



## Interpretasi Sistem Panas Bumi Suwawa Berdasarkan Sudut Pandang Tektonik Dan Anomali Gravitasi

Muhammad Agni Gustama<sup>1\*</sup>, Ferdian Budi Ar Rouf<sup>1</sup>, Mohamad Obby Adianto<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya, Palembang, Indonesia.

DOI: <https://doi.org/10.29303/goescienceed.v7i1.1719>

### Article Info:

Received : 16 Desember 2025  
Revised : 19 Januari 2026  
Accepted : 11 Februari 2026  
Published : 27 Februari 2026

### Correspondence:

Muhammad Agni Gustama

Phone: +6285601434152

**Abstract:** The Suwawa geothermal prospect is one of the areas officially designated as a Geothermal Working Area (WKP) in Gorontalo Province, Indonesia. Despite its WKP status, the Suwawa geothermal prospect has not been comprehensively studied from a regional perspective. Previous studies have not conclusively explained the geothermal heat source and the controlling tectonic framework within the Suwawa WKP. Understanding the heat source and tectonic conditions is essential for the effective development of a geothermal working area. This paper applies seismic tomography and satellite gravity methods to elucidate the characteristics of the geothermal system in the Suwawa WKP. Seismic tomography is employed to interpret large-scale tectonic correlations, while satellite gravity data are utilized to assist in identifying potential geothermal heat sources. The seismic tomography results indicate that the tectonic setting influencing the Suwawa WKP is associated with an extensional zone in Teluk Gorontalo. Meanwhile, satellite gravity anomalies suggest that the geothermal heat source in the Suwawa WKP is likely related to a basin structure. These findings imply that the geothermal system in the Suwawa WKP is associated with lithospheric thinning processes.

**Keywords:** geothermal; tectonics; seismic tomography; satellite gravity

**Citation:** Gustama, M. A., Ar Rouf, F. B., & Adianto, M. O. (2026). Interpretasi Sistem Panas Bumi Suwawa Berdasarkan Sudut Pandang Tektonik Dan Anomali Gravitasi. *Jurnal Pendidikan, Sains, Geologi, Dan Geofisika (GeoScienceEd Journal)*, 7(1), 595-601. <https://doi.org/10.29303/goescienceed.v7i1.1719>

### Pendahuluan

Lengan Utara Sulawesi didefinisikan sebagai bagian semenanjung utara Pulau Sulawesi yang meliputi Provinsi Gorontalo dan Sulawesi Utara. Menurut Direktorat Panas Bumi (2017), terdapat 10 prospek panas bumi di Lengan Utara Sulawesi. Salah satu prospek panas bumi di Lengan Utara Sulawesi adalah prospek Panas Bumi Suwawa. Prospek panas bumi Suwawa adalah salah satu daerah yang sudah ditetapkan sebagai salah satu Wilayah Kerja Panas Bumi (WKP) di Provinsi Gorontalo.

Penelitian geologi dan geokimia prospek panas bumi di prospek panas bumi Suwawa oleh Rezky, Hasan, & Dirasutisna (2005) menunjukkan bahwa terdapat dua lokasi sumber panas, yaitu terdapat di Libungo dan Lombongo. Data eksplorasi geomagnet dan geolistrik dari Direktorat Panas Bumi (2017)

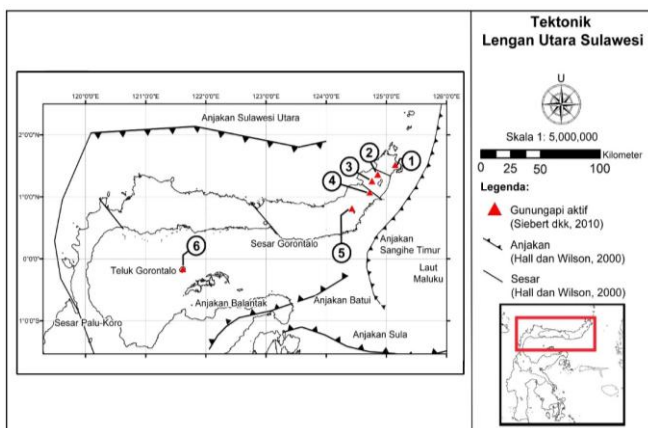
menjelaskan model konseptual panas bumi WKP Suwawa. Rizkiani dan Rustadi (2019) menunjukkan keberadaan sumber panas dan keberadaan sesar WKP Suwawa berdasarkan data gravitasi. Penelitian-penelitian tersebut masih belum dapat menjelaskan kondisi geologi yang mempengaruhi pembentukan WKP Suwawa. Hal ini menimbulkan sumber panas di WKP Suwawa tidak digambarkan secara jelas dan bentuknya masih ambigu. Hal ini berbeda dengan WKP Lahending yang terletak di Lengan Utara Sulawesi bagian timur. Kondisi geologi dan sumber panas di WKP Lahending sudah cukup dipahami, sehingga menjadi salah satu WKP di Indonesia yang sedang dalam tahap produksi

Kondisi tektonik di Lengan Utara Sulawesi termasuk kompleks, sehingga dapat memunculkan sistem panas bumi yang unik pada tiap bagiannya.

Email: [agnigustama@ft.unsri.ac.id](mailto:agnigustama@ft.unsri.ac.id)

Menurut Hall dan Spakman (2015), ada dua gaya tektonik yang mempengaruhi geologi Lengan Utara Sulawesi, yaitu pembalikan arah pergerakan lempeng (*rollback*) di Teluk Gorontalo (bagian selatan Gorontalo) serta *double subduction* di bawah Laut Maluku. *Double subduction* terjadi di bawah Laut Maluku akibat pergerakan subduksi lempeng Laut Maluku yang menunjam bagian barat Lengan Utara Sulawesi dan bagian timur Halmahera. Pergerakan lempeng Laut Maluku membentuk anjakan Sangihe di bagian barat, sedangkan anjakan Sangihe membentuk Busur Vulkanik Sangihe di Lengan Utara Sulawesi. *Rollback* di Lengan Utara Sulawesi diakibatkan karena pergerakan lempeng Eurasia di arah Utara membentuk anjakan Sulawesi Utara dan pergerakan lempeng Australia membentuk anjakan Sula (Hall dan Wilson, 2000).

Aktivitas tektonik di Lengan Utara Sulawesi dipengaruhi oleh adanya subsidensi di Teluk Gorontalo, pergerakan Sesar Gorontalo, serta aktivitas vulkanik di bagian barat Lengan Utara Sulawesi (Sukamto, 1975). Gunungapi aktif yang terdapat di Lengan Utara Sulawesi adalah Gunung Ambang, Gunung Soputan, Gunung Lokon, Gunung Mahawu, Gunung Klabat, dan Gunung Tangkoko yang terletak di bagian timur. Satu-satunya gunungapi aktif di bagian barat Lengan Utara Sulawesi adalah Gunung Colo di Teluk Gorontalo (Siebert, Simkin, & Kimberly, 2010). Rekonstruksi tektonik dan persebaran gunungapi aktif di Lengan Utara Sulawesi ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Rekonstruksi tektonik dan persebaran gunungapi aktif di Lengan Utara Sulawesi (Hall dan Wilson, 2000). Keterangan nomor 1) Gunung Tangkoko; 2) Gunung Mahawu; 3) Gunung Lokon-Empung; 4) Gunung Soputan; 5) Gunung Ambang; 6) Gunung Colo.

Ketebalan kerak di Lengan Utara Sulawesi bervariasi. Ketebalan kerak di subduksi Batui, subduksi Sula, serta Sulawesi Tengah diperkirakan 35-45 km dan termasuk dalam kerak benua (Budiati, Toyokuni, Okada, & Matsuzawa, 2019), Lempeng Laut Maluku

merupakan kerak samudera dengan ketebalan kerak antara 8-11 km (McCaffrey dan Silver, 1980), sedangkan ketebalan kerak di subduksi Laut Sulawesi diperkirakan 4.5 km dan merupakan kerak samudera (Lewis, 1991).

*Play* adalah kelompok sistem panas bumi yang dibagi berdasarkan kesamaan sumber panas, kontrol struktur geologi, kapasitas reservoir, serta teknologi untuk regenerasi panas (Moeck, 2014). *Play* diambil dari istilah eksplorasi hidrokarbon, yaitu kelompok sistem hidrokarbon berdasarkan kesamaan jenis reservoir, kontrol struktur geologi, batuan penudung, dan jenis perangkap minyak bumi (Allen dan Allen, 2005). *Play* panas bumi dibagi menjadi dua kelompok berdasarkan hubungan antar lempeng dan kondisi tektoniknya, yaitu *play* panas bumi dominasi konveksi dan *play* panas bumi dominasi konduksi. *Play* panas bumi dominasi konveksi terdapat di daerah yang aktif secara tektonik dan vulkanik, meliputi daerah dekat busur vulkanik maupun daerah subduksi. *Play* panas bumi dominasi konduksi terdapat di daerah yang kegiatan tektonik dan vulkaniknya relatif sudah tidak aktif, seperti di daerah kraton. Lengan Utara Sulawesi masih dipengaruhi oleh aktivitas tektonik dan vulkanik aktif, sehingga termasuk dalam *play* panas bumi konveksi. Rincian *play* panas bumi konveksi beserta kondisi tektonik dan sumber panasnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1: Klasifikasi *play* panas bumi konveksi (Moeck, 2014).

<i>Play</i> panas bumi konveksi	Kondisi tektonik	Sumber panas
Magmatik	Busur gunungapi, <i>Mid-oceanic ridge</i> , <i>hot spot</i>	Dapur magma, intrusi
Tipe plutonik	Aktivitas vulkanik berumur > 50000 tahun	Intrusi berumur > 50000 tahun
Non-magmatik	Sesar geser atau sesar normal	Penipisan kerak Bumi

Klasifikasi *play* panas bumi digunakan untuk memudahkan pendugaan awal mengenai bagaimana kondisi tektonik secara regional berpengaruh pada prospek panas bumi di Lengan Utara Sulawesi. Pemanfaatan prospek panas bumi dapat dilakukan secara maksimal bila sistem panas bumi dapat dipahami secara komperhensif. Paper ini bertujuan untuk menjelaskan kondisi tektonik yang mempengaruhi WKP Suwawa. Kondisi tektonik dapat membantu pendugaan jenis sumber panas WKP Suwawa, sehingga mempermudah eksplorasi geofisika di WKP Suwawa. Hal ini akan membantu strategi eksplorasi dan interpretasi data geofisika di WKP Suwawa. Data

tomografi seismik dan anomali gravitasi satelit digunakan dalam paper ini untuk menjelaskan kondisi tektonik WKP Suwawa dalam skala regional.

**Metode**

**Tomografi Seismik**

Prinsip tomografi adalah memanfaatkan waktu tiba gelombang seismik untuk menggambarkan kondisi bawah permukaan berdasarkan model inversi 3D bawah permukaan Bumi (Aki, Christoffersson, & Husebye, 1977). Salah satu *software* yang dapat digunakan dalam tomografi adalah FMTOMO. Menurut Rawlinson dan Sambridge (2003), FMTOMO mengasumsikan kondisi bawah permukaan bumi bersifat heterogen lateral dan tidak mempengaruhi waktu tiba gelombang relatif dalam inversi tomografi. FMTOMO mengaplikasikan Hukum Huygens dan asas Fermat. Berdasarkan kedua prinsip tersebut, FMTOMO dapat menggambarkan batas lempeng (moho), *crust*, dan *upper mantle* meskipun dengan batas yang berundulasi.

*Software* FMTOMO menggunakan *Fast Marching Tomography* (FMM) untuk memprediksikan *traveltime* dan skema ruang inversi untuk menyesuaikan parameter model dalam rangka pengamatan data. Metode ini merupakan metode non-linear yang dalam langkah inversinya mengasumsikan *local linear*, tetapi perulangan aplikasi dari FMM dan *subsurface inversion* memungkinkan hubungan tidak linear antara kecepatan dan perturbasi *traveltime* dapat diselaraskan (Rawlinson., 2008).

$$\nabla xT = s(x) \quad (1)$$

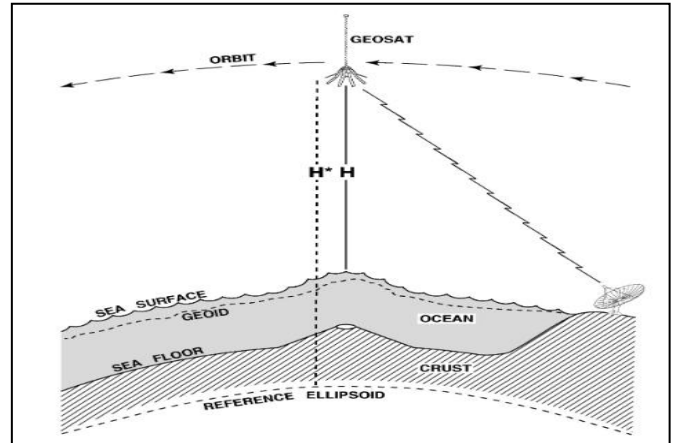
**Keterangan:**

- $\nabla x$  : operator *gradient*
- T : waktu tempuh gelombang (km/s)
- S(x) : *slowness* (Km/s<sup>2</sup>)

Data tomografi seismik yang digunakan dalam paper ini berdasarkan data persebaran gempa bumi. Data persebaran gempa bumi yang diambil adalah data persebaran episenter dan hiposenter gempa bumi yang diambil dari situs <http://www.isc.ac.uk/> pada tanggal 1 Januari 1950 hingga 31 Maret 2017 dengan *magnitude* gempa lebih atau sama dengan 2.5 dalam Skala Richter. Situs <http://www.isc.ac.uk/> dikelola oleh ISC (*International Sesimological Centre*) yaitu organisasi ilmiah yang mengkoleksi serta mengolah data gempa bumi diseluruh dunia. Jumlah stasiun perekam gempa adalah 29, sedangkan jumlah data kejadian gempa adalah 3031. Peta tomografi seismik menjadi dasar interpretasi bentuk aktivitas tektonik yang mempengaruhi WKP Suwawa.

**Gravitasi Satelit**

Data gravitasi dapat diambil dari pergerakan satelit altimetri. Secara teoritis, metode gravitasi menggunakan satelit tidak jauh berbeda dari metode gravitasi biasa. Dalam pengambilan data gravitasi satelit, data pergerakan satelit diatas bumi digunakan untuk menghitung perturbasi gravitasi yang mempengaruhi pergerakan orbit satelit (Nerem, Klosko, & Pavlis, 1996).



**Gambar 2.** Skema pengambilan data gravitasi menggunakan satelit altimetri (Smith dan Sandwell, 2004).

Pengambilan data gravitasi pada situs [https://topex.ucsd.edu/cgi-bin/get\\_data.cgi](https://topex.ucsd.edu/cgi-bin/get_data.cgi) menggunakan satelit altimetri yang dilakukan oleh NOAA Laboratory of Satellite Altimetry (Smith dan Sandwell, 1997). Menurut Smith dan Sandwell (2004), pengambilan data gravitasi menggunakan satelit altimetri didasarkan pada perhitungan jarak antara satelit altimetri dari garis referensi elipsoid (H\*) dikurangi dengan jarak satelit altimetri dengan permukaan laut (H) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.

**Dekonvolusi Euler**

Salah satu cara analisa analisa data anomali gravitasi adalah menggunakan metode dekonvolusi Euler. Pengolahan data gravitasi menggunakan dekonvolusi Euler dilakukan dengan memilih nilai indeks struktur yang ingin dicari. Tabel 2 menunjukkan nilai indeks struktur pada setiap geometri target.

**Tabel 2.** Nilai indeks struktur setiap geometri target.

Indeks Struktur	Target
0.0	Sill/ dike/ lereng
0.5	Struktur pita
1.0	Struktur pipa
2.0	Stuktur bola

Menurut Reid dan Thurston (2014), dekonvolusi Euler merupakan persamaan yang memanfaatkan homogenitas nilai gravitasi dibawah permukaan serta pemahaman mengenai geometri sumber anomali. Rumus dekonvolusi Euler adalah sebagai berikut.

$$(x - x_0)T_{zx} + (y - y_0)T_{zy} + (z - z_0)T_{zz} = n(B_z - T_z) \quad (2)$$

**Keterangan:**

- $T_z$  : komponen vertikal sumber anomali gravitasi
- $B_z$ : perkiraan nilai gravitasi regional
- $n$ : indeks struktur
- $(x_0, y_0, z_0)$ : perkiraan koordinat sumber anomali
- $(x, y, z)$ : koordinat terukur sumber anomali
- $(T_{zx}, T_{zy}, T_{zz})$ : perkiraan gradien arah x-, y-, dan z-

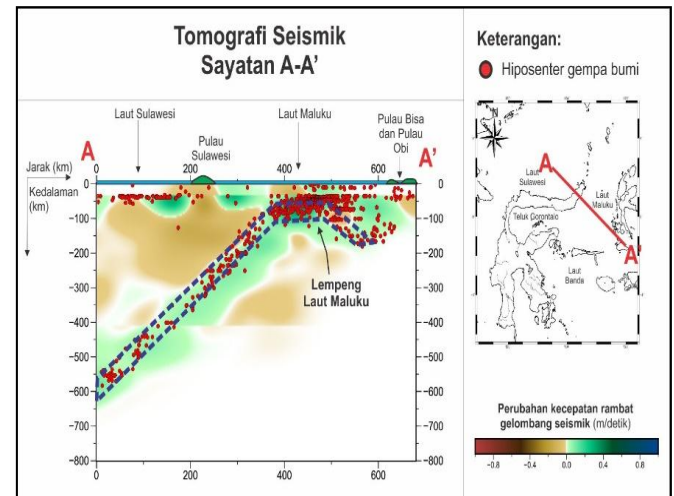
Dekonvolusi Euler dapat digunakan untuk mendelineasi struktur berupa intrusi dike yang berasosiasi dengan keberadaan sumber panas pada sistem panas bumi (Nyakundi dkk, 2017). Tujuan dilakukan dekonvolusi Euler adalah untuk memberikan gambaran kasar mengenai potensi keberadaan sumber panas dari suatu sistem panas bumi. Struktur bola dipilih karena struktur tersebut dianggap mewakili sumber panas berupa dapur magma (pada *play* panas bumi konveksi magmatik) atau daerah ekstensi/cekungan (potensi adanya sumber panas *play* panas bumi domain ekstensi) berdasarkan klasifikasi *play* panas bumi menurut Moeck (2014).

Data anomali gravitasi berupa anomali gravitasi residual dan titik anomali dekonvolusi Euler menjadi dasar interpretasi sumber panas dapur magma atau cekungan sedimen yang berkorelasi dengan penipisan lempeng. Bila titik anomali terletak di daerah dengan nilai anomali gravitasi tinggi dan terdapat gunung api disekitarnya, maka kemungkinan sumber panas berkaitan dengan aktivitas vulkanik. Bila titik anomali terletak di daerah dengan nilai anomali gravitasi rendah, maka kemungkinan sumber panas berkaitan dengan aktivitas subsidensi yang terjadi di Teluk Gorontalo.

**Hasil dan Diskusi**  
**Tomografi Seismik**

Kondisi tektonik adalah salah satu faktor yang mempengaruhi klasifikasi *play* panas bumi yang ditulis oleh Moeck (2014). Tomografi seismik dapat digunakan untuk melihat kondisi tektonik yang mempengaruhi Lengan Utara Sulawesi, sehingga metode ini cocok digunakan untuk mengetahui kondisi tektonik yang mempengaruhi prospek panas bumi di Lengan Utara Sulawesi. Hasil tomografi seismik berupa nilai perubahan kecepatan rambat gelombang seismik tiap kedalaman. Perubahan nilai kecepatan rambat

gelombang seismik positif menggambarkan daerah dengan batuan penyusun yang bersifat kaku (*rigid*), sedangkan perubahan kecepatan rambat gelombang seismik bernilai negatif menggambarkan daerah dengan batuan penyusun yang bersifat plastis (*ductile*).

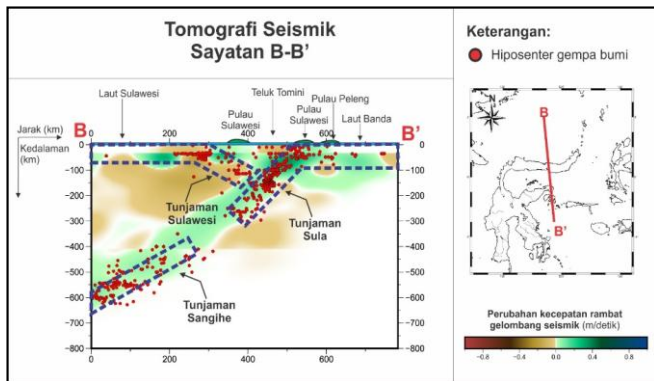


**Gambar 3.** Tomografi seismik sayatan A-A' di bagian barat Lengan Utara Sulawesi. Garis putus-putus berwarna biru menunjukkan rekonstruksi lempeng. Data persebaran hiposenter diambil dari <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/arrivals/>

Sayatan A-A' menunjukkan bahwa Lengan Utara Sulawesi bagian timur terletak di atas daerah dengan perubahan kecepatan rambat gelombang seismik bernilai negatif. Hal ini menunjukkan bahwa material penyusun batuan Lengan Utara Sulawesi bagian timur memiliki sifat yang lebih plastis daripada batuan di sekitarnya. Kondisi ini disebabkan oleh naiknya magma menuju permukaan Bumi akibat subduksi yang menunjukkan adanya aktivitas vulkanik di Lengan Utara Sulawesi bagian timur. Hal ini sesuai dengan keberadaan seluruh gunungapi aktif di bagian timur Lengan Utara Sulawesi yang memiliki nilai perubahan kecepatan rambat gelombang seismik negatif. Bentuk rekonstruksi lempeng pada sayatan A-A' memiliki bentuk mirip dengan model rekonstruksi lempeng Hall dan Wilson (2000) di bagian timur Lengan Utara Sulawesi yang menunjukkan bahwa terdapat *double subduction* di bawah Laut Maluku.

Lengan Utara Sulawesi bagian barat memiliki nilai perubahan kecepatan rambat gelombang seismik positif. Bentuk tomografi seismik bawah permukaan di bagian barat Lengan Utara Sulawesi dapat dilihat pada sayatan B-B' (Gambar 5.4). Sayatan B-B' menunjukkan bahwa Lengan Utara Sulawesi bagian barat, termasuk WKP Suwawa, terletak di atas daerah dengan perubahan kecepatan rambat gelombang seismik bernilai positif. Bentuk rekonstruksi lempeng pada sayatan B-B' mirip dengan model rekonstruksi lempeng

Hall dan Spakman (2015) yang menunjukkan terdapat *rollback* di bawah Lengan Utara Sulawesi bagian barat. Kondisi tektonik *rollback* menyebabkan bagian barat Lengan Utara Sulawesi tidak memiliki gunungapi aktif, sehingga sumber panas dari aktivitas vulkanik tidak mungkin terdapat di prospek panas bumi di bagian barat.



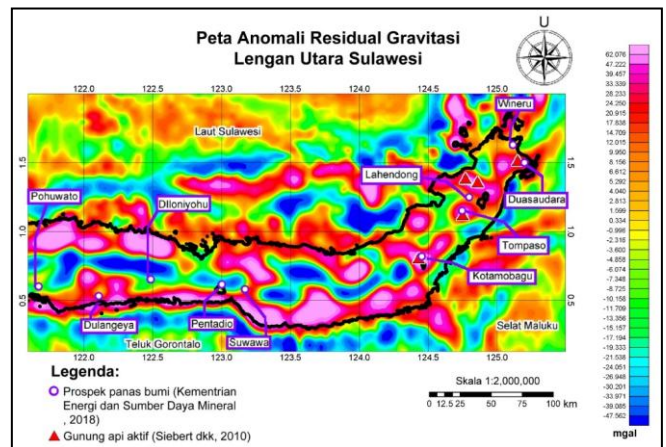
**Gambar 4.** Tomografi seismik sayatan B-B' di bagian barat Lengan Utara Sulawesi. Garis putus-putus berwarna biru menunjukkan rekonstruksi lempeng. Data persebaran hiposenter diambil dari <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/arrivals/>.

Hal ini juga diperkuat oleh hasil tomografi seismik di kedalaman 40 km yang menunjukkan bahwa seluruh prospek panas bumi di Lengan Utara Sulawesi bagian barat memiliki nilai perubahan kecepatan rambat gelombang seismik positif yang menandakan bahwa batuan penyusun bagian barat Lengan Utara Sulawesi bersifat kaku, sehingga tidak ada aktivitas magmatik di bagian barat Lengan Utara Sulawesi. Kondisi *rollback* mengakibatkan terjadinya subsidensi di Teluk Gorontalo yang secara langsung mempengaruhi kondisi geologi WKP Suwawa. Hal ini menandakan bahwa sumber panas di WKP Suwawa diakibatkan oleh penipisan lempeng bumi.

**Gravitasi Satelit**

Gambar 5. menunjukkan peta anomali gravitasi residual seluruh Lengan Utara Sulawesi. Anomali gravitasi residual dibagi menjadi tiga kategori daerah anomali, yaitu daerah anomali dengan nilai rendah (nilai anomali gravitasi residual di bawah -3.6 mgal) yang diwakili oleh daerah berwarna biru tua hingga hijau muda, daerah anomali dengan nilai menengah (nilai anomali gravitasi residual antara -3.6 hingga 9.95 mgal) yang diwakili oleh daerah berwarna kuning hingga oranye, serta daerah anomali dengan nilai tinggi (nilai anomali gravitasi residual di atas 9.95) yang diwakili oleh daerah berwarna merah hingga ungu muda. Prospek panas bumi yang memiliki anomali gravitasi residual bernilai tinggi meliputi prospek panas bumi

Dusaudara, Tompasso, dan Kotamobagu. Ketiga prospek panas bumi ini terletak berdekatan dengan gunungapi aktif, sehingga nilai anomali gravitasi residual tinggi dipengaruhi oleh aktivitas magmatik dari gunungapi aktif di dekatnya. Sumber panas prospek panas bumi Tompasso berasal dari aktivitas magmatik di bawah Gunung Soputan (Suryanto, Sastranegara, Untoro, Affif, Effendi, Raharjo, & Suryantini, 2021), sedangkan sumber panas prospek Kotamobagu berasal dari aktivitas magmatik di bawah Gunung Ambang, Banga, dan Muayat (Raharjo, 2012). Hal ini menandakan bahwa prospek panas bumi yang terletak di daerah dengan nilai anomali gravitasi residual tinggi memiliki sumber panas yang berasal dari aktivitas magmatik.

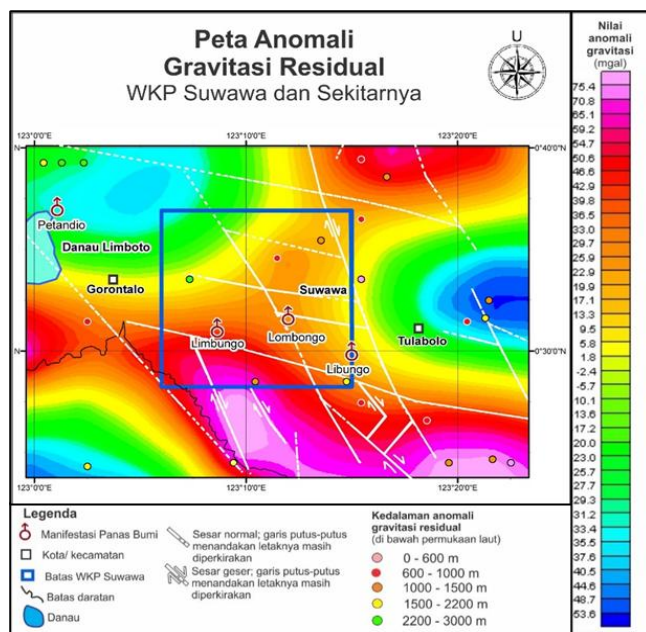


**Gambar 5.** Peta anomali gravitasi residual di Lengan Utara Sulawesi. Batas daratan Lengan Utara Sulawesi diambil dari <https://www.info-geospasial.com/>.

WKP Suwawa terletak di perbatasan antara anomali gravitasi tinggi dengan rendah. Dua daerah anomali rendah berada di bagian barat dan bagian timur WKP Suwawa. Keberadaan anomali rendah tersebut diperkirakan berasosiasi dengan cekungan yang membentuk Danau Limboto. Gambar 6 menunjukkan peta anomali gravitasi residual dengan titik anomali dekonvolusi Euler di WKP Suwawa dan prospek panas bumi Petandio. Peta anomali gravitasi residual dibagi menjadi tiga daerah anomali, yaitu daerah dengan nilai anomali gravitasi residual bernilai tinggi (di atas 42.9 mgal) berwarna merah hingga ungu muda, daerah dengan anomali gravitasi residual bernilai tinggi (antara -29.3 hingga 42.9 mgal) berwarna hijau hingga oranye, serta daerah dengan anomali gravitasi residual bernilai rendah (di bawah -29.3 mgal) berwarna biru muda. Titik dekonvolusi Euler adalah obyek geologi berbentuk menyerupai bola yang dapat berupa intrusi magma dalam skala besar maupun daerah cekungan. Daerah dengan anomali gravitasi residual bernilai tinggi terdapat di bagian selatan WKP Suwawa, bagian utara

WKP Suwawa, serta bagian baratdaya Gorontalo. Menurut Rezky dkk. (2005), sumber panas bumi di WKP Suwawa berasal dari sisa panas dari tubuh vulkanik Batuan Gunungapi Pinogu yang terletak di sekitar Libungo.

Menurut Apandi dan Bachri (1997), satuan stratigrafi Batuan Gunungapi Pinogu meliputi Libungo, Tulabolo, dan memanjang hingga ke bagian timur. Anomali gravitasi dari sumber panas magmatik seperti tubuh vulkanik sisa gunungapi maupun intrusi magmatik akan menunjukkan nilai anomali gravitasi residual tinggi seperti yang terlihat di prospek panas bumi Lahendong (Gambar 5). Namun, peta anomali gravitasi residual ataupun titik anomali hasil perhitungan dekonvolusi Euler di WKP Suwawa tidak menunjukkan adanya anomali yang dapat diinterpretasikan sebagai tubuh batuan vulkanik. Daerah dengan nilai anomali gravitasi residual tinggi dan memiliki titik anomali dekonvolusi Euler terdapat di bagian utara dan selatan WKP Suwawa. Daerah dengan nilai anomali gravitasi residual tinggi di bagian utara berasosiasi dengan satuan stratigrafi Diorit Bone yang berumur Miosen Akhir, sedangkan bagian selatan di dominasi oleh satuan stratigrafi Diorit Bone dan Batuan Gunungapi Bilungala yang berumur Miosen Awal hingga Miosen Akhir. Kedua satuan stratigrafi tersebut memiliki umur lebih tua dari Kuartar, sehingga sumber panas sistem panas bumi WKP Suwawa bukan berasal dari aktivitas vulkanik Kuartar.



**Gambar 6.** Peta anomali gravitasi residual di WKP Suwawa. Kotak baergaris biru muda menunjukkan batas WKP Suwawa. Persebaran struktur sesar dan persebaran manifestasi panas bumi diambil dan digambar ulang dari Bachri dkk (1993) serta Apandi dan Bachri (1997).

Manifestasi panas bumi di WKP Suwawa terdapat di sekitar sesar. Hal ini menunjukkan bahwa manifestasi panas bumi di WKP Suwawa cenderung muncul di daerah yang dilewati oleh struktur sesar. Prospek panas bumi Petandio terletak di bagian barat WKP Suwawa. Manifestasi panas bumi di prospek panas bumi Petandio terdapat di bagian timurlaut Danau Limboto yang memiliki anomali gravitasi residual bernilai rendah. Bachri, Sukido, & Ratman (1993) memperkirakan bahwa terdapat sesar yang memotong Danau Limboto. Keberadaan sesar ini masih diperkirakan karena daerah di sekitar Danau Limboto ditutupi oleh endapan danau, sehingga sulit dipastikan dengan pengamatan diatas permukaan. WKP Suwawa kemungkinan juga memiliki sistem panas bumi yang mirip dengan prospek panas bumi Petandio karena anomali gravitasi residual bernilai tinggi di WKP Suwawa kemungkinan adalah batas graben (bagian depresi yang terletak di antara dua bagian dengan elevasi yang lebih tinggi). Manifestasi panas bumi di prospek panas bumi Petandio dan WKP Suwawa muncul di daerah yang dipotong oleh sesar.

**Kesimpulan**

Hasil tomografi seismik menunjukkan bahwa terdapat struktur *rollback* di bawah Teluk Gorontalo. Keberadaan *rollback* membuat kondisi tektonik yang mempengaruhi WKP Suwawa adalah subsidensi karena adanya zona ekstensi. Hasil anomali gravitasi satelit Lengan Utara Sulawesi tidak menunjukkan adanya potensi keberadaan intrusi kuartar yang dapat menjadi sumber panas akibat aktivitas vulkanik. Keberadaan anomali gravitasi yang terdeteksi berkaitan dengan adanya cekungan hasil subsidensi Teluk Gorontalo. Sumber panas yang paling memungkinkan akibat adanya aktivitas tektonik tersebut adalah akibat adanya penipisan lempeng bumi di WKP Suwawa.

**Ucapan Terimakasih**

Ucapan terima kasih disampaikan kepada bagian akademik Teknik Pertambangan, Universitas Sriwijaya serta pihak-pihak lain yang telah membantu penelitian ini.

**Referensi**

Aki, K., Christoffersson A., & Husebye, E.S. (1977). Determination of Three-Dimensional Seismic Structure of Lithosphere. *Journal of Geophysical Research*, 82(2), 277-317.

Allen, P. A., & Allen, J. R. (2005). *Basin Analysis Principles and Applications Second Edition. History in Blackwell Science (Vol. 2).* Blackwell Publishing.

- Apandi, T. & Bachri, S. (1997). Peta Geologi Lembar Kotamobagu, skala 1 : 250.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Bachri, S., Sukido, & Ratman, N. (1993). Peta Geologi Lembar Tilamuta, Sulawesi, skala 1: 250.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Budiati, M. R., Toyokuni, G., Okada, T., & Matsuzawa, T. (2019). Crustal Thickness Beneath Central Indonesia by The Cross-correlation Analysis of Seismic Ambient Noise. *Japan Geoscience Union Meeting 2019, 2*, 2019.
- Direktorat Panas Bumi. (2017). *Buku Potensi Panas Bumi Indonesia Jilid 2*. Jakarta: Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi, Direktorat Panas Bumi.
- Hall, R., & Wilson, M. E. J. (2000). Neogene sutures in eastern Indonesia. *Journal of Asian Earth Sciences*, 18, 781-808.
- Hall, R., & Spakman, W. (2015). Mantle structure and tectonic history of SE Asia. *Tectonophysics*, 658, 14-45.
- Moeck, I. S. (2014). Catalog of Geothermal Play Types Based on Geologic Controls. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 37, 867-882.
- Nerem R.S., Klosko, S.M., & Pavlis, N.K. (1996). Applications of Global Gravity Field Models in Geodesy and Oceanography. *International Association of Geodesy Symposia*, vol 116. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Nyakundi, E. R., Githiri, J. G., & Ambusso, W. J. (2017). Geophysical Investigation of Geothermal Potential of the Gilgil Area, Nakuru County, Kenya Using Gravity. *Journal of Geology and Geophysics*, 6, 2.
- Raharjo, I.B. (2012). *Geophysical Signatures of Volcano-Hosted Geothermal Systems*, [Ph.D. Thesis], The University of Utah. Retrieved from <https://files01.core.ac.uk/download/pdf/276265165.pdf>
- Rawlinson, N. (2008). *Fast Marching Tomography Package: Instruction Manual*. Research School of Earth Sciences. Australian National University.
- Reid, A. B., & Thurston, J. B. (2014). The Structural Index in Gravity and Magnetic Interpretation: Errors, Uses, and Abuses. *Geophysics*, 79, 61-66.
- Rezky, Y., Hasan, A. R., & Dirasutisna, S. (2005). *Penyelidikan Geologi Daerah Panas Bumi Suwawa Kabupaten Bone Bolango - Gorontalo. Pemaparan Hasil Kegiatan Lapangan Subdit Panas Bumi 2005*, 1-12.
- Rizkiani, D. N., & Rustadi. (2019). Interpretasi Sistem Panas Bumi Suwawa Berdasarkan Data Gaya Berat. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*, 5(2).
- Siebert, L., Simkin, T.S., & Kimberly, P. (2010). *Volcanoes of the World: Third Edition (3rd ed.)*. Oakland: University of California Press.
- Smith W. H. F., & Sandwell, D. T. (1997). *Global Seafloor Topography from Satellite Altimetry And Ship Depth Soundings*. Science. Volume: 277. 1957-1962.
- Smith, W. H., & Sandwell, D. T. (2004). Conventional bathymetry, bathymetry from space, and geodetic altimetry. *Oceanography*, 17 (1). 8-23.
- Sukamto, R. (1975). *The Structure of Sulawesi In the Light of Plate Tectonics*. Regional Conference on Geology and Mineral Resources of Southeast Asia, Association of Indonesian Geologist. Jakarta.
- Suryanto, S., Sastranegara, R.M.T., Untoro, A.R., Affif, N.N., Effendi, R., Raharjo, I.B. & Suryantini. (2021). "Integrated Geoscience Data to Identify Heat Source Beneath Umeh Volcanic Complex in Tompasso Geothermal Field". *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Volume 732, ITB International Geothermal Workshop 10-13 August 2020, Bandung, Indonesia.