 25.88321 |
| 112.8917 | -6.9908 | 109 | 34.9 | 708981.4 | 9226848 | 0.340108 | 12.19998 | 22.70002 | 23.04013 |
| 112.9083 | -6.9908 | 61  | 36.9 | 710815.9 | 9226841 | 0.245467 | 6.82751  | 30.07249 | 30.31796 |

|          |         |     |      |          |         |          |          |          |          |
|----------|---------|-----|------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|
| 112.925  | -6.9908 | 43  | 39.2 | 712661.5 | 9226833 | 0.193507 | 4.812835 | 34.38716 | 34.58067 |
| 112.9417 | -6.9908 | 63  | 41.6 | 714507.1 | 9226826 | 0.191787 | 7.051363 | 34.54864 | 34.74042 |
| 112.9583 | -6.9908 | 85  | 43.9 | 716341.6 | 9226818 | 0.194541 | 9.513744 | 34.38626 | 34.5808  |
| 112.975  | -6.9908 | 97  | 45.7 | 718187.3 | 9226810 | 0.187698 | 10.85686 | 34.84314 | 35.03084 |
| 112.9917 | -6.9908 | 105 | 47   | 720032.9 | 9226803 | 0.280433 | 11.75227 | 35.24773 | 35.52816 |
| 113.0083 | -6.9908 | 95  | 47.8 | 721867.5 | 9226795 | 0.091559 | 10.63301 | 37.16699 | 37.25855 |
| 113.025  | -6.9908 | 95  | 48.2 | 723713.2 | 9226787 | 0.211526 | 10.63301 | 37.56699 | 37.77852 |
| 113.0417 | -6.9908 | 103 | 48.4 | 725558.9 | 9226779 | 0.332359 | 11.52842 | 36.87158 | 37.20394 |
| 113.0583 | -6.9908 | 121 | 48.7 | 727393.6 | 9226771 | 0.326593 | 13.54309 | 35.15691 | 35.4835  |
| 113.075  | -6.9908 | 131 | 49.3 | 729239.3 | 9226763 | 0.169512 | 14.66236 | 34.63764 | 34.80715 |
| 113.0917 | -6.9908 | 127 | 50.2 | 731085.1 | 9226755 | 0.346455 | 14.21465 | 35.98535 | 36.3318  |
| 113.1083 | -6.9908 | 119 | 51.3 | 732919.8 | 9226746 | 0.252874 | 13.31924 | 37.98076 | 38.23363 |
| 113.125  | -6.9908 | 111 | 52.5 | 734765.6 | 9226738 | 0.253162 | 12.42383 | 40.07617 | 40.32933 |
| 113.1417 | -6.9908 | 103 | 53.5 | 736611.4 | 9226730 | 0.379268 | 11.52842 | 41.97158 | 42.35085 |
| 112.675  | -7.0074 | -15 | 35.8 | 685028.3 | 9225103 | 0.001478 | -1.6789  | 37.4789  | 37.48037 |
| 112.6917 | -7.0074 | -5  | 38.3 | 686873.6 | 9225096 | 0.001871 | -0.55963 | 38.85963 | 38.8615  |
| 112.7083 | -7.0074 | -22 | 36.7 | 688707.8 | 9225090 | 0.002388 | -2.46238 | 39.16238 | 39.16477 |
| 112.725  | -7.0074 | -3  | 30.5 | 690553.1 | 9225083 | 0.003154 | -0.33578 | 30.83578 | 30.83893 |
| 112.7417 | -7.0074 | -1  | 23.6 | 692398.5 | 9225076 | 0.004321 | -0.11193 | 23.71193 | 23.71625 |
| 112.7583 | -7.0074 | -4  | 20   | 694232.8 | 9225069 | 0.024639 | -0.44771 | 20.44771 | 20.47234 |
| 112.775  | -7.0074 | 3   | 20.3 | 696078.1 | 9225062 | 0.108974 | 0.335779 | 19.96422 | 20.07319 |
| 112.7917 | -7.0074 | 6   | 22.6 | 697923.5 | 9225055 | 0.039893 | 0.671558 | 21.92844 | 21.96833 |
| 112.8083 | -7.0074 | 9   | 25.4 | 699757.8 | 9225048 | 0.107139 | 1.007338 | 24.39266 | 24.4998  |
| 112.825  | -7.0074 | 23  | 27.9 | 701603.2 | 9225041 | 0.092742 | 2.574307 | 25.32569 | 25.41843 |
| 112.8417 | -7.0074 | 31  | 29.9 | 703448.7 | 9225034 | 0.206563 | 3.469718 | 26.43028 | 26.63684 |

|          |         |     |      |          |         |          |          |          |          |
|----------|---------|-----|------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|
| 112.8583 | -7.0074 | 41  | 31.6 | 705283.1 | 9225027 | 0.168149 | 4.588982 | 27.01102 | 27.17917 |
| 112.875  | -7.0074 | 65  | 33.3 | 707128.5 | 9225020 | 0.202533 | 7.275216 | 26.02478 | 26.22732 |
| 112.8917 | -7.0074 | 95  | 35.2 | 708974   | 9225012 | 0.178437 | 10.63301 | 24.56699 | 24.74543 |
| 112.9083 | -7.0074 | 75  | 37.4 | 710808.4 | 9225005 | 0.322332 | 8.39448  | 29.00552 | 29.32785 |
| 112.925  | -7.0074 | 55  | 39.8 | 712654   | 9224997 | 0.221398 | 6.155952 | 33.64405 | 33.86545 |
| 112.9417 | -7.0074 | 63  | 42.2 | 714499.5 | 9224990 | 0.310205 | 7.051363 | 35.14864 | 35.45884 |
| 112.9583 | -7.0074 | 83  | 44.3 | 716334   | 9224982 | 0.266803 | 9.289891 | 35.01011 | 35.27691 |
| 112.975  | -7.0074 | 87  | 45.9 | 718179.5 | 9224974 | 0.122022 | 9.737597 | 36.1624  | 36.28443 |
| 112.9917 | -7.0074 | 75  | 47   | 720025.1 | 9224966 | 0.20843  | 8.39448  | 38.60552 | 38.81395 |
| 113.0083 | -7.0074 | 85  | 47.5 | 721859.7 | 9224959 | 0.092186 | 9.513744 | 37.98626 | 38.07844 |
| 113.025  | -7.0074 | 75  | 47.8 | 723705.3 | 9224951 | 0.193665 | 8.39448  | 39.40552 | 39.59919 |
| 113.0417 | -7.0074 | 105 | 47.9 | 725550.9 | 9224943 | 0.430462 | 11.75227 | 36.14773 | 36.57819 |
| 113.0583 | -7.0074 | 117 | 48.2 | 727385.5 | 9224935 | 0.453339 | 13.09539 | 35.10461 | 35.55795 |
| 113.075  | -7.0074 | 115 | 48.8 | 729231.2 | 9224927 | 0.399307 | 12.87154 | 35.92846 | 36.32777 |
| 113.0917 | -7.0074 | 93  | 49.9 | 731076.9 | 9224918 | 0.21502  | 10.40916 | 39.49084 | 39.70586 |
| 113.1083 | -7.0074 | 113 | 51.1 | 732911.6 | 9224910 | 0.237034 | 12.64768 | 38.45232 | 38.68935 |
| 113.125  | -7.0074 | 107 | 52.4 | 734757.3 | 9224902 | 0.881259 | 11.97612 | 40.42388 | 41.30513 |
| 113.1417 | -7.0074 | 85  | 53.5 | 736603.1 | 9224893 | 0.336836 | 9.513744 | 43.98626 | 44.32309 |
| 112.675  | -7.0239 | -13 | 29.3 | 685021.8 | 9223278 | 0.001886 | -1.45504 | 30.75504 | 30.75693 |
| 112.6917 | -7.0239 | -3  | 30.4 | 686867   | 9223272 | 0.002491 | -0.33578 | 30.73578 | 30.73827 |
| 112.7083 | -7.0239 | -10 | 29.1 | 688701.2 | 9223265 | 0.002951 | -1.11926 | 30.21926 | 30.22222 |
| 112.725  | -7.0239 | -4  | 25.5 | 690546.4 | 9223258 | 0.003886 | -0.44771 | 25.94771 | 25.95159 |
| 112.7417 | -7.0239 | 3   | 22.1 | 692391.7 | 9223251 | 0.031876 | 0.335779 | 21.76422 | 21.7961  |
| 112.7583 | -7.0239 | 3   | 21   | 694225.9 | 9223245 | 0.014777 | 0.335779 | 20.66422 | 20.679   |
| 112.775  | -7.0239 | 3   | 21.9 | 696071.2 | 9223238 | 0.085875 | 0.335779 | 21.56422 | 21.6501  |

|          |         |     |      |          |         |          |          |          |          |
|----------|---------|-----|------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|
| 112.7917 | -7.0239 | 9   | 23.8 | 697916.5 | 9223231 | 0.08431  | 1.007338 | 22.79266 | 22.87697 |
| 112.8083 | -7.0239 | 29  | 26   | 699750.8 | 9223224 | 0.166055 | 3.245866 | 22.75413 | 22.92019 |
| 112.825  | -7.0239 | 51  | 28.1 | 701596.1 | 9223216 | 0.216963 | 5.708246 | 22.39175 | 22.60872 |
| 112.8417 | -7.0239 | 63  | 29.9 | 703441.5 | 9223209 | 0.635494 | 7.051363 | 22.84864 | 23.48413 |
| 112.8583 | -7.0239 | 61  | 31.6 | 705275.8 | 9223202 | 0.113993 | 6.82751  | 24.77249 | 24.88648 |
| 112.875  | -7.0239 | 75  | 33.4 | 707121.2 | 9223195 | 0.132244 | 8.39448  | 25.00552 | 25.13776 |
| 112.8917 | -7.0239 | 87  | 35.4 | 708966.6 | 9223187 | 0.19065  | 9.737597 | 25.6624  | 25.85305 |
| 112.9083 | -7.0239 | 81  | 37.7 | 710801   | 9223180 | 0.300027 | 9.066038 | 28.63396 | 28.93399 |
| 112.925  | -7.0239 | 111 | 40   | 712646.5 | 9223172 | 0.57873  | 12.42383 | 27.57617 | 28.1549  |
| 112.9417 | -7.0239 | 153 | 42.3 | 714491.9 | 9223165 | 0.964594 | 17.12474 | 25.17526 | 26.13985 |
| 112.9583 | -7.0239 | 87  | 44.1 | 716326.4 | 9223157 | 0.217329 | 9.737597 | 34.3624  | 34.57973 |
| 112.975  | -7.0239 | 77  | 45.5 | 718171.9 | 9223149 | 0.187963 | 8.618333 | 36.88167 | 37.06963 |
| 112.9917 | -7.0239 | 67  | 46.4 | 720017.4 | 9223141 | 0.122027 | 7.499069 | 38.90093 | 39.02296 |
| 113.0083 | -7.0239 | 65  | 46.7 | 721851.9 | 9223133 | 0.100298 | 7.275216 | 39.42478 | 39.52508 |
| 113.025  | -7.0239 | 69  | 46.7 | 723697.4 | 9223126 | 0.27291  | 7.722922 | 38.97708 | 39.24999 |
| 113.0417 | -7.0239 | 89  | 46.7 | 725543   | 9223118 | 0.210437 | 9.96145  | 36.73855 | 36.94899 |
| 113.0583 | -7.0239 | 109 | 47.1 | 727377.5 | 9223109 | 0.796576 | 12.19998 | 34.90002 | 35.6966  |
| 113.075  | -7.0239 | 107 | 47.8 | 729223.1 | 9223101 | 0.286597 | 11.97612 | 35.82388 | 36.11047 |
| 113.0917 | -7.0239 | 89  | 48.8 | 731068.8 | 9223093 | 0.333286 | 9.96145  | 38.83855 | 39.17184 |
| 113.1083 | -7.0239 | 73  | 50.2 | 732903.4 | 9223085 | 0.286626 | 8.170627 | 42.02937 | 42.316   |
| 113.125  | -7.0239 | 71  | 51.5 | 734749   | 9223077 | 0.891012 | 7.946774 | 43.55323 | 44.44424 |
| 113.1417 | -7.0239 | 71  | 52.6 | 736594.7 | 9223068 | 0.133876 | 7.946774 | 44.65323 | 44.7871  |
| 112.675  | -7.0405 | -11 | 24.1 | 685015.2 | 9221442 | 0.00373  | -1.23119 | 25.33119 | 25.33492 |
| 112.6917 | -7.0405 | 7   | 24.2 | 686860.4 | 9221436 | 0.131052 | 0.783485 | 23.41652 | 23.54757 |
| 112.7083 | -7.0405 | 3   | 23.4 | 688694.5 | 9221429 | 0.072114 | 0.335779 | 23.06422 | 23.13633 |

|          |         |     |      |          |         |          |          |          |          |
|----------|---------|-----|------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|
| 112.725  | -7.0405 | 5   | 21.9 | 690539.7 | 9221422 | 0.095497 | 0.559632 | 21.34037 | 21.43587 |
| 112.7417 | -7.0405 | 5   | 20.9 | 692384.9 | 9221416 | 0.055968 | 0.559632 | 20.34037 | 20.39634 |
| 112.7583 | -7.0405 | 3   | 21.3 | 694219   | 9221409 | 0.034682 | 0.335779 | 20.96422 | 20.9989  |
| 112.775  | -7.0405 | 5   | 22.6 | 696064.2 | 9221402 | 0.046268 | 0.559632 | 22.04037 | 22.08664 |
| 112.7917 | -7.0405 | 13  | 24.5 | 697909.5 | 9221395 | 0.117373 | 1.455043 | 23.04496 | 23.16233 |
| 112.8083 | -7.0405 | 27  | 26.4 | 699743.7 | 9221388 | 0.077507 | 3.022013 | 23.37799 | 23.45549 |
| 112.825  | -7.0405 | 71  | 28.3 | 701589   | 9221380 | 0.247916 | 7.946774 | 20.35323 | 20.60114 |
| 112.8417 | -7.0405 | 85  | 30.1 | 703434.3 | 9221373 | 0.320021 | 9.513744 | 20.58626 | 20.90628 |
| 112.8583 | -7.0405 | 65  | 31.8 | 705268.5 | 9221366 | 0.264279 | 7.275216 | 24.52478 | 24.78906 |
| 112.875  | -7.0405 | 73  | 33.7 | 707113.9 | 9221359 | 0.119477 | 8.170627 | 25.52937 | 25.64885 |
| 112.8917 | -7.0405 | 99  | 35.7 | 708959.2 | 9221351 | 0.211597 | 11.08071 | 24.61929 | 24.83088 |
| 112.9083 | -7.0405 | 123 | 37.9 | 710793.5 | 9221344 | 0.731968 | 13.76695 | 24.13305 | 24.86502 |
| 112.925  | -7.0405 | 121 | 40.1 | 712638.9 | 9221336 | 0.483869 | 13.54309 | 26.55691 | 27.04077 |
| 112.9417 | -7.0405 | 103 | 42.1 | 714484.3 | 9221328 | 0.527726 | 11.52842 | 30.57158 | 31.09931 |
| 112.9583 | -7.0405 | 71  | 43.7 | 716318.7 | 9221321 | 0.399373 | 7.946774 | 35.75323 | 36.1526  |
| 112.975  | -7.0405 | 61  | 44.8 | 718164.1 | 9221313 | 0.300029 | 6.82751  | 37.97249 | 38.27252 |
| 112.9917 | -7.0405 | 61  | 45.4 | 720009.6 | 9221305 | 0.30637  | 6.82751  | 38.57249 | 38.87886 |
| 113.0083 | -7.0405 | 53  | 45.4 | 721844   | 9221297 | 0.279095 | 5.932099 | 39.4679  | 39.747   |
| 113.025  | -7.0405 | 69  | 45.2 | 723689.5 | 9221289 | 0.166866 | 7.722922 | 37.47708 | 37.64394 |
| 113.0417 | -7.0405 | 77  | 45.1 | 725535   | 9221281 | 0.12038  | 8.618333 | 36.48167 | 36.60205 |
| 113.0583 | -7.0405 | 67  | 45.3 | 727369.5 | 9221273 | 0.224498 | 7.499069 | 37.80093 | 38.02543 |
| 113.075  | -7.0405 | 83  | 45.9 | 729215   | 9221265 | 0.32488  | 9.289891 | 36.61011 | 36.93499 |
| 113.0917 | -7.0405 | 93  | 47   | 731060.6 | 9221257 | 0.179451 | 10.40916 | 36.59084 | 36.7703  |
| 113.1083 | -7.0405 | 75  | 48.4 | 732895.1 | 9221249 | 0.217898 | 8.39448  | 40.00552 | 40.22342 |
| 113.125  | -7.0405 | 61  | 49.7 | 734740.7 | 9221240 | 0.131534 | 6.82751  | 42.87249 | 43.00402 |

|          |         |     |      |          |         |          |          |          |          |
|----------|---------|-----|------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|
| 113.1417 | -7.0405 | 49  | 50.7 | 736586.3 | 9221232 | 0.122061 | 5.484394 | 45.21561 | 45.33767 |
| 112.675  | -7.057  | -5  | 20.5 | 685008.7 | 9219618 | 0.008004 | -0.55963 | 21.05963 | 21.06764 |
| 112.6917 | -7.057  | 7   | 20.4 | 686853.7 | 9219611 | 0.055564 | 0.783485 | 19.61652 | 19.67208 |
| 112.7083 | -7.057  | 3   | 20.1 | 688687.8 | 9219604 | 0.053517 | 0.335779 | 19.76422 | 19.81774 |
| 112.725  | -7.057  | 3   | 19.9 | 690532.9 | 9219598 | 0.04168  | 0.335779 | 19.56422 | 19.6059  |
| 112.7417 | -7.057  | 5   | 20.3 | 692378   | 9219591 | 0.049971 | 0.559632 | 19.74037 | 19.79034 |
| 112.7583 | -7.057  | 5   | 21.4 | 694212.1 | 9219584 | 0.041243 | 0.559632 | 20.84037 | 20.88161 |
| 112.775  | -7.057  | 11  | 23   | 696057.3 | 9219577 | 0.064627 | 1.23119  | 21.76881 | 21.83344 |
| 112.7917 | -7.057  | 13  | 24.8 | 697902.5 | 9219570 | 0.111144 | 1.455043 | 23.34496 | 23.4564  |
| 112.8083 | -7.057  | 15  | 26.8 | 699736.6 | 9219563 | 0.113234 | 1.678896 | 25.1211  | 25.23434 |
| 112.825  | -7.057  | 39  | 28.6 | 701581.8 | 9219555 | 0.163162 | 4.36513  | 24.23487 | 24.39803 |
| 112.8417 | -7.057  | 41  | 30.4 | 703427.1 | 9219548 | 0.111194 | 4.588982 | 25.81102 | 25.92221 |
| 112.8583 | -7.057  | 35  | 32.2 | 705261.3 | 9219541 | 0.098329 | 3.917424 | 28.28258 | 28.38091 |
| 112.875  | -7.057  | 45  | 34   | 707106.5 | 9219534 | 0.075564 | 5.036688 | 28.96331 | 29.03888 |
| 112.8917 | -7.057  | 61  | 36   | 708951.8 | 9219526 | 0.111028 | 6.82751  | 29.17249 | 29.28352 |
| 112.9083 | -7.057  | 79  | 38.1 | 710786.1 | 9219519 | 0.143886 | 8.842186 | 29.25781 | 29.4017  |
| 112.925  | -7.057  | 97  | 40.1 | 712631.4 | 9219511 | 0.145684 | 10.85686 | 29.24314 | 29.38882 |
| 112.9417 | -7.057  | 129 | 41.9 | 714476.7 | 9219503 | 0.327485 | 14.43851 | 27.46149 | 27.78898 |
| 112.9583 | -7.057  | 139 | 43.2 | 716311   | 9219496 | 0.977364 | 15.55777 | 27.64223 | 28.61959 |
| 112.975  | -7.057  | 97  | 44   | 718156.4 | 9219488 | 0.304231 | 10.85686 | 33.14314 | 33.44737 |
| 112.9917 | -7.057  | 51  | 44.2 | 720001.8 | 9219480 | 0.212898 | 5.708246 | 38.49175 | 38.70465 |
| 113.0083 | -7.057  | 45  | 43.9 | 721836.1 | 9219472 | 0.146729 | 5.036688 | 38.86331 | 39.01004 |
| 113.025  | -7.057  | 61  | 43.4 | 723681.6 | 9219464 | 0.239293 | 6.82751  | 36.57249 | 36.81178 |
| 113.0417 | -7.057  | 61  | 43   | 725527   | 9219456 | 0.12066  | 6.82751  | 36.17249 | 36.29315 |
| 113.0583 | -7.057  | 55  | 43   | 727361.4 | 9219448 | 0.223947 | 6.155952 | 36.84405 | 37.068   |

|          |         |     |      |          |         |          |          |          |          |
|----------|---------|-----|------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|
| 113.075  | -7.057  | 51  | 43.5 | 729206.9 | 9219440 | 0.264393 | 5.708246 | 37.79175 | 38.05615 |
| 113.0917 | -7.057  | 51  | 44.4 | 731052.4 | 9219432 | 0.248452 | 5.708246 | 38.69175 | 38.94021 |
| 113.1083 | -7.057  | 41  | 45.6 | 732886.8 | 9219423 | 0.282775 | 4.588982 | 41.01102 | 41.29379 |
| 113.125  | -7.057  | 41  | 46.8 | 734732.4 | 9219415 | 0.092455 | 4.588982 | 42.21102 | 42.30347 |
| 113.1417 | -7.057  | 41  | 47.8 | 736577.9 | 9219407 | 0.162988 | 4.588982 | 43.21102 | 43.37401 |
| 112.675  | -7.0735 | -3  | 17.4 | 685002.1 | 9217793 | 0.071872 | -0.33578 | 17.73578 | 17.80765 |
| 112.6917 | -7.0735 | 11  | 17.7 | 686847.1 | 9217786 | 0.073722 | 1.23119  | 16.46881 | 16.54253 |
| 112.7083 | -7.0735 | 7   | 18.2 | 688681.1 | 9217779 | 0.042125 | 0.783485 | 17.41652 | 17.45864 |
| 112.725  | -7.0735 | 17  | 18.8 | 690526.2 | 9217773 | 0.062251 | 1.902749 | 16.89725 | 16.9595  |
| 112.7417 | -7.0735 | 19  | 19.8 | 692371.2 | 9217766 | 0.052966 | 2.126602 | 17.6734  | 17.72636 |
| 112.7583 | -7.0735 | 19  | 21.3 | 694205.3 | 9217759 | 0.183272 | 2.126602 | 19.1734  | 19.35667 |
| 112.775  | -7.0735 | 11  | 23   | 696050.4 | 9217752 | 0.130488 | 1.23119  | 21.76881 | 21.8993  |
| 112.7917 | -7.0735 | 11  | 25   | 697895.5 | 9217745 | 0.039772 | 1.23119  | 23.76881 | 23.80858 |
| 112.8083 | -7.0735 | 15  | 26.9 | 699729.5 | 9217738 | 0.07595  | 1.678896 | 25.2211  | 25.29705 |
| 112.825  | -7.0735 | 17  | 28.8 | 701574.7 | 9217731 | 0.036907 | 1.902749 | 26.89725 | 26.93416 |
| 112.8417 | -7.0735 | 21  | 30.6 | 703419.9 | 9217723 | 0.093327 | 2.350454 | 28.24955 | 28.34287 |
| 112.8583 | -7.0735 | 27  | 32.4 | 705254   | 9217716 | 0.054954 | 3.022013 | 29.37799 | 29.43294 |
| 112.875  | -7.0735 | 37  | 34.3 | 707099.2 | 9217709 | 0.144257 | 4.141277 | 30.15872 | 30.30298 |
| 112.8917 | -7.0735 | 49  | 36.2 | 708944.4 | 9217701 | 0.10734  | 5.484394 | 30.71561 | 30.82295 |
| 112.9083 | -7.0735 | 69  | 38.1 | 710778.6 | 9217694 | 0.166875 | 7.722922 | 30.37708 | 30.54395 |
| 112.925  | -7.0735 | 85  | 39.9 | 712623.8 | 9217686 | 0.149247 | 9.513744 | 30.38626 | 30.5355  |
| 112.9417 | -7.0735 | 111 | 41.5 | 714469.1 | 9217678 | 0.448013 | 12.42383 | 29.07617 | 29.52418 |
| 112.9583 | -7.0735 | 133 | 42.5 | 716303.3 | 9217671 | 0.18934  | 14.88621 | 27.61379 | 27.80313 |
| 112.975  | -7.0735 | 131 | 43   | 718148.6 | 9217663 | 0.324854 | 14.66236 | 28.33764 | 28.6625  |
| 112.9917 | -7.0735 | 63  | 42.9 | 719994   | 9217655 | 0.338839 | 7.051363 | 35.84864 | 36.18748 |

|          |         |     |      |          |         |          |          |          |          |
|----------|---------|-----|------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|
| 113.0083 | -7.0735 | 79  | 42.2 | 721828.3 | 9217647 | 0.228013 | 8.842186 | 33.35781 | 33.58583 |
| 113.025  | -7.0735 | 105 | 41.3 | 723673.6 | 9217639 | 0.335604 | 11.75227 | 29.54773 | 29.88333 |
| 113.0417 | -7.0735 | 113 | 40.6 | 725519   | 9217631 | 0.559359 | 12.64768 | 27.95232 | 28.51168 |
| 113.0583 | -7.0735 | 79  | 40.2 | 727353.3 | 9217623 | 0.33635  | 8.842186 | 31.35781 | 31.69416 |
| 113.075  | -7.0735 | 43  | 40.2 | 729198.7 | 9217615 | 0.101712 | 4.812835 | 35.38716 | 35.48888 |
| 113.0917 | -7.0735 | 31  | 40.9 | 731044.2 | 9217606 | 0.087777 | 3.469718 | 37.43028 | 37.51806 |
| 113.1083 | -7.0735 | 23  | 41.9 | 732878.6 | 9217598 | 0.102797 | 2.574307 | 39.32569 | 39.42849 |
| 113.125  | -7.0735 | 23  | 43   | 734724.1 | 9217590 | 0.158456 | 2.574307 | 40.42569 | 40.58415 |
| 113.1417 | -7.0735 | 33  | 43.8 | 736569.5 | 9217581 | 0.19674  | 3.693571 | 40.10643 | 40.30317 |
| 112.675  | -7.0901 | -5  | 13.8 | 684995.5 | 9215957 | 0.00353  | -0.55963 | 14.35963 | 14.36316 |
| 112.6917 | -7.0901 | 7   | 14.9 | 686840.4 | 9215950 | 0.068525 | 0.783485 | 14.11652 | 14.18504 |
| 112.7083 | -7.0901 | 13  | 16.4 | 688674.4 | 9215944 | 0.040721 | 1.455043 | 14.94496 | 14.98568 |
| 112.725  | -7.0901 | 41  | 17.7 | 690519.3 | 9215937 | 0.09843  | 4.588982 | 13.11102 | 13.20945 |
| 112.7417 | -7.0901 | 41  | 19.1 | 692364.3 | 9215930 | 0.085334 | 4.588982 | 14.51102 | 14.59635 |
| 112.7583 | -7.0901 | 29  | 20.8 | 694198.3 | 9215923 | 0.075214 | 3.245866 | 17.55413 | 17.62935 |
| 112.775  | -7.0901 | 17  | 22.6 | 696043.3 | 9215916 | 0.081793 | 1.902749 | 20.69725 | 20.77904 |
| 112.7917 | -7.0901 | 15  | 24.6 | 697888.4 | 9215909 | 0.049042 | 1.678896 | 22.9211  | 22.97015 |
| 112.8083 | -7.0901 | 19  | 26.6 | 699722.4 | 9215902 | 0.044567 | 2.126602 | 24.4734  | 24.51797 |
| 112.825  | -7.0901 | 21  | 28.5 | 701567.5 | 9215895 | 0.070933 | 2.350454 | 26.14955 | 26.22048 |
| 112.8417 | -7.0901 | 25  | 30.3 | 703412.6 | 9215887 | 0.090797 | 2.79816  | 27.50184 | 27.59264 |
| 112.8583 | -7.0901 | 35  | 32.1 | 705246.6 | 9215880 | 0.07548  | 3.917424 | 28.18258 | 28.25806 |
| 112.875  | -7.0901 | 45  | 34   | 707091.8 | 9215873 | 0.152415 | 5.036688 | 28.96331 | 29.11573 |
| 112.8917 | -7.0901 | 53  | 35.8 | 708936.9 | 9215865 | 0.108286 | 5.932099 | 29.8679  | 29.97619 |
| 112.9083 | -7.0901 | 67  | 37.7 | 710771   | 9215858 | 0.104909 | 7.499069 | 30.20093 | 30.30584 |
| 112.925  | -7.0901 | 87  | 39.4 | 712616.2 | 9215850 | 0.128902 | 9.737597 | 29.6624  | 29.79131 |

|          |         |     |      |          |         |          |          |          |          |
|----------|---------|-----|------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|
| 112.9417 | -7.0901 | 107 | 40.7 | 714461.4 | 9215842 | 0.170658 | 11.97612 | 28.72388 | 28.89453 |
| 112.9583 | -7.0901 | 127 | 41.6 | 716295.6 | 9215834 | 0.111128 | 14.21465 | 27.38535 | 27.49648 |
| 112.975  | -7.0901 | 115 | 41.8 | 718140.8 | 9215827 | 0.17788  | 12.87154 | 28.92846 | 29.10634 |
| 112.9917 | -7.0901 | 63  | 41.3 | 719986.1 | 9215819 | 0.450435 | 7.051363 | 34.24864 | 34.69907 |
| 113.0083 | -7.0901 | 47  | 40.3 | 721820.3 | 9215811 | 0.322952 | 5.260541 | 35.03946 | 35.36241 |
| 113.025  | -7.0901 | 81  | 39   | 723665.6 | 9215803 | 0.508651 | 9.066038 | 29.93396 | 30.44261 |
| 113.0417 | -7.0901 | 109 | 37.8 | 725510.9 | 9215795 | 0.775963 | 12.19998 | 25.60002 | 26.37599 |
| 113.0583 | -7.0901 | 87  | 36.9 | 727345.2 | 9215787 | 1.039001 | 9.737597 | 27.1624  | 28.2014  |
| 113.075  | -7.0901 | 63  | 36.6 | 729190.5 | 9215778 | 0.167485 | 7.051363 | 29.54864 | 29.71612 |
| 113.0917 | -7.0901 | 39  | 36.8 | 731035.9 | 9215770 | 0.143799 | 4.36513  | 32.43487 | 32.57867 |
| 113.1083 | -7.0901 | 19  | 37.6 | 732870.2 | 9215762 | 0.322538 | 2.126602 | 35.4734  | 35.79594 |
| 113.125  | -7.0901 | 75  | 38.5 | 734715.7 | 9215753 | 0.851329 | 8.39448  | 30.10552 | 30.95685 |
| 113.1417 | -7.0901 | 151 | 39.3 | 736561.1 | 9215745 | 2.037421 | 16.90089 | 22.39911 | 24.43653 |
| 112.675  | -7.1066 | -5  | 10.1 | 684988.9 | 9214132 | 0.003393 | -0.55963 | 10.65963 | 10.66303 |
| 112.6917 | -7.1066 | -4  | 11.9 | 686833.8 | 9214126 | 0.005837 | -0.44771 | 12.34771 | 12.35354 |
| 112.7083 | -7.1066 | 0   | 14.3 | 688667.6 | 9214119 | 0.076051 | 0        | 14.3     | 14.37605 |
| 112.725  | -7.1066 | 13  | 16.2 | 690512.5 | 9214112 | 0.113007 | 1.455043 | 14.74496 | 14.85796 |
| 112.7417 | -7.1066 | 43  | 17.8 | 692357.5 | 9214105 | 0.235214 | 4.812835 | 12.98716 | 13.22238 |
| 112.7583 | -7.1066 | 47  | 19.6 | 694191.4 | 9214098 | 0.094774 | 5.260541 | 14.33946 | 14.43423 |
| 112.775  | -7.1066 | 39  | 21.5 | 696036.3 | 9214091 | 0.095777 | 4.36513  | 17.13487 | 17.23065 |
| 112.7917 | -7.1066 | 33  | 23.4 | 697881.3 | 9214084 | 0.0791   | 3.693571 | 19.70643 | 19.78553 |
| 112.8083 | -7.1066 | 31  | 25.4 | 699715.3 | 9214077 | 0.065512 | 3.469718 | 21.93028 | 21.99579 |
| 112.825  | -7.1066 | 53  | 27.3 | 701560.3 | 9214070 | 0.142438 | 5.932099 | 21.3679  | 21.51034 |
| 112.8417 | -7.1066 | 55  | 29.1 | 703405.3 | 9214062 | 0.219369 | 6.155952 | 22.94405 | 23.16342 |
| 112.8583 | -7.1066 | 77  | 30.9 | 705239.3 | 9214055 | 0.180833 | 8.618333 | 22.28167 | 22.4625  |

|          |         |     |      |          |         |          |          |          |          |
|----------|---------|-----|------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|
| 112.875  | -7.1066 | 85  | 32.7 | 707084.4 | 9214048 | 0.250146 | 9.513744 | 23.18626 | 23.4364  |
| 112.8917 | -7.1066 | 91  | 34.5 | 708929.5 | 9214040 | 0.199714 | 10.1853  | 24.3147  | 24.51441 |
| 112.9083 | -7.1066 | 109 | 36.3 | 710763.5 | 9214033 | 0.189521 | 12.19998 | 24.10002 | 24.28954 |
| 112.925  | -7.1066 | 109 | 38   | 712608.7 | 9214025 | 0.383601 | 12.19998 | 25.80002 | 26.18362 |
| 112.9417 | -7.1066 | 135 | 39.3 | 714453.8 | 9214017 | 0.285735 | 15.11006 | 24.18994 | 24.47567 |
| 112.9583 | -7.1066 | 149 | 40   | 716287.9 | 9214009 | 0.231574 | 16.67703 | 23.32297 | 23.55454 |
| 112.975  | -7.1066 | 153 | 40   | 718133.1 | 9214002 | 0.801925 | 17.12474 | 22.87526 | 23.67719 |
| 112.9917 | -7.1066 | 113 | 39.3 | 719978.3 | 9213994 | 0.617249 | 12.64768 | 26.65232 | 27.26957 |
| 113.0083 | -7.1066 | 55  | 38.1 | 721812.4 | 9213986 | 0.203658 | 6.155952 | 31.94405 | 32.14771 |
| 113.025  | -7.1066 | 23  | 36.4 | 723657.6 | 9213978 | 0.252235 | 2.574307 | 33.82569 | 34.07793 |
| 113.0417 | -7.1066 | 17  | 34.7 | 725502.9 | 9213970 | 0.255513 | 1.902749 | 32.79725 | 33.05276 |
| 113.0583 | -7.1066 | 19  | 33.4 | 727337.1 | 9213961 | 0.250428 | 2.126602 | 31.2734  | 31.52383 |
| 113.075  | -7.1066 | 23  | 32.6 | 729182.4 | 9213953 | 0.10163  | 2.574307 | 30.02569 | 30.12732 |
| 113.0917 | -7.1066 | 33  | 32.4 | 731027.7 | 9213945 | 0.14078  | 3.693571 | 28.70643 | 28.84721 |
| 113.1083 | -7.1066 | 21  | 32.8 | 732861.9 | 9213937 | 0.23546  | 2.350454 | 30.44955 | 30.68501 |
| 113.125  | -7.1066 | 49  | 33.5 | 734707.3 | 9213928 | 0.52727  | 5.484394 | 28.01561 | 28.54288 |
| 113.1417 | -7.1066 | 91  | 34.3 | 736552.6 | 9213920 | 0.799312 | 10.1853  | 24.1147  | 24.91401 |
| 112.675  | -7.1232 | -11 | 7.2  | 684982.2 | 9212296 | 0.003607 | -1.23119 | 8.43119  | 8.434797 |
| 112.6917 | -7.1232 | -6  | 9.4  | 686827.1 | 9212290 | 0.005378 | -0.67156 | 10.07156 | 10.07694 |
| 112.7083 | -7.1232 | 0   | 12.2 | 688660.8 | 9212283 | 0.069404 | 0        | 12.2     | 12.2694  |
| 112.725  | -7.1232 | 9   | 14.2 | 690505.7 | 9212276 | 0.048514 | 1.007338 | 13.19266 | 13.24118 |
| 112.7417 | -7.1232 | 21  | 16   | 692350.6 | 9212269 | 0.046331 | 2.350454 | 13.64955 | 13.69588 |
| 112.7583 | -7.1232 | 33  | 17.7 | 694184.4 | 9212262 | 0.154973 | 3.693571 | 14.00643 | 14.1614  |
| 112.775  | -7.1232 | 45  | 19.5 | 696029.3 | 9212255 | 0.078188 | 5.036688 | 14.46331 | 14.5415  |
| 112.7917 | -7.1232 | 39  | 21.4 | 697874.2 | 9212248 | 0.046327 | 4.36513  | 17.03487 | 17.0812  |

|          |         |     |      |          |         |          |          |          |          |
|----------|---------|-----|------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|
| 112.8083 | -7.1232 | 57  | 23.2 | 699708.1 | 9212241 | 0.090797 | 6.379805 | 16.8202  | 16.91099 |
| 112.825  | -7.1232 | 89  | 25   | 701553.1 | 9212234 | 0.265284 | 9.96145  | 15.03855 | 15.30383 |
| 112.8417 | -7.1232 | 55  | 26.6 | 703398   | 9212226 | 0.133965 | 6.155952 | 20.44405 | 20.57801 |
| 112.8583 | -7.1232 | 101 | 28.4 | 705232   | 9212219 | 0.710175 | 11.30457 | 17.09543 | 17.80561 |
| 112.875  | -7.1232 | 103 | 30.1 | 707077   | 9212211 | 0.474407 | 11.52842 | 18.57158 | 19.04599 |
| 112.8917 | -7.1232 | 83  | 31.9 | 708922   | 9212204 | 0.182132 | 9.289891 | 22.61011 | 22.79224 |
| 112.9083 | -7.1232 | 97  | 33.8 | 710756   | 9212196 | 0.307641 | 10.85686 | 22.94314 | 23.25078 |
| 112.925  | -7.1232 | 89  | 35.5 | 712601   | 9212189 | 0.317344 | 9.96145  | 25.53855 | 25.85589 |
| 112.9417 | -7.1232 | 133 | 36.9 | 714446.1 | 9212181 | 0.454266 | 14.88621 | 22.01379 | 22.46805 |
| 112.9583 | -7.1232 | 127 | 37.7 | 716280.1 | 9212173 | 0.237431 | 14.21465 | 23.48535 | 23.72278 |
| 112.975  | -7.1232 | 141 | 37.8 | 718125.2 | 9212165 | 0.390444 | 15.78162 | 22.01838 | 22.40882 |
| 112.9917 | -7.1232 | 131 | 37   | 719970.3 | 9212158 | 0.479218 | 14.66236 | 22.33764 | 22.81686 |
| 113.0083 | -7.1232 | 95  | 35.5 | 721804.4 | 9212150 | 0.312796 | 10.63301 | 24.86699 | 25.17979 |
| 113.025  | -7.1232 | 33  | 33.6 | 723649.6 | 9212142 | 0.224268 | 3.693571 | 29.90643 | 30.1307  |
| 113.0417 | -7.1232 | 15  | 31.6 | 725494.8 | 9212133 | 0.119602 | 1.678896 | 29.9211  | 30.04071 |
| 113.0583 | -7.1232 | 7   | 29.9 | 727328.9 | 9212125 | 0.117144 | 0.783485 | 29.11652 | 29.23366 |
| 113.075  | -7.1232 | 3   | 28.6 | 729174.1 | 9212117 | 0.082513 | 0.335779 | 28.26422 | 28.34673 |
| 113.0917 | -7.1232 | 5   | 28.1 | 731019.4 | 9212109 | 0.086551 | 0.559632 | 27.54037 | 27.62692 |
| 113.1083 | -7.1232 | 5   | 28.1 | 732853.6 | 9212100 | 0.115747 | 0.559632 | 27.54037 | 27.65612 |
| 113.125  | -7.1232 | 5   | 28.7 | 734698.8 | 9212092 | 0.131759 | 0.559632 | 28.14037 | 28.27213 |
| 113.1417 | -7.1232 | 11  | 29.4 | 736544.1 | 9212083 | 0.144806 | 1.23119  | 28.16881 | 28.31362 |
| 112.675  | -7.1397 | -5  | 6    | 684975.6 | 9210472 | 0.004194 | -0.55963 | 6.559632 | 6.563826 |
| 112.6917 | -7.1397 | -4  | 7.8  | 686820.4 | 9210465 | 0.005914 | -0.44771 | 8.247706 | 8.25362  |
| 112.7083 | -7.1397 | 11  | 10.2 | 688654.1 | 9210458 | 0.083789 | 1.23119  | 8.96881  | 9.052599 |
| 112.725  | -7.1397 | 17  | 12   | 690498.9 | 9210451 | 0.084741 | 1.902749 | 10.09725 | 10.18199 |

|          |         |     |      |          |         |          |          |          |          |
|----------|---------|-----|------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|
| 112.7417 | -7.1397 | 37  | 13.6 | 692343.7 | 9210444 | 0.094295 | 4.141277 | 9.458723 | 9.553018 |
| 112.7583 | -7.1397 | 47  | 15.1 | 694177.4 | 9210437 | 0.117174 | 5.260541 | 9.839459 | 9.956633 |
| 112.775  | -7.1397 | 49  | 16.7 | 696022.3 | 9210430 | 0.063426 | 5.484394 | 11.21561 | 11.27903 |
| 112.7917 | -7.1397 | 43  | 18.3 | 697867.1 | 9210423 | 0.045332 | 4.812835 | 13.48716 | 13.5325  |
| 112.8083 | -7.1397 | 57  | 19.9 | 699701   | 9210416 | 0.135835 | 6.379805 | 13.5202  | 13.65603 |
| 112.825  | -7.1397 | 73  | 21.4 | 701545.8 | 9210409 | 0.186858 | 8.170627 | 13.22937 | 13.41623 |
| 112.8417 | -7.1397 | 49  | 22.9 | 703390.7 | 9210401 | 0.364835 | 5.484394 | 17.41561 | 17.78044 |
| 112.8583 | -7.1397 | 37  | 24.5 | 705224.6 | 9210394 | 0.231798 | 4.141277 | 20.35872 | 20.59052 |
| 112.875  | -7.1397 | 31  | 26.2 | 707069.5 | 9210387 | 0.181875 | 3.469718 | 22.73028 | 22.91216 |
| 112.8917 | -7.1397 | 27  | 28   | 708914.5 | 9210379 | 0.12533  | 3.022013 | 24.97799 | 25.10332 |
| 112.9083 | -7.1397 | 37  | 29.9 | 710748.4 | 9210371 | 0.224023 | 4.141277 | 25.75872 | 25.98275 |
| 112.925  | -7.1397 | 47  | 31.8 | 712593.4 | 9210364 | 0.223128 | 5.260541 | 26.53946 | 26.76259 |
| 112.9417 | -7.1397 | 67  | 33.5 | 714438.4 | 9210356 | 0.156055 | 7.499069 | 26.00093 | 26.15699 |
| 112.9583 | -7.1397 | 75  | 34.5 | 716272.4 | 9210348 | 0.13749  | 8.39448  | 26.10552 | 26.24301 |
| 112.975  | -7.1397 | 69  | 34.8 | 718117.4 | 9210340 | 0.211314 | 7.722922 | 27.07708 | 27.28839 |
| 112.9917 | -7.1397 | 67  | 34.2 | 719962.5 | 9210332 | 0.156618 | 7.499069 | 26.70093 | 26.85755 |
| 113.0083 | -7.1397 | 65  | 32.7 | 721796.5 | 9210324 | 0.165923 | 7.275216 | 25.42478 | 25.59071 |
| 113.025  | -7.1397 | 33  | 30.7 | 723641.6 | 9210316 | 0.155008 | 3.693571 | 27.00643 | 27.16144 |
| 113.0417 | -7.1397 | 15  | 28.5 | 725486.7 | 9210308 | 0.115506 | 1.678896 | 26.8211  | 26.93661 |
| 113.0583 | -7.1397 | 5   | 26.5 | 727320.8 | 9210300 | 0.068926 | 0.559632 | 25.94037 | 26.00929 |
| 113.075  | -7.1397 | 1   | 25   | 729165.9 | 9210292 | 0.110848 | 0.111926 | 24.88807 | 24.99892 |
| 113.0917 | -7.1397 | -38 | 24   | 731011.1 | 9210283 | 0.164331 | -4.2532  | 28.2532  | 28.41753 |
| 113.1083 | -7.1397 | 3   | 23.8 | 732845.2 | 9210275 | 0.046778 | 0.335779 | 23.46422 | 23.511   |
| 113.125  | -7.1397 | 3   | 24.1 | 734690.4 | 9210267 | 0.047558 | 0.335779 | 23.76422 | 23.81178 |
| 113.1417 | -7.1397 | -42 | 24.8 | 736535.7 | 9210258 | 0.083847 | -4.70091 | 29.50091 | 29.58476 |

|          |         |     |      |          |         |          |          |          |          |
|----------|---------|-----|------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|
| 112.675  | -7.1562 | -19 | 5.6  | 684969   | 9208647 | 0.005393 | -2.1266  | 7.726602 | 7.731995 |
| 112.6917 | -7.1562 | -1  | 6.8  | 686813.7 | 9208640 | 0.009617 | -0.11193 | 6.911926 | 6.921543 |
| 112.7083 | -7.1562 | 9   | 8.4  | 688647.3 | 9208633 | 0.130219 | 1.007338 | 7.392662 | 7.522881 |
| 112.725  | -7.1562 | 29  | 9.7  | 690492   | 9208626 | 0.074666 | 3.245866 | 6.454134 | 6.5288   |
| 112.7417 | -7.1562 | 49  | 11   | 692336.8 | 9208619 | 0.107086 | 5.484394 | 5.515606 | 5.622692 |
| 112.7583 | -7.1562 | 59  | 12.2 | 694170.5 | 9208612 | 0.258384 | 6.603658 | 5.596342 | 5.854726 |
| 112.775  | -7.1562 | 19  | 13.4 | 696015.2 | 9208605 | 0.133287 | 2.126602 | 11.2734  | 11.40669 |
| 112.7917 | -7.1562 | 27  | 14.5 | 697860   | 9208598 | 0.110133 | 3.022013 | 11.47799 | 11.58812 |
| 112.8083 | -7.1562 | 39  | 15.7 | 699693.8 | 9208591 | 0.375956 | 4.36513  | 11.33487 | 11.71083 |
| 112.825  | -7.1562 | 31  | 17   | 701538.6 | 9208584 | 0.405308 | 3.469718 | 13.53028 | 13.93559 |
| 112.8417 | -7.1562 | 39  | 18.6 | 703383.4 | 9208576 | 0.223933 | 4.36513  | 14.23487 | 14.4588  |
| 112.8583 | -7.1562 | 9   | 20.2 | 705217.2 | 9208569 | 0.114483 | 1.007338 | 19.19266 | 19.30715 |
| 112.875  | -7.1562 | 5   | 21.9 | 707062.1 | 9208562 | 0.079444 | 0.559632 | 21.34037 | 21.41981 |
| 112.8917 | -7.1562 | 7   | 23.5 | 708907   | 9208554 | 0.075515 | 0.783485 | 22.71652 | 22.79203 |
| 112.9083 | -7.1562 | 13  | 25.3 | 710740.8 | 9208546 | 0.248036 | 1.455043 | 23.84496 | 24.09299 |
| 112.925  | -7.1562 | 27  | 27.4 | 712585.8 | 9208539 | 0.109173 | 3.022013 | 24.37799 | 24.48716 |
| 112.9417 | -7.1562 | 45  | 29.4 | 714430.7 | 9208531 | 0.125979 | 5.036688 | 24.36331 | 24.48929 |
| 112.9583 | -7.1562 | 55  | 30.8 | 716264.6 | 9208523 | 0.125243 | 6.155952 | 24.64405 | 24.76929 |
| 112.975  | -7.1562 | 51  | 31.4 | 718109.6 | 9208515 | 0.100814 | 5.708246 | 25.69175 | 25.79257 |
| 112.9917 | -7.1562 | 55  | 31   | 719954.6 | 9208507 | 0.15002  | 6.155952 | 24.84405 | 24.99407 |
| 113.0083 | -7.1562 | 53  | 29.7 | 721788.5 | 9208499 | 0.175949 | 5.932099 | 23.7679  | 23.94385 |
| 113.025  | -7.1562 | 33  | 27.9 | 723633.6 | 9208491 | 0.103507 | 3.693571 | 24.20643 | 24.30994 |
| 113.0417 | -7.1562 | 19  | 25.7 | 725478.6 | 9208483 | 0.106673 | 2.126602 | 23.5734  | 23.68007 |
| 113.0583 | -7.1562 | 9   | 23.6 | 727312.6 | 9208475 | 0.073298 | 1.007338 | 22.59266 | 22.66596 |
| 113.075  | -7.1562 | -38 | 21.9 | 729157.7 | 9208467 | 0.094725 | -4.2532  | 26.1532  | 26.24793 |

|          |         |     |      |          |         |          |          |          |          |
|----------|---------|-----|------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|
| 113.0917 | -7.1562 | -2  | 20.7 | 731002.8 | 9208458 | 0.088908 | -0.22385 | 20.92385 | 21.01276 |
| 113.1083 | -7.1562 | -26 | 20.2 | 732836.9 | 9208450 | 0.072616 | -2.91009 | 23.11009 | 23.1827  |
| 113.125  | -7.1562 | -26 | 20.3 | 734682   | 9208441 | 0.091778 | -2.91009 | 23.21009 | 23.30186 |
| 113.1417 | -7.1562 | -32 | 20.8 | 736527.2 | 9208433 | 0.022515 | -3.58164 | 24.38164 | 24.40416 |
| 112.675  | -7.1728 | -13 | 5    | 684962.3 | 9206811 | 0.007055 | -1.45504 | 6.455043 | 6.462098 |
| 112.6917 | -7.1728 | -7  | 5.6  | 686806.9 | 9206804 | 0.004978 | -0.78348 | 6.383485 | 6.388463 |
| 112.7083 | -7.1728 | -7  | 6.6  | 688640.5 | 9206797 | 0.008549 | -0.78348 | 7.383485 | 7.392034 |
| 112.725  | -7.1728 | 7   | 7.4  | 690485.1 | 9206791 | 0.158451 | 0.783485 | 6.616515 | 6.774966 |
| 112.7417 | -7.1728 | 15  | 8.2  | 692329.8 | 9206784 | 0.082932 | 1.678896 | 6.521104 | 6.604036 |
| 112.7583 | -7.1728 | -9  | 9    | 694163.4 | 9206777 | 0.061804 | -1.00734 | 10.00734 | 10.06914 |
| 112.775  | -7.1728 | -5  | 9.6  | 696008.1 | 9206769 | 0.025208 | -0.55963 | 10.15963 | 10.18484 |
| 112.7917 | -7.1728 | -5  | 10.2 | 697852.9 | 9206762 | 0.0217   | -0.55963 | 10.75963 | 10.78133 |
| 112.8083 | -7.1728 | -3  | 11   | 699686.6 | 9206755 | 0.026338 | -0.33578 | 11.33578 | 11.36212 |
| 112.825  | -7.1728 | -3  | 12.4 | 701531.3 | 9206748 | 0.033511 | -0.33578 | 12.73578 | 12.76929 |
| 112.8417 | -7.1728 | -1  | 14.5 | 703376.1 | 9206740 | 0.036929 | -0.11193 | 14.61193 | 14.64886 |
| 112.8583 | -7.1728 | -6  | 16.8 | 705209.8 | 9206733 | 0.028376 | -0.67156 | 17.47156 | 17.49993 |
| 112.875  | -7.1728 | -3  | 18.5 | 707054.6 | 9206725 | 0.026932 | -0.33578 | 18.83578 | 18.86271 |
| 112.8917 | -7.1728 | 3   | 19.5 | 708899.4 | 9206718 | 0.064235 | 0.335779 | 19.16422 | 19.22846 |
| 112.9083 | -7.1728 | 7   | 20.7 | 710733.2 | 9206710 | 0.069815 | 0.783485 | 19.91652 | 19.98633 |
| 112.925  | -7.1728 | 11  | 22.6 | 712578.1 | 9206703 | 0.09224  | 1.23119  | 21.36881 | 21.46105 |
| 112.9417 | -7.1728 | 19  | 25   | 714422.9 | 9206695 | 0.090184 | 2.126602 | 22.8734  | 22.96358 |
| 112.9583 | -7.1728 | 33  | 26.7 | 716256.8 | 9206687 | 0.096827 | 3.693571 | 23.00643 | 23.10326 |
| 112.975  | -7.1728 | 37  | 27.5 | 718101.7 | 9206679 | 0.143606 | 4.141277 | 23.35872 | 23.50233 |
| 112.9917 | -7.1728 | 47  | 27.4 | 719946.6 | 9206671 | 0.430833 | 5.260541 | 22.13946 | 22.57029 |
| 113.0083 | -7.1728 | 53  | 26.5 | 721780.5 | 9206663 | 0.113776 | 5.932099 | 20.5679  | 20.68168 |

|          |         |     |      |          |         |          |          |          |          |
|----------|---------|-----|------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|
| 113.025  | -7.1728 | 47  | 25.1 | 723625.5 | 9206655 | 0.129152 | 5.260541 | 19.83946 | 19.96861 |
| 113.0417 | -7.1728 | 25  | 23.3 | 725470.4 | 9206647 | 0.1562   | 2.79816  | 20.50184 | 20.65804 |
| 113.0583 | -7.1728 | 17  | 21.3 | 727304.4 | 9206639 | 0.075425 | 1.902749 | 19.39725 | 19.47268 |
| 113.075  | -7.1728 | 7   | 19.5 | 729149.4 | 9206630 | 0.056909 | 0.783485 | 18.71652 | 18.77342 |
| 113.0917 | -7.1728 | -26 | 18   | 730994.4 | 9206622 | 0.049609 | -2.91009 | 20.91009 | 20.9597  |
| 113.1083 | -7.1728 | -22 | 17.2 | 732828.4 | 9206614 | 0.084891 | -2.46238 | 19.66238 | 19.74727 |
| 113.125  | -7.1728 | -20 | 17.1 | 734673.5 | 9206605 | 0.013571 | -2.23853 | 19.33853 | 19.3521  |
| 113.1417 | -7.1728 | -8  | 17.4 | 736518.6 | 9206596 | 0.013964 | -0.89541 | 18.29541 | 18.30938 |
| 112.675  | -7.1893 | -1  | 3.8  | 684955.6 | 9204986 | 0.005707 | -0.11193 | 3.911926 | 3.917633 |
| 112.6917 | -7.1893 | -7  | 4.1  | 686800.2 | 9204979 | 0.004029 | -0.78348 | 4.883485 | 4.887514 |
| 112.7083 | -7.1893 | -13 | 4.5  | 688633.7 | 9204973 | 0.005102 | -1.45504 | 5.955043 | 5.960145 |
| 112.725  | -7.1893 | -13 | 5    | 690478.3 | 9204966 | 0.007584 | -1.45504 | 6.455043 | 6.462627 |
| 112.7417 | -7.1893 | -11 | 5.4  | 692322.9 | 9204959 | 0.011168 | -1.23119 | 6.63119  | 6.642358 |
| 112.7583 | -7.1893 | -15 | 5.7  | 694156.4 | 9204952 | 0.011645 | -1.6789  | 7.378896 | 7.390541 |
| 112.775  | -7.1893 | -13 | 5.8  | 696001.1 | 9204945 | 0.010771 | -1.45504 | 7.255043 | 7.265814 |
| 112.7917 | -7.1893 | -9  | 5.7  | 697845.7 | 9204937 | 0.010854 | -1.00734 | 6.707338 | 6.718192 |
| 112.8083 | -7.1893 | -7  | 6.3  | 699679.4 | 9204930 | 0.012166 | -0.78348 | 7.083485 | 7.095651 |
| 112.825  | -7.1893 | -7  | 8.2  | 701524   | 9204923 | 0.01374  | -0.78348 | 8.983485 | 8.997225 |
| 112.8417 | -7.1893 | -5  | 11.7 | 703368.7 | 9204915 | 0.014726 | -0.55963 | 12.25963 | 12.27436 |
| 112.8583 | -7.1893 | -3  | 15.6 | 705202.4 | 9204908 | 0.015053 | -0.33578 | 15.93578 | 15.95083 |
| 112.875  | -7.1893 | -3  | 17.7 | 707047.1 | 9204901 | 0.015825 | -0.33578 | 18.03578 | 18.0516  |
| 112.8917 | -7.1893 | -3  | 17.5 | 708891.9 | 9204893 | 0.017501 | -0.33578 | 17.83578 | 17.85328 |
| 112.9083 | -7.1893 | -1  | 17.2 | 710725.6 | 9204885 | 0.020453 | -0.11193 | 17.31193 | 17.33238 |
| 112.925  | -7.1893 | -18 | 18.6 | 712570.4 | 9204878 | 0.025216 | -2.01468 | 20.61468 | 20.63989 |
| 112.9417 | -7.1893 | 5   | 20.8 | 714415.2 | 9204870 | 0.070344 | 0.559632 | 20.24037 | 20.31071 |

|          |         |     |      |          |         |          |          |          |          |
|----------|---------|-----|------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|
| 112.9583 | -7.1893 | 9   | 22.2 | 716249   | 9204862 | 0.062048 | 1.007338 | 21.19266 | 21.25471 |
| 112.975  | -7.1893 | 15  | 22.6 | 718093.8 | 9204854 | 0.141855 | 1.678896 | 20.9211  | 21.06296 |
| 112.9917 | -7.1893 | 15  | 22.8 | 719938.7 | 9204846 | 0.09485  | 1.678896 | 21.1211  | 21.21595 |
| 113.0083 | -7.1893 | 15  | 22.6 | 721772.5 | 9204838 | 0.110742 | 1.678896 | 20.9211  | 21.03185 |
| 113.025  | -7.1893 | 19  | 22   | 723617.4 | 9204830 | 0.114013 | 2.126602 | 19.8734  | 19.98741 |
| 113.0417 | -7.1893 | 19  | 21   | 725462.3 | 9204822 | 0.092392 | 2.126602 | 18.8734  | 18.96579 |
| 113.0583 | -7.1893 | 21  | 19.6 | 727296.2 | 9204813 | 0.142137 | 2.350454 | 17.24955 | 17.39168 |
| 113.075  | -7.1893 | -26 | 17.7 | 729141.1 | 9204805 | 0.053357 | -2.91009 | 20.61009 | 20.66344 |
| 113.0917 | -7.1893 | 6   | 16   | 730986.1 | 9204797 | 0.101825 | 0.671558 | 15.32844 | 15.43027 |
| 113.1083 | -7.1893 | -14 | 14.9 | 732820   | 9204788 | 0.094902 | -1.56697 | 16.46697 | 16.56187 |
| 113.125  | -7.1893 | -14 | 14.4 | 734665   | 9204780 | 0.010808 | -1.56697 | 15.96697 | 15.97778 |
| 113.1417 | -7.1893 | -10 | 14.5 | 736510.1 | 9204771 | 0.01028  | -1.11926 | 15.61926 | 15.62954 |



JURNAL BIMBINGAN SKRIPSI/TESIS/DISERTASI

IDENTITAS MAHASISWA

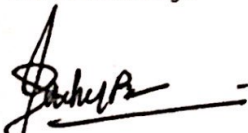
NIM : 200604110075  
Nama : DWI WANI SAPUTERI WASITO  
Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI  
Jurusan : FISIKA  
Dosen Pembimbing 1 : Drs. ABDUL BASID, M.Si  
Dosen Pembimbing 2 : AHMAD ABTOKHI, M.Pd  
Judul Skripsi/Tesis/Disertasi : IDENTIFIKASI SESAR DAN PEMODELAN STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN DI WILAYAH MADURA BERDASARKAN DATA ANOMALI GRAVITASI BUMI

IDENTITAS BIMBINGAN

| No | Tanggal Bimbingan | Nama Pembimbing        | Deskripsi Proses Bimbingan                                                | Tahun Akademik   | Status          |
|----|-------------------|------------------------|---------------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------|
| 1  | 08 September 2023 | Drs. ABDUL BASID, M.Si | Konsultasi Pengajuan Judul                                                | Ganjil 2023/2024 | Sudah Dikoreksi |
| 2  | 10 Oktober 2023   | Drs. ABDUL BASID, M.Si | Konsultasi Bab I, II                                                      | Ganjil 2023/2024 | Sudah Dikoreksi |
| 3  | 29 Desember 2023  | Drs. ABDUL BASID, M.Si | Konsultasi Bab III                                                        | Ganjil 2023/2024 | Sudah Dikoreksi |
| 4  | 30 Januari 2024   | Drs. ABDUL BASID, M.Si | Konsultasi Bab I, II, III dan meminta tanda tangan di halaman persetujuan | Genap 2023/2024  | Sudah Dikoreksi |
| 5  | 27 Februari 2024  | Drs. ABDUL BASID, M.Si | Konsultasi Revisi Seminar Proposal                                        | Genap 2023/2024  | Sudah Dikoreksi |
| 6  | 25 Maret 2024     | Drs. ABDUL BASID, M.Si | Konsultasi Ujian Komprehensif                                             | Genap 2023/2024  | Sudah Dikoreksi |
| 7  | 01 April 2024     | AHMAD ABTOKHI, M.Pd    | Konsultasi Integrasi Bab I                                                | Genap 2023/2024  | Sudah Dikoreksi |
| 8  | 30 April 2024     | Drs. ABDUL BASID, M.Si | Konsultasi Hasil Pemodelan                                                | Genap 2023/2024  | Sudah Dikoreksi |
| 9  | 26 Juni 2024      | AHMAD ABTOKHI, M.Pd    | Konsultasi Integrasi Bab I, II dan IV                                     | Genap 2023/2024  | Sudah Dikoreksi |

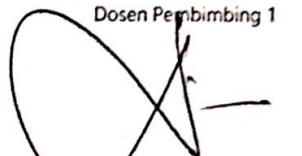
Telah disetujui  
Untuk mengajukan ujian Skripsi/Tesis/Desertasi

Dosen Pembimbing 2

  
AHMAD ABTOKHI, M.Pd

Malang, \_\_\_\_\_

Dosen Pembimbing 1

  
Drs. ABDUL BASID, M.Si

Kajur / Kaprodi,



