



## Pemisahan Menggunakan Polynomial Fitting dan Analisis Second Vertical Derivative (SVD) untuk Mengidentifikasi Patahan pada Lapangan Panasbumi Pulau Pantar, Kabupaten Alor

### *Separation Using Polynomial Fittings and Second Vertical Derivative (SVD) Analysis to Identify Faults in The Geothermal Field of Pantar Island, Alor District*

Puja Charisma A.W.<sup>1</sup>, Ahmad Zarkasyi<sup>2</sup>, Suharno<sup>1</sup>, dan Nandi Haerudin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung

<sup>2</sup>Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panasbumi (PSDMBP) Bandung

email : [nandi.haerudin@eng.unila.ac.id](mailto:nandi.haerudin@eng.unila.ac.id)

Naskah diterima: 17 November 2020, Revisi terakhir: 14 Juli 2022, Disetujui: 14 Juli 2022, Online: 15 Juli 2022

DOI: <http://dx.doi.org/10.33332/jgsm.geologi.v23.2.91-96>

**Abstrak** - Pulau Pantar, Kabupaten Alor, Nusa Tenggara Timur berada di lingkungan vulkanik Kuartar yang memiliki potensi panasbumi yang diindikasikan adanya manifestasi panas bumi diantaranya fumarola, solfatara, tanah panas, dan air panas. Manifestasi tersebut dapat muncul ke permukaan karena keberadaan struktur geologi berupa patahan. Selain manifestasi, patahan pada sistem panas bumi berperan penting dalam proses resapan pada daerah pengisian. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi struktur geologi adalah metode gayaberasat. Identifikasi struktur patahan pada survei ini dilakukan dengan mengkorelasikan pemodelan gaya berat 2D dan 3D. Pemisahan anomali Bouger dilakukan dengan *polynomial fitting*. Pada lintasan pertama diidentifikasi terdapat 4 litologi antara lain ada Vulkanik Tua Kongmauwas (VTKG), Aliran Piroklastik Sirung Tua (StAl), Batugamping (Bgp), dan Vulkanik Tua Kalondama (VTKI). Pada lintasan kedua terdapat 4 litologi diantaranya terdapat Vulkanik Tua Kongmauwas (VTKG), Aliran Piroklastik Sirung Tua (StAl), Jatuhan Piroklastik (SAj), dan Vulkanik Tua Kalondama (VTKI). Berdasarkan hasil pemodelan dan analisis data gayaberasat diidentifikasi terdapat 4 struktur patahan pada lintasan AB yang telah dikorelasikan dengan peta geologi, dan terdapat 2 patahan pada anomali rendah dan 2 patahan pada anomali tinggi yang salah satu patahannya terdapat pada manifestasi air panas dan untuk lintasan CD diidentifikasi terdapat 3 struktur patahan untuk 2 patahan terdapat pada anomali tinggi dan 1 patahan terdapat pada anomali rendah.

**KataKunci:** Gayaberasat, Geothermal, Pulau Pantar, *Polynomial Fitting*.

**Abstract** - Pantar Island, Alor Regency, East Nusa Tenggara is in the Quaternary volcanic environment which has geothermal potential which is indicated by the manifestation of geothermal energy including fumaroles, solfatara, hot soils and hot water. These manifestations can appear to the surface due to the presence of geological structures in the form of faults. In addition to the manifestation, faults in the geothermal system play an important role in recharge area and act as structural traps. One method that can be used to identify geological structures is the gravity method. Fault structure identification in this study was carried out by correlating 2D and 3D gravity modeling. In this study, the separation of the Bouger anomaly was carried out using a polynomial fitting. In the first path, 4 lithologies were identified including Kongmauwas Old Volcano (VTKG), Sirung Pyroclastic Flow (StAl), Limestone (Bgp), and Kalondama Old Volcanic (VTKI). In the second path there are 4 lithologies among which are Kongmauwas Old Volcanic (VTKG), Sirung Pyroclastic Flow (StAl), Pyroclastic Fall (SAj), and Kalondama Old Volcanic (VTKI). Based on the results of modeling and analysis of gravity data, there are 4 fault structures on AB track that have been correlated with geological maps, and there are 2 fractures on the low anomaly and 2 fractures on the high anomaly, one of which is located on the manifestation of hot water and the CD path is identified there 3 fault structures for 2 fractures are in the high anomaly and 1 fracture is in the low anomaly.

**Keywords:** Gravity, Geothermal, Pantar Island, *Polynomial Fitting*.

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Pulau Pantar, Kabupaten Alor, Nusa Tenggara Timur berada di lingkungan vulkanik Kuarter yang memiliki potensi panasbumi yang diindikasikan adanya manifestasi panasbumi antara lain fumarola, solfatara, tanah panas dan air panas. Untuk memodelkan keberadaan patahan pada sistem panas bumi di daerah Pulau Pantar dalam studi ini menggunakan metode gayaberat.

Metode gayaberat merupakan salah satu metode yang sangat penting dalam mendeteksi keberadaan daerah prospek panasbumi. Metode gayaberat dapat menggambarkan kondisi bawah permukaan dengan cara membedakan nilai densitas batuan sehingga dapat menentukan setiap bagian suatu sistem panasbumi seperti batuan penudung (*cap rock*), reservoir, dan sumber panas (*heat source*). Metode gayaberat juga dapat mendeteksi keberadaan struktur di bawah permukaan sebagai perangkap dan jalur transportasi fluida, yaitu daerah pengisian (*recharge area*) dan daerah keluaran (*discharge area*) sebagai salah satu syarat terbentuknya sistem panasbumi (Telford dkk., 1990).

Dalam eksplorasi energi panasbumi, metode gayaberat dapat mendeteksi perbedaan densitas batuan di bawah permukaan yang membentuk suatu sistem panasbumi. Metode gayaberat juga dapat digunakan untuk membuat model struktur bawah permukaan yang akan digunakan sebagai acuan untuk melakukan interpretasi. Dengan melakukan interpretasi tersebut diharapkan dapat memberikan informasi dan gambaran yang lebih baik tentang kondisi daerah prospek panasbumi dan dalam sebuah interpretasi ini juga mengidentifikasi adanya sesar. Sesar-sesar di daerah penyelidikan dapat dipetakan berdasarkan data terdahulu, pengolahan hasil survei detail lapangan, dan analisis data gayaberat. Interpretasi data gayaberat mendukung eksistensi keberadaan beberapa sesar (Suharno, 2011).

### Tinjauan Pustaka

Hampir seluruh daerah panasbumi di lokasi survei merupakan batuan produk vulkanik dari umur Kuarter hingga Tersier yang dapat dipisahkan berdasarkan pusat erupsinya. Beberapa produk gunungapi ini terdiri dari aliran lava dan jatuhnya piroklastik (Nurhadi dkk., 2015). Satuan vulkanik Boyolali berumur Kuarter berada di lereng tubuh Sirung Tua yang terbentuk sebelum erupsi besar

pembentukan Kaldera Sirung yang tersusun oleh aliran lava Boyali 1 dan 2 serta aliran piroklastik.

Satuan lava Mauta berumur Kuarter yang menempati bagian selatan kaldera Sirung dengan ketinggian mencapai 1.000 mdpl. Satuan vulkanik Sirung tua berumur Kuarter yang tersusun oleh Lava Sirung 1 dan 2 serta aliran piroklastik Sirung Tua 1 dan 2 menempati bagian utara hingga ke timur daerah studi. Satuan Vulkanik Tua Kongmauwat berumur Tersier yang terdapat di bagian timur, didominasi oleh lava basalt kehitaman yang ditindih oleh jatuhnya piroklastik. Satuan Vulkanik Tua Kalondama berumur Tersier yang berada di bagian barat laut yang tersusun oleh lava andesit dan aliran piroklastik. Di tengah area penyelidikan ditemukan suatu batugamping yang menindih Vulkanik Kongmauwat.

Berdasarkan (Sanjaya, 2019) struktur sesar pada daerah panasbumi di daerah Gunung Ungaran, Jawa Tengah tersebar di daerah studi dengan arah barat laut-tenggara dan utara-selatan. Hasil analisis deliniasi menggunakan data gayaberat pada daerah Singkawang, Kalimantan Barat, terdapat tiga sub-cekungan yang mengindikasikan bahwa lapisan pengisi sub-cekungan dan *source rock* berada pada Formasi Banan (Ferdierian, 2019). Sirait (2020) memodelkan struktur bawah permukaan pada daerah panasbumi Bituang, berdasarkan data anomali bouguer, SHD, dan SVD diperoleh bahwa struktur sesar di daerah tersebut didominasi oleh sesar berarah NW-SE. Analisis struktur sesar pada daerah panasbumi Barru, Sulawesi Selatan menggunakan model 2D menunjukkan bahwa pada daerah ini terdapat sembilan sesar (Manalu dkk., 2019).

## METODOLOGI

### Perangkat dan Data

Adapun perangkat dan data yang diperlukan dalam penyelidikan ini terdiri atas laptop, *software Geosoft Oasis Montaj 6.4.2.*, *software GLOBE Mapper*, *software Surfer 15*, *software Winglink*, *software ArcGIS*, *software Microsoft Excel*, data gayaberat, dan peta SRTM daerah survei.

### Prosedur

#### 1. Pengolahan Data Lapangan

Data gayaberat dalam kegiatan ini merupakan data primer hasil pengukuran. Untuk diperoleh nilai anomali bouguer yang mempresentasikan anomali daerah tersebut, maka diperlukan proses pengoreksian untuk mereduksi noise-noise yang ditimbulkan serta diperlukan penentuan

densitas permukaan. Koreksi yang dilakukan yaitu koreksi pasang surut (*tidal correction*), koreksi apungan (*drift correction*), koreksi lintang (*latitude correction*), koreksi udara bebas (*free air correction*), dan koreksi Bouguer (*Bouguer correction*). Anomali gayaberat yang dihasilkan setelah diaplikasikan koreksi Bouguer dan udara bebas disebut sebagai anomali Bouguer sederhana (Blakely, 1996). Selanjutnya setelah dilakukan koreksi medan didapatkan nilai anomali Bouguer lengkap. Selanjutnya untuk menghitung densitas permukaan dengan tepat di area ini dilakukan menggunakan metode Parasnis.

## 2. Pemisahan Anomali Regional dan Residual

Anomali Bouguer adalah nilai anomali gayaberat yang dihasilkan dari adanya perbedaan densitas batuan atau hal lain pada daerah dangkal dan di bawah permukaan bumi. Efek yang berasal dari batuan dangkal permukaan disebut anomali sisa atau anomali residual, sementara anomali dalam disebut anomali regional. Karena hal tersebut maka perlu dilakukan pemisahan supaya objek yang dicari dapat diidentifikasi lebih baik lagi. Proses pemisahan dilakukan dengan filter *Polynomial Fitting* dengan menggunakan *software Winglink*. Pendekatan orde polinomial untuk mendapatkan komponen regional dengan distorsi minimum dilakukan dengan orde polinomial rendah karena memungkinkan adanya bagian regional yang tergambar pada residual (Haerudin & Karyanto, 2007). Selanjutnya untuk menentukan lokasi batas kontras densitas horizontal data gayaberat dapat dilakukan dengan metode *horizontal gradient* (Cordel, 1979).

## 3. Pemodelan ke Depan (*Forward Modelling*)

Pemodelan ke depan 2D (*forward modelling*) yang dibuat berdasarkan data residual. *Forward modelling* dilakukan dengan menggunakan *software Geosoft* pada menu *Gm-sys*. Kemudian melakukan pencocokan dengan data geologi untuk mengetahui lapisan batuan bawah permukaan beserta nilai densitasnya. Pemodelan mundur atau *inverse modelling* dilakukan untuk proses pemodelan 3D. Hal yang dilakukan adalah input data pola anomali sisa atau anomali residual dengan menggunakan *Grablox*.

## HASIL DAN DISKUSI

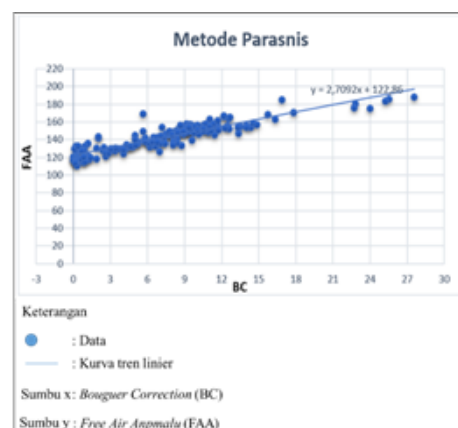
### Penentuan Densitas Permukaan

Metode-metode yang digunakan antara lain: metode *moving average*, metode polinomial, dan metode

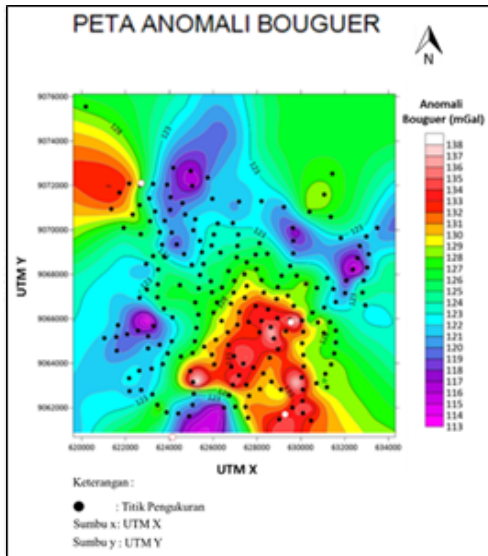
inversi. Ketiga metode ini akan dikembangkan ke dalam tampilan program baru, yang memudahkan untuk melakukan pemisahan anomali regional-residual (Purnomo dkk., 2013). Data gayaberat dalam studi ini merupakan data primer hasil pengukuran. Untuk memperoleh nilai anomali Bouguer yang merepresentasikan anomali daerah tersebut, maka diperlukan proses pengoreksian data mereduksi noise yang ditimbulkan serta diperlukan penentuan densitas permukaan. Sementara nilai densitas akan dicari dari nilai data antara nilai *free air anomaly* (FAA) dengan *Bouguer correction* (BC) yang sudah dihitung sebelumnya. Kemudian, titik persebaran data tersebut dibuat *trendline* maka akan didapatkan nilai densitas sebesar 2,7 gr/cc seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

Peta anomali Bouguer lengkap merupakan hasil dari nilai gayaberat yang sudah mengalami proses koreksi dengan faktor-faktor sekitar daerah pengukuran yang mempengaruhi nilai percepatan gravitasi tersebut. Nilai anomali Bouguer lengkap yang terdapat pada Gambar 2 dapat dibagi menjadi tiga bagian, yaitu nilai anomali rendah, anomali sedang, dan anomali tinggi.

Nilai anomali bouguer rendah memiliki batas warna dari biru tua sampai hijau, dengan batas nilai anomali bouguer dari 118 mGal sampai 124 mGal. Kemudian, nilai anomali Bouguer sedang memiliki batas warna dari kuning sampai kuning tua, dengan batas nilai anomali Bouguer dari 125 mGal sampai 127 mGal, sedangkan nilai anomali bouguer tinggi memiliki batas warna orange hingga merah muda, dengan batas nilai anomali bouguer dari 129 mGal sampai 133 mGal. Pada peta anomali Bouguer lengkap dapat kita lihat nilai anomali rendah berada pada wilayah tengah, selatan dan barat daya peta. Kemudian, pada nilai anomali tinggi terdapat pada wilayah tenggara dan barat laut.



Gambar 1. Metode Parasnis untuk menentukan densitas Bouguer.



Gambar 2. Nilai anomali Bouguer lengkap daerah lapangan panasbumi Pulau Pantar, Kabupaten Alor.

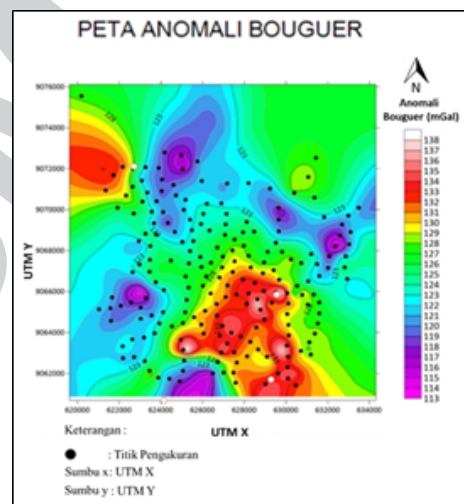
**Pemodelan *Forward Modelling***

Proses *forward modelling* merupakan proses pembuatan model bentuk bawah permukaan yang berdasarkan hasil teoritis yang telah terukur dan kemudian akan dicari kesesuaian atau keselarasan data teoritis dengan data pemodelan sesuai dengan parameter-parameter yang ada di lapangan maupun dari berbagai referensi. Pada Gambar 3 merupakan lintasan untuk penampang 2D yang di-*overlay* dengan peta anomali residual. Dalam studi ini dibuat dua model penampang yang memotong. Pada lintasan A-B memotong dari arah barat ke timur, sedangkan untuk lintasan C-D memotong dari arah selatan ke utara.

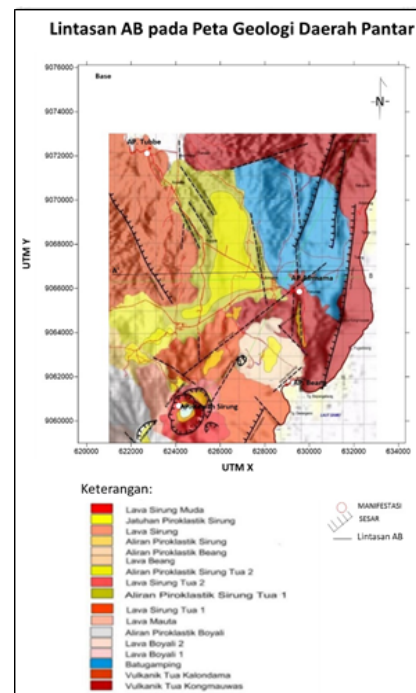
Pada Lintasan A-B di Gambar 4 ditinjau dari peta geologi, lintasan ini memiliki lapisan litologi pertama, yakni berupa Vulkanik Tua Kalondama (VTKI) berumur Tersier yang berada di bagian barat laut yang tersusun oleh lava andesit dan aliran piroklastik yang memiliki nilai densitas sebesar 2.75 gr/cc. Di tengah area penyelidikan ditemukan batugamping (bgp) yang menindih yang memiliki nilai densitas sebesar 2 gr/cc. Kemudian, lapisan kedua Aliran Piroklastik Sirung Tua (StAl) berumur kuarter yang tersusun dari lava Sirung 1 dan 2 serta Aliran Piroklastik Sirung Tua 1 dan 2 menempati bagian utara hingga ke timur daerah ini yang memiliki nilai densitas sebesar 2.1 gr/cc. Lapisan ketiga Vulkanik Tua Kongmauwas (VTKg) berumur Tersier yang terdapat di bagian timur, didominasi oleh lava basalt kehitaman yang memiliki nilai densitas sebesar 2.7 gr/cc.

Pada lintasan C-D di Gambar 5 ditinjau dari geologi

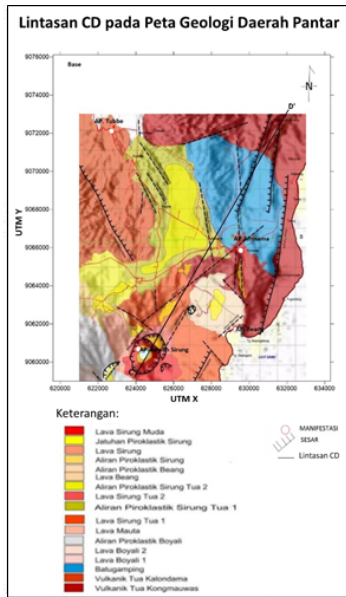
area ini, lintasan memiliki lapisan litologi pertama berupa Vulkanik Tua Kalondama (VTKI) berumur Tersier yang berada di bagian barat laut yang tersusun oleh lava andesit dan aliran piroklastik yang memiliki nilai densitas sebesar 2,75 gr/cc. Kemudian, lapisan kedua Aliran Piroklastik Sirung Tua (StAl) berumur Kuarter yang tersusun oleh Lava Sirung 1 dan 2 serta Aliran Piroklastik Sirung Tua 1 dan 2 menempati bagian utara hingga ke timur, yang memiliki nilai densitas sebesar 2,1 gr/cc. Lapisan ketiga Vulkanik Tua Kongmauwas (VTKg) berumur Tersier yang terdapat di bagian timur dan memiliki nilai densitas sebesar 2.7 gr/cc didominasi oleh lava basalt kehitaman yang ditindih oleh jatuhan piroklastik (SAj) yang memiliki nilai densitas 2,7 gr/cc.



Gambar 3. Lintasan penampang 2D daerah panasbumi Pulau Pantar, Kabupaten Alor.



Gambar 4. Lintasan A-B pada peta geologi daerah Pantar.



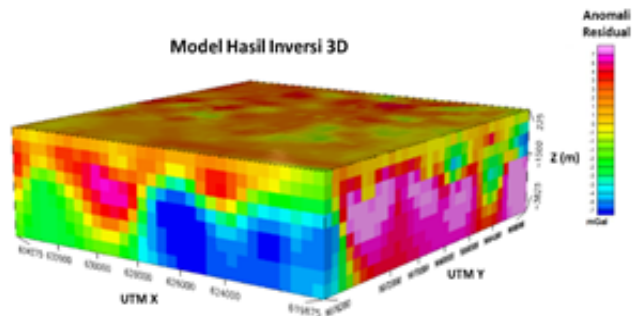
Gambar 5. Lintasan C-D pada peta geologi daerah Pantar.

**Pemodelan Inversi**

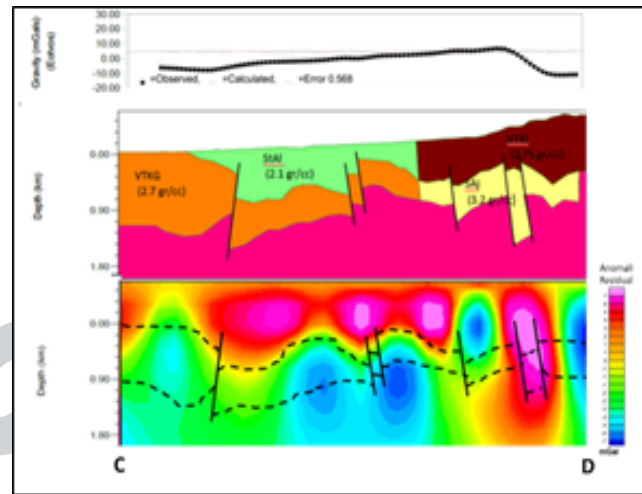
Proses inversi ini bertujuan untuk mengorelasikan lintasan yang telah dibuat secara *forward modelling* dengan hasil proses *inverse modelling*, serta mempertegas kesamaan pola lapisan yang terdapat pada pemodelan 2D dan hasil inversi 3D. Dari hasil inversi 3D dapat dilihat pola keberadaan zona tinggian dan rendahan. Pada Gambar 6 terlihat pola persebaran nilai densitas secara keseluruhan area studi dari lintasan A-B dan C-D.

Dari pemodelan yang ditunjukkan pada Gambar 7 terlihat kesesuaian antara *forward modelling* dan *inverse modelling*. Sesar pada lintasan A-B berpengaruh dalam terbentuknya graben yang terdapat pada batuan vulkanik tua Kalondama yang berada di bagian barat laut yang tersusun oleh lava andesit dan aliran piroklastik. Berdasarkan hasil *inverse modelling*, nilai densitas rendah dipengaruhi oleh terbentuknya graben pada daerah tersebut, sedangkan untuk densitas tinggi terletak di bagian utara yang dipengaruhi oleh *horst*.

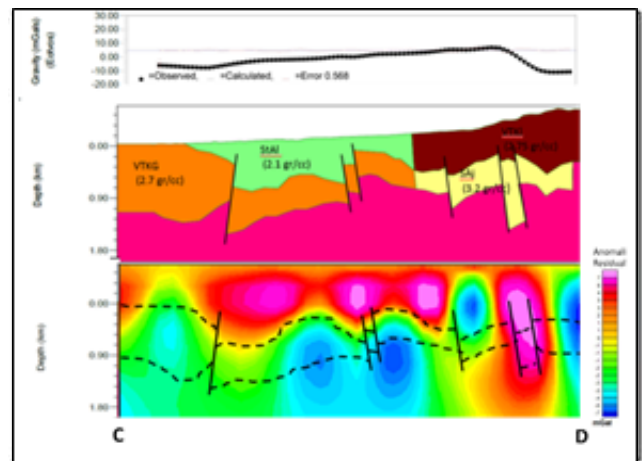
Dari pemodelan yang ditunjukkan pada Gambar 8 terlihat terdapat kesesuaian antara *forward modelling* dan *inverse modelling*. Sesar pada lintasan C-D berpengaruh dalam terbentuknya graben yang terdapat pada Formasi Vulkanik Tua Kongmauwias yang terdapat di bagian timur, didominasi oleh lava basalt kehitaman. Berdasarkan hasil *inverse modelling*, nilai densitas rendah yang berada di dekat kawah Gunung Sirung dan diduga merupakan letak kantong magma Gunung Sirung, serta untuk densitas tinggi di bagian utara dipengaruhi oleh *horst*.



Gambar 6. Model hasil inversi 3D daerah panasbumi Pulau Pantar, Kabupaten Alor.



Gambar 7. (a) Profil anomali residual Lintasan A-B; (b) Model bawah permukaan Lintasan A-B hasil *forward modelling*; (c) Model bawah permukaan Lintasan A-B hasil pemodelan inversi.



Gambar 8. (a) Profil anomali residual Lintasan C-D; (b) Model bawah permukaan Lintasan C-D hasil *forward modelling*; (c) Model bawah permukaan Lintasan C-D hasil pemodelan inversi.

---

## KESIMPULAN

Berdasarkan data gayaberat dapat diidentifikasi terdapat 4 struktur patahan pada lintasan A-B yang telah dikorelasikan dengan peta geologi. Terdapat 2 patahan pada anomali rendah dan 2 patahan pada anomali tinggi. Lintasan C-D diidentifikasi terdapat 3 struktur patahan, untuk 2 patahan terdapat pada anomali tinggi dan 1 patahan terdapat pada anomali rendah. Pada daerah studi terdapat struktur graben

yang terletak di tengah yang berasosiasi dengan Formasi Vulkanik Tua Kongmauwas. Pada bagian utara lokasi studi terdapat beberapa formasi yang sebarannya mengikuti *horst*.

---

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang telah memberi saran dan dukungan dalam studi ini.

---

## ACUAN

- Blakely, R. J., 1996. *Potensial Theory in Gravity and Magnetic Applications*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Cordell, L., 1979. *Gravimetric Expression of Graben in Santa Fe Country and Espanola Basin, New Mexico*. Geological Soc. Guidebook, 30th Field Conference. Santa Fe, hal. 59-64.
- Ferdiharian, A.A., 2019. Analisis Delinasi Sub-Cekungan Singkawang, Kalimantan Barat Menggunakan Data Gayaberat. Skripsi Universitas Lampung (tidak terbit).
- Haerudin, N. dan Karyanto, 2007. Aplikasi Metode Polinomial Least Square Berbasis Matlab untuk Memisahkan Efek Residual Anomali Regional pada Data Gravitasi. *Jurnal FMIPA Universitas Lampung*, 13: 32-36.
- Manalu, M., 2019. Identifikasi Struktur Sesar Bawah Permukaan Daerah Panasbumi Barru Sulawesi Selatan Berdasarkan Analisis SVD dan Pemodelan Anomali Gayaberat. Skripsi Universitas Lampung (tidak terbit).
- Nurhadi, M. dan Dedi, K., 2015. Survei Geologi dan Geokimia Daerah Panasbumi Pulau Pantar, Kabupaten Alor Provinsi Nusa Tenggara Timur. Laporan teknis internal PSDG Bandung (tidak terbit).
- Purnomo, J., Koesuma, S., dan Yudianto, M., 2013. Pemisahan Anomali Regional-Residual pada Metode Gravity Menggunakan Metode Moving Average, Polynomial dan Inversion. *Indonesian Journal of Applied Physics*, 3(1): 10-20.
- Sanjaya, D., 2019. Analisis Horizontal Gradient, Tilt Angle, Model 2D, dan Model 3D Gayaberat dalam Identifikasi Zona Sesar Daerah Panas Bumi Gunung Ungaran, Jawa Tengah. Skripsi Universitas Lampung (tidak terbit).
- Sirait, T.A.W., 2020. Pemodelan Struktur Bawah Permukaan Daerah Panas Bumi Bittuang, Berdasarkan Analisis Second Horizontal Derivative, Second Vertical Derivative, Pemodelan 2.5D dan 3D Anomali Gayaberat. Skripsi Univeristas Lampung (tidak terbit).
- Suharno, 2011. Sistem Panasbumi Rendingan-Ulubelu-Waipanas Tanggamus, Lampung, Indonesia. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan Himpunan Ahli Geofisika Indonesia ke 29*.
- Telford, W.M., Geldart, L.P., and Sherrif, R.E., 1990. *Applied Geophysics*. Cambridge University Press, Cambridge.
-