

Pemisahan Anomali Residual dan Regional Menggunakan Metode *Moving Average* pada Zona Panasbumi Gunung Api Papandayan, Jawa Barat

Sabrina Adelyra¹⁾, Khalila Wardah Arianto¹⁾, Nandi Haerudin¹⁾, Rahmi Mulyasari¹⁾, Karyanto¹⁾, Rahmat Catur Wibowo^{1)*}

¹⁾ Program Studi Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung
E-mail: rahmat.caturwibowo@eng.unila.ac.id

ABSTRAK

Energi panas bumi merupakan sumber energi terbarukan yang berasal dari dalam bumi. Potensi energi ini sangat besar untuk memenuhi kebutuhan energi jangka panjang pada masa kini. Penelitian ini bertujuan untuk memisahkan anomali residual dan regional pada kawasan panas bumi Gunung Papandayan, Jawa Barat, guna mengidentifikasi potensi sumber daya geotermal. Data yang digunakan mencakup anomali gravitasi dan topografi dari citra satelit TOPEX dan *Digital Elevation Model (DEM)*. Pengolahan data dilakukan dengan koreksi terrain dan Bouguer menggunakan perangkat lunak *Global Mapper* dan *Oasis Montaj*. Pemisahan anomali dilakukan dengan metode *moving average* melalui *software Surfer 13* untuk mendapatkan anomali regional dan residual. Hasil penelitian menunjukkan bahwa anomali residual dengan nilai rendah kemungkinan mengindikasikan keberadaan kantung magma, yang selaras dengan manifestasi panas bumi berupa mata air panas di sekitar kawah. Sementara itu, anomali tinggi merefleksikan adanya batuan beku atau material hasil erupsi. Penelitian ini memperkuat pemahaman tentang potensi geotermal di Gunung Papandayan, yang dapat mendukung eksplorasi energi panas bumi sebagai sumber energi terbarukan di Indonesia.

Kata Kunci: Panasbumi, Gunung Papandayan, Anomali Residual, TOPEX, *Moving average*

ABSTRACT

Geothermal energy is a renewable energy source derived from the Earth's interior. This energy holds great potential to meet long-term energy needs. This study aims to separate residual and regional anomalies in the geothermal area of Mount Papandayan, West Java, to identify the potential of geothermal resources. The data include gravity and topographic anomalies from TOPEX satellite imagery and the Digital Elevation Model (DEM). Data was processed with the terrain and Bouguer corrections using Global Mapper and Oasis Montaj software. Anomaly separation was performed using the moving average method through Surfer 13 software to obtain regional and residual anomalies. The results indicate that low residual anomalies may suggest the presence of a magma chamber aligned with geothermal manifestations, such as hot springs around the crater. In contrast, high anomalies reflect the presence of igneous rocks or erupted materials scattered across the study area. This research enhances the understanding of the geothermal potential in Mount Papandayan, which can support geothermal exploration as a renewable energy source in Indonesia.

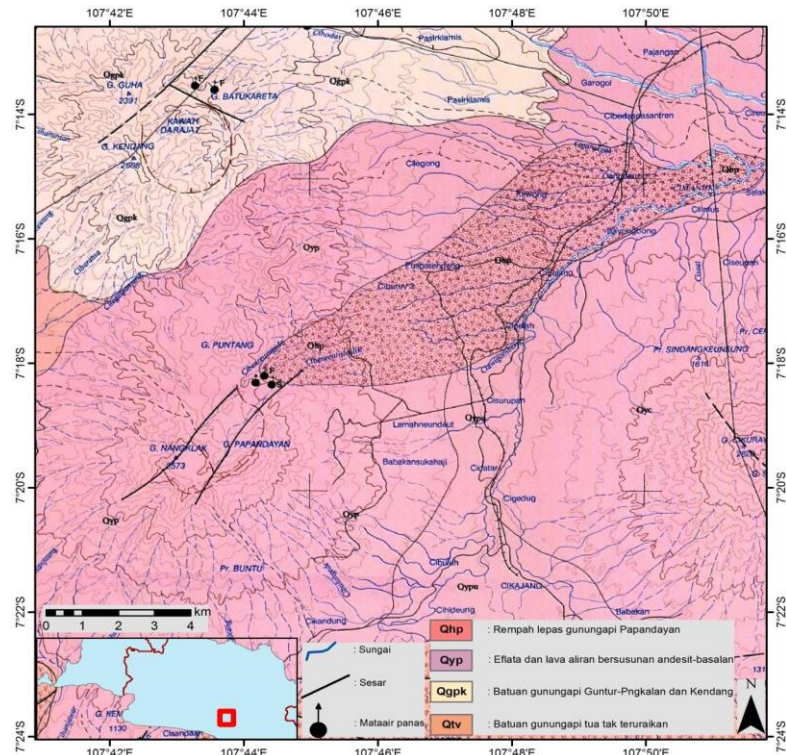
Keyword: *Geothermal, Mount Papandayan, Anomaly regional, Topex, Moving Average*

1. Pendahuluan

Energi geotermal merupakan sumber energi terbarukan yang berasal dari panas dalam bumi. Daerah panas bumi (geothermal area) atau medan panas bumi (geothermal field) adalah daerah di permukaan bumi dalam batas tertentu dimana terdapat energi panas bumi dalam suatu kondisi hidrologi batuan tertentu (Santoso, 2004). Indonesia memiliki potensi energi panas bumi 40% dari cadangan energi panas bumi di dunia (Ramadhan dkk., 2020). Potensi energi ini sangat besar untuk memenuhi kebutuhan energi bersih dan berkelanjutan. Namun, agar pemanfaatannya maksimal, diperlukan pemahaman mendalam mengenai potensi sumber daya geotermal di suatu area. Eksplorasi sistem panas bumi, salah satunya dengan identifikasi perbedaan variasi nilai densitas batuan di bawah permukaan dengan metode gaya berat (Ramadhan dkk., 2020). Pengukuran gayaberat dilakukan untuk mendapatkan gambaran bawah permukaan yang dapat digunakan untuk penafsiran struktur, basement, dan sesar. Metode ini memanfaatkan perbedaan gravitasi yang terjadi akibat perbedaan kerapatan batuan di bawah permukaan bumi (Rasimeng dkk., 2024). Model digunakan untuk mengidentifikasi berdasarkan data anomali gaya berat yang telah diperoleh dan juga melihat struktur geologi regional daerah tersebut (Wibowo dkk., 2022).

Sistem panas bumi adalah konveksi air dalam kerak bumi bagian atas di dalam ruang terbatas yang mengalirkan panas bumi dari sumber panas ke resapan panas di permukaan. Potensi panas bumi dapat diidentifikasi dari adanya manifestasi panas bumi yang muncul di permukaan. Salah satu pengontrol munculnya manifestasi tersebut adalah keberadaan media keluarnya atau zona permeabel (Hochstein & Browne, 2000). Beberapa manifestasi panas bumi muncul di sekitar kawah Gunung Papandayan berupa batuan alterasi hidrotermal, fumarol, dan mata air panas. Menurut Mazot dkk. (2008) mata air panas di sekitar kawah Papandayan termasuk tipe air sulfat-klorida dan air sulfat. Berdasarkan peta geologi (Alzwar dkk., 1992) terdapat dua struktur geologi yang memotong kawah Gunung Papandayan dengan arah baratdaya timurlaut.

Gunung Api Papandayan adalah gunung api stratovolcano dengan ketinggian 2665 mdpl dengan beberapa kawah diantaranya Kawah Mas, Kawah Baru, Kawah Nangklak, dan Kawah Manuk dengan menifestasi berupa solfatara, fumarola dan hembusan gas. Gunung api ini terletak sekitar 70 km ke sebelah tenggara Kota Bandung, tepatnya di Kecamatan Cisarupan, Kabupaten Garut, Jawa Barat. Letak geografis Indonesia berada di pertemuan tiga lempeng tektonik besar. Zona pertemuan antar dua lempeng tektonik merupakan jalur-jalur vulkan aktif. Selain itu pegunungan di Indonesia didominasi oleh gunung yang aktif dan berpotensi meletus sewaktu-waktu. Dari sekitar 500 gunung berapi di Indonesia, diperkirakan 129 gunung api berstatus aktif. Salah satu gunung api berstatus aktif di Indonesia adalah gunung Papandayan. Gunung Papandayan merupakan gunung api aktif yang secara administratif berada di Kabupaten Garut, Provinsi Jawa Barat, dengan ketinggian puncaknya 2665 dpl. Gunung Papandayan telah tercatat terjadi sejarah letusan 11 kali sejak tahun 1772 dan terakhir kali terjadi tahun 2002 (Alsela & Djamal, 2015).



Gambar 1. Peta Geologi lokasi penelitian (Alzwar dkk., 1992).

Kajian ini dapat digunakan untuk menganalisis potensi panas bumi yang ada pada Gunung Papandayan, Jawa Barat. Kajian ini bertujuan untuk memetakan potensi panas bumi di sekitar Gunung Papandayan, Jawa Barat. Dengan harapan setelah adanya pemetaan ini, para pemerintah dan seluruh pihak yang bergerak di bidang energi, lingkungan dan industry terkait dapat segera menindaklanjuti potensi panas bumi yang ada di Gunung Papandayan. Langkah ini penting untuk mendukung pengembangan energi terbarukan.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di sekitar kawah Gunung Papandayan dengan menggunakan 110 data gravitasi dan topografi. Area data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data TOPEX dan data *Digital Elevation Model* (DEM) yang sesuai dengan daerah penelitian. Dimana kedua data tersebut diolah menggunakan *software Global Mapper, Oasis Montaj, dan Surfer 13*. Metode *Moving Average* (Perata – rataan bergerak) dipilih dalam penelitian ini untuk pemisahan anomali regional dan residual. Pada metode ini, pemisahan dilakukan dengan cara merata-rata nilai anomali Bouguer. Hasil dari rata-rata merupakan anomali regional, sedangkan anomali residual didapat dari selisih anomali Bouguer dengan anomali regional (Abdelrahman, 1996).

A. Data Gravitasi

Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data anomali gravitasi sekunder yang berasal dari citra satelit yang diakses melalui website http://topex.ucsd.edu/cgi-bin/get_data.cgi. Website tersebut dibuat oleh *Scripps Institution of Oceanography, University of California San Diego USA*. Dari website tersebut dapat diperoleh data topografi dan anomali gravitasi suatu daerah yang diinputkan posisi geografisnya sehingga dihasilkan data yang telah tergrid secara teratur dalam format ASCII-XYZ (Anggraeni, 2021). Secara geografis, Gunung Papandayan terletak pada $7^{\circ} 19'$ Lintang Selatan, $102^{\circ} 44'$ Bujur Timur.

B. Prosedur Penelitian

Data anomali gravitasi citra satelit yang diperoleh telah terkoreksi hingga koreksi udara bebas sehingga pada penelitian ini koreksi yang dilakukan hanya meliputi koreksi terrain dan koreksi Bouguer. Hal pertama yang dilakukan adalah melakukan koreksi terrain atau koreksi medan. Koreksi terrain perlu dilakukan bagi lokasi penelitian yang memiliki topografi tidak rata seperti daerah gunung atau pegunungan (Mayasari dkk., 2018). Maka dari itu, kajian di kawasan Gunung Papandayan ini menggunakan koreksi *terrain*. Sebelum melakukan koreksi terlebih dahulu adalah melakukan konversi koordinat dari data anomali gravitasi satelit. Koordinat yang diperoleh dari citra satelit. Koordinat yang diperoleh dari citra satelit merupakan *latitude* dan *longitude* dalam *degree* yang perlu dikonversi ke format UTM (*Easting X*, *Northing Y*). Konversi koordinat ini menggunakan *software surfer*. Perhitungan koreksi *terrain* dilakukan dengan menggunakan *software Global Mapper* dan *Oasis Montaj*. *Software Global Mapper* berguna untuk mengolah peta DEM (*Digital Elevation Modelling*) menjadi *grid* untuk daerah anomali regional dan residual.

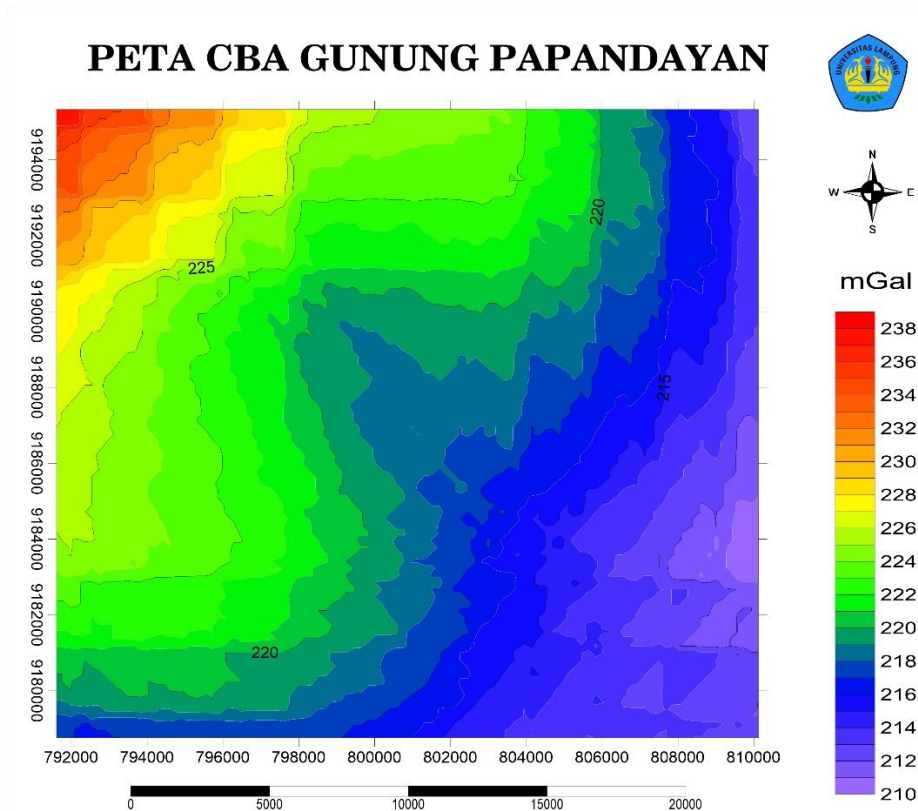
Setelah didapatkan hasil *grid*, maka selanjutnya adalah perhitungan koreksi *terrain* menggunakan *software Oasis Montaj*. Setelah koreksi *terrain* diperoleh, maka selanjutnya menghitung nilai koreksi *Bouguer*. Dalam koreksi *Bouguer*, metode yang digunakan untuk menghitung densitas rata-rata batuan di lokasi penelitian adalah metode Parasnis. Metode ini menentukan densitas batuan dengan melakukan pemetaan (*plotting*) antara nilai koreksi *Bouguer* yang telah dikurangi koreksi *terrain* dengan nilai koreksi udara bebas. Selanjutnya, dibuat garis linier dari plot tersebut untuk mendapatkan gradien kurva. Gradien ini mewakili densitas rata-rata batuan di lokasi penelitian. Setelah memperoleh koreksi *terrain* dan *Bouguer*, langkah berikutnya adalah menghitung nilai anomali *Bouguer* lengkap.

Tahap selanjutnya adalah melakukan pemfilteran guna memisahkan anomali Bouguer lengkap menjadi anomali regional dan anomali residual. Pada kajian ini, pemisahan dilakukan dengan menggunakan *software Surfer* dengan metode pemisahannya menggunakan *moving average*. Setelah didapatkan nilai anomali regional maka dapat dicari nilai anomali residualnya dengan mengurangi nilai anomali Bouguer lengkap dengan nilai anomali regionalnya.

3. Hasil dan Pembahasan

Dalam penelitian yang telah dilakukan, data anomali *Bouguer* lengkap dihitung berdasarkan koreksi udara bebas, koreksi *Bouguer*, dan koreksi terrain. Koreksi FAA diambil dari data citra satelit. Sementara itu, koreksi *terrain* diperoleh melalui pengolahan data *grid* untuk wilayah anomali regional dan residual menggunakan *software Oasis Montaj*. Koreksi *Bouguer* diperoleh dengan menggunakan metode parasnis dari data citra satelit Topex dan nilai densitas yang merupakan densitas rata-rata lokasi penelitian. Perhitungan menggunakan metode Parasnis memerlukan data koreksi *Bouguer* yang dihitung tanpa menggunakan densitas, data koreksi *terrain*, dan data koreksi udara bebas. Densitas dihitung dari gradien yang diperoleh melalui pemetaan nilai koreksi *Bouguer* dikurangi koreksi *terrain* terhadap koreksi udara bebas.

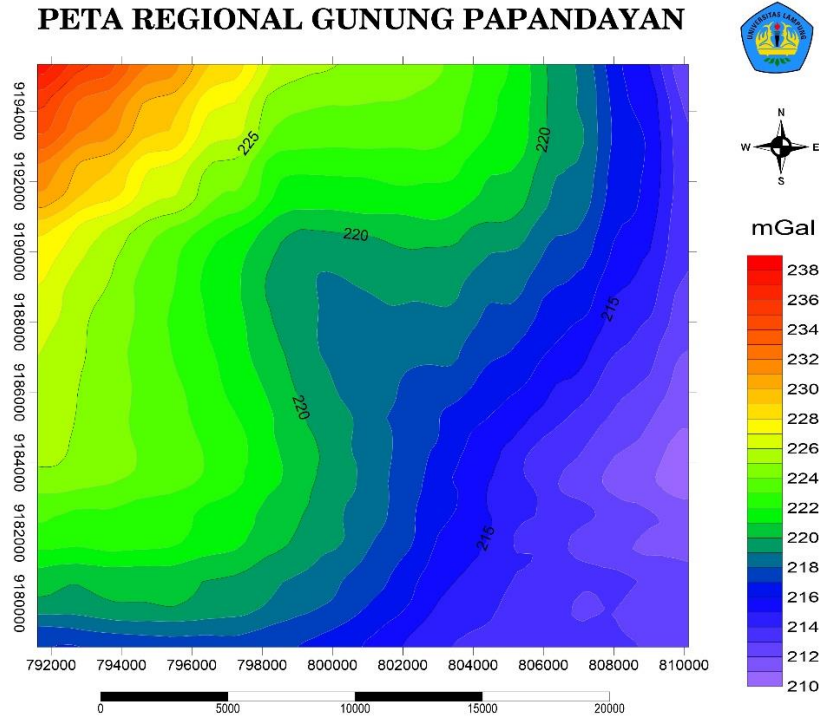
Data anomali Bouguer lengkap yang telah diperoleh setelah koreksi FAA kemudian diolah menggunakan Surfer, menghasilkan peta kontur untuk lokasi penelitian. Gambar 1 menunjukkan peta kontur anomali Bouguer lengkap, di mana sumbu-x mewakili garis bujur (*longitude*), sumbu-y mewakili garis lintang (*latitude*), dan skala nilai anomali digambarkan dengan variasi warna. Anomali ini memiliki rentang nilai antara 210 hingga 238 mGal. Anomali terendah diwakili oleh warna ungu, sementara anomali tertinggi diwakili oleh warna merah. Nilai anomali yang tinggi menunjukkan adanya struktur bawah permukaan dengan densitas tinggi, sedangkan nilai anomali yang rendah menunjukkan struktur bawah permukaan dengan densitas rendah.



Gambar 2. Peta kontur anomali Bouguer lengkap

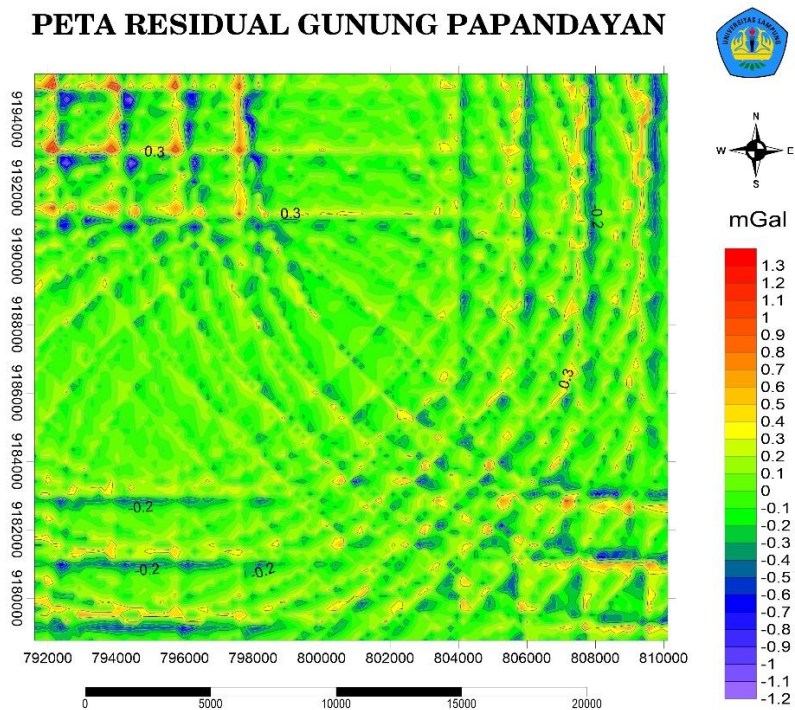
Berdasarkan data anomali *Bouguer* lengkap dapat dilakukan pemisahan dengan menggunakan metode *moving average* untuk memperoleh anomali regional yang dapat dilakukan dengan menggunakan *software Surfer*. Peta kontur anomali regional ditunjukkan oleh Gambar 2. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa anomali regional memiliki skala dengan rentang nilai 210 – 238 mGal. Warna ungu merepresentasikan nilai anomali 210 mGal dan warna merah merepresentasikan nilai anomali 238 mGal. "Keberadaan anomali gravitasi yang rendah, yaitu yang berwarna biru hingga ungu dengan nilai 218 - 210 mGal, dapat diinterpretasikan sebagai keberadaan batuan andesit atau basalt, yang termasuk dalam kategori batuan beku dengan densitas lebih rendah dibandingkan batuan beku intrusif. Sebaliknya, anomali gravitasi yang tinggi, berwarna merah hingga jingga dengan nilai 232 - 238 mGal, dapat diinterpretasikan sebagai keberadaan batuan beku intrusif yang lebih padat (Alzwar dkk., 1992). Walaupun keduanya merupakan batuan beku, perbedaan densitas antara batuan vulkanik (seperti andesit dan basalt) dan batuan beku intrusif menyebabkan munculnya variasi anomali gravitasi. Keberadaan batuan beku di daerah tersebut disebabkan oleh aktivitas magmatik yang terjadi di masa lalu, baik berupa intrusi magma ke dalam kerak bumi maupun aktivitas vulkanik yang menghasilkan aliran lava di permukaan. Aktivitas ini umumnya berkaitan dengan proses tektonik, seperti pembentukan busur vulkanik atau jalur subduksi, yang memicu pembentukan dan pergerakan magma." Dapat dilihat pula bahwa peta kontur anomali regional tampak mirip dengan peta kontur anomali Bouguer lengkap. Dimana nilai anomalnya pun tidak berubah, tetap pada rentang 210 – 238 mGal. Hal ini dapat terjadi karena adanya beberapa faktor, diantaranya adalah dominasi anomali regional dan cakupan frekuensi yang sama.

Anomali Bouguer lengkap terdiri atas anomali regional dan anomali residual. Jika anomali regional sangat mendominasi pada daerah penelitian, maka nilai anomali residual akan sangat kecil atau tidak signifikan. Akibatnya, nilai anomali Bouguer lengkap akan sangat mirip dengan anomali regional. Pada saat pemisahan anomali regional, kemungkinan metode yang digunakan untuk memisahkan nilai anomali ini tidak terlalu memadai dalam memisahkan frekuensi tinggi dan rendah, terutama di daerah penelitian ini. Karena anomali regional berhubungan dengan struktur geologi besar yang menghasilkan anomali frekuensi rendah, jika pemisahan tidak signifikan, anomali residual akan terserap ke dalam anomali regional dan membuat nilainya identik dengan nilai anomali Bouguer lengkap.



Gambar 3. Peta kontur anomali regional

Setelah data anomali regional didapatkan, maka nilai anomali residual dapat dicari dengan cara mengurangi nilai anomali Bouguer lengkap dengan nilai regionalnya. Kontur anomali residual ditunjukkan oleh Gambar 3. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa terjadi penurunan nilai anomali Bouguer menjadi -1.2 – 1.3 mGal. Nilai anomali negative menunjukkan bahwa terdapat nilai densitas yang sangat rendah dibandingkan dengan daerah di sekitarnya. Pada anomali residual ini menunjukkan bahwa anomali rendah berada di rentang -0.5 mGal hingga -1.2 mGal, dan anomali sedang berada di -0.4 mGal hingga 0.4 mGal, serta anomali tinggi berada pada rentang 0.5 mGal hingga 1.3 mGal.



Gambar 4. Peta kontur anomali residual

Peta kontur anomali residual ini memiliki nilai anomali yang rendah yang berwarna biru hingga ungu dengan nilai -0.5 mGal hingga -1.2 mGal yang dapat diperkirakan adanya keberadaan kantung magma. Hal ini juga dapat dibuktikan dengan adanya keberadaan sumber mata air panas yang ditunjukkan pada Gambar 1.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh gambaran struktur bawah permukaan di kawasan Gunung Papandayan. Representasi ini didasarkan pada anomali residual yang dihitung dari data anomali Bouguer lengkap dan regional. Anomali residual menunjukkan nilai rendah dari rentang -1.2 mGal hingga 1.3 mGal, yang diduga merupakan kantung magma yang dapat dibuktikan dengan adanya mata air panas di sekitar kawah Gunung Papandayan. Sementara itu, anomali tinggi diperkirakan mencerminkan keberadaan batuan beku atau material hasil erupsi Gunung Papandayan, yang tersebar secara acak dan relatif merata.

Daftar Pustaka

- Abdelrahman. 1996. Shape and depth solutions from moving average residual gravity anomalies. Egypt : Journal of Applied Geophysics, 36, 89–95.
- Alsela, A., & Djamal, E. C. Identifikasi Status Aktivitas Gunung Papandayan Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation.
- Alzwar, M., Akbar, N., dan Bachri, S., 1992. Peta Geologi Lembar Garut dan Pamengpeuk, Jawa. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Bandung.
- Anggraeni, F. K. A. (2021). Pemisahan Anomali Regional dan Residual Data Gravitasi Gunung Semeru Jawa Timur. *Jurnal Fisika Unand*, 10(4), 421–427. doi: 10.25077/jfu.10.4.421-427.2021
- Hochstein, M.P., dan Browne, P.R.L. 2000. Surface Manifestations of Geothermal Systems with Volcanic Heat Sources. Encyclopedia of Volcanoes. *Academic Press A Harcourt Science and Technology Company*
- Mayasari Verna, Ildrem Sjafri, Agus Didit, A.S. (2018), “Bulletin of Scientific Contribution”, *Bulletin of Scientific Contribution: GEOLOGY*, Vol. 16 No. 1, pp. 9–16.
- Mazot, A., Bernard, A., Fischer, T., Inguaggiato, S., dan Sutawijaya, I.S. 2008. Chemical Evolution Of Thermal Waters and Changes In The Hydrothermal System of Papandayan Volcano (West Java, Indonesia) After the November 2002 Eruption. *Journal of Volcanology and Geo thermal Research*, 178, 276–286.
- Ramadhan, A. B., Djayus, D., & Lepong, P. (2020). Analisa struktur bawah permukaan daerah prospek panas bumi “GF-TNH” Sumatera Barat berdasarkan metode gaya berat. *GEOSAINS KUTAI BASIN*, 3(1).
- Santoso, Djoko. 2004. Eksplorasi Energi Geothermal. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Rasimeng, S., Pratama, T. P. E., & Wibowo, R. C. (2024). Structural Geology Identification based on Derivative Analysis Gravity Data in Tangkuban Perahu Mountain. *Journal of Engineering and Scientific Research*, 6(1).
- Wibowo, R. C., Tobing, J. B. L., & Alimudin, A. (2022). Geological Structure Identification using Derivative Analysis of Gravity Method. *Journal of Innovation and Technology*, 3(2), 30-36