

## IDENTIFIKASI KEMENERUSAN SESAR DAN POTENSI RESERVOAR AIR PANAS CANGAR DENGAN MENGGUNAKAN METODE GRAVITASI

Husni Cahyadi Kurniawan<sup>1</sup>, Dhony Widyasandy<sup>2</sup>, Ahmad Luthfin<sup>3</sup>

Aulia K. Nugraha<sup>4</sup>, Agus Budi Jatmika<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Universitas Islam Negeri Sayyid Ali Rahmatullah Tulungagung

<sup>2</sup>Universitas Islam Negeri Sultan Maulana Hasanuddin Banten

<sup>3</sup>Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

<sup>4</sup>Universitas Brawijaya Malang

<sup>5</sup>SMA Katolik St. Albertus Malang

e-mail: [huznie.kurniawan@gmail.com](mailto:huznie.kurniawan@gmail.com)

**Abstract: Identification of Fault Continuity and Potential of Cangar Hot Water Reservoir by Using the Gravity Method.** Research has been carried out on the geothermal potential in the Cangar hot springs, Batu City, East Java based on the gravity method using the La Coste & Romberg G1053 series of Gravity-meters. Data collection was carried out at 20 observation points around Cangar hot springs. The results of the research on the density contrast value of the AA' incision are divided into 3 main layers in general, the three rock layers are: Andesite at the bottom at a depth of 0.5 km – 1 km, the density value is 2617 kg/m<sup>3</sup>. That is, in the upper layer there is an andesitic breccia with a density value that is not much different, namely 2680 kg/m<sup>3</sup> with a depth of 0.3 – 0.5 km. While near the surface it is andesitic tuff deposits with a density value of 2685 kg/m<sup>3</sup>. For density contrast values, the BB' incision is divided into three main rock layers including: Andesite with a density value of 2620 kg/m<sup>3</sup> in the basement or bottom layer of the model (depth 0.5 – 1 km). Then breccia-andesitic with a density value of 2678 – 2695 kg/m<sup>3</sup>. Near the surface it is andesitic tuff with density values ranging from 2660 to 2677 kg/m<sup>3</sup>. The presence of this breccia-andesite layer is very good as a water reservoir because it has a high porosity.

**Keywords:** Geothermal, Gravity Method, Fault Continuity

**Abstrak: Identifikasi Kemenerusan Sesar dan Potensi Reservoir Air Panas Cangar dengan Menggunakan Metode Gravitasi.** Telah dilakukan penelitian tentang potensi panas bumi di daerah pemandian air panas Cangar Kota Batu Jawa Timur berdasarkan metode gravity dengan menggunakan alat *Gravity-meter La Coste & Romberg seri G1053*. Pengambilan data dilakukan di 20 titik pengamatan disekitar Pemandian air panas Cangar. Hasil penelitian nilai kontras densitas sayatan AA' dibagi menjadi 3 lapisan utama secara umum, ketiga lapisan batuan tersebut masing-masing adalah: Andesit di bagian dasar pada kedalaman 0,5 km – 1 km nilai densitas sebesar 2617 kg/m<sup>3</sup>. Yaitu di lapisan atasnya terdapat breksi-andesitik dengan nilai densitas yang tidak jauh berbeda yaitu 2680 kg/m<sup>3</sup> dengan kedalaman 0,3 – 0,5 km. Sedangkan dekat permukaan berupa endapan tufa andesitik dengan nilai densitas yaitu 2685 kg/m<sup>3</sup>. Untuk

nilai kontras densitas Sayatan BB' dibagi menjadi tiga lapisan batuan utama diantaranya: Andesit dengan nilai densitas  $2620 \text{ kg/m}^3$  pada basement atau dasar lapisan dari model tersebut (kedalaman  $0,5 - 1 \text{ km}$ ). Kemudian breksi-andesitik dengan nilai densitas  $2678 - 2695 \text{ kg/m}^3$ . Pada bagian dekat permukaan berupa tufa andesitik dengan nilai densitas berkisar  $2660 - 2677 \text{ kg/m}^3$ . Dengan adanya lapisan breksi-andesit ini sangat baik sebagai penampung air karena memiliki porositas yang tinggi.

**Kata kunci:** Panas Bumi, Metode Gravity, Kemenerusan Sesar

## PENDAHULUAN

Malang Raya meliputi Kota Malang dan Kota Batu dikelilingi oleh gunungapi. Sebelah Timur dan Tenggara terdapat Gunungapi Bromo dan Semeru. Sedangkan di sebelah barat dibatasi oleh kompleks Gunungapi Arjuna-Welirang. Berdasarkan hal tersebut potensi adanya sumber panas bumi di daerah Malang Raya sangatlah besar, beberapa diantaranya menghasilkan mata air panas dan uap air (Satyana, 2013). Jawa Timur memiliki 11 potensi panas bumi dan menghasilkan energi sebesar  $1206,5 \text{ MW}$ . Satu dari daerah potensi panas bumi di Jawa Timur terletak di Gunung Api Welirang terletak di Kompleks Gunung Api Arjuno-Welirang (Kementerian ESDM, 2017). Pada Gunung Welirang diduga penyimpanan energi panas bumi dicirikan oleh munculnya manifestasi panas bumi dalam bentuk mata air panas.

Mata air panas ini kemudian dimanfaatkan sebagai pemandian air panas, salah satu yang terkenal yaitu wisata air panas Cangar dan air panas Songgoriti. Wisata Air Panas Cangar diperkirakan manifestasi berasal dari batuan vulkanik yang mengalami patahan di bawah kerucut Gunung Arjuno Welirang dan berfungsi sebagai batuan reservoir (Widyasandy et al., 2020). Batuan ini kedap air dan berfungsi sebagai tudung. Manifestasi panas Bumi di wisata air panas Cangar telah banyak dilakukan.

Berdasarkan hasil penelitian dengan metode resistivitas geolistrik menunjukkan adanya panas bumi potensi terletak di selatan cangar panas mata air dengan kedalaman  $24,7 \text{ meter}$  dari permukaan tanah (Rakhmanto et al., 2011). Penelitian lainnya yang menggunakan metode geomagnetik, menunjukkan adanya potensi panas bumi yang terletak di sebelah utara dan barat manifestasi air panas cangar manifestasi (Afandi et al., 2012). Nuha et al., (2017) juga telah melakukan penelitian di daerah

cangar dengan menggunakan metode potensial diri (*Self potensial*) arah aliran fluida panas dapat diprediksidi tenggara menuju barat laut.

Penelitian ini menggunakan metode gravity. Metode Gravity merupakan salah satu metode geofisika yang digunakan untuk mengukur variasi medan gaya berat bumi akibat adanya perbedaan rapat massa antar batuan (Telford, 1990). Metode ini dapat digunakan untuk menentukan struktur geologi bawah permukaan. Metode Gravity merupakan metode geofisika pasif yaitu mengukur karakteristik fisis bumi secara natural tanpa harus melakukan injeksi atau perlakuan buatan manusia terhadap alam atau bumi. Metode ini memiliki suatu kelebihan yang dapat memberikan informasi yang cukup detail tentang struktur geologi dan kontras densitas batuan. Penggunaan metode gravity dalam menganalisa densitas batuan dianggap tepat karena metode gravity memiliki respon yang sangat baik terhadap perbedaan densitas batuan di bawah permukaan (Anisa et al., 2018). Pada kasus geothermal perbedaan densitas batuan merupakan acuan dalam penyelidikan metode gravitasi (Raehanayati et al., 2013). Pertimbangan inilah yang menjadi dasar penentuan metode, karena Cangar merupakan kawasan pelestarian lingkungan sehingga kita bisa mengeksplorasi tanpa melakukan perusakan.

Berdasarkan penjelasan diatas maka penelitian ini menggunakan judul "Identifikasi Kemenerusan Sesar dan Potensi Reservoir Air Panas Cangar dengan Menggunakan Metode Gravitasi".

## METODE

Pengambilan data dilakukan di Pemandian Air Panas Cangar dan Taman Hutan Raya R. Soeryo, Sumber Brantas Desa, Kecamatan Bumi Aji, Kota Batu. Metode geofisika yang digunakan

adalah metode Gravity (gaya berat). Metode ini memiliki desain survei yang unik, dimana daerah pengukuran dapat dibentuk dalam sistem pengukuran grid dan random (Ilmi et al., 2014). Sistem pengukuran secara grid adalah kita tentukan bentangan lintasan dengan spasi tertentu dan lintasan tersebut saling berpotongan satu sama lain dan titik-titik perpotongan tersebut merupakan titik ukur untuk survei gravitasi.

Alat ukur yang digunakan dalam penelitian ini adalah Gravity-meter La Coste & Romberg seri G1053. Alat ini digunakan untuk mengukur nilai gravitasi. Selain data nilai pembacaan gravity-meter yang diperlukan dalam akuisisi ini, diperlukan pula data-data nilai posisi, ketinggian, waktu, dan catatan tentang geologi lokal titik pengukuran. Data – data tersebut didapat dengan alat pendukung dalam penelitian yaitu baterai cadangan, GPS Garmin hand-held, pencatat waktu (arloji), kompas geologi, kamera dan alat tulis serta catatan.

Survei yang telah dilakukan menggunakan sistem grid seperti yang tampak pada Gambar 1. Jumlah titik pengukuran yang direncanakan adalah 80 titik pengukuran (titik merah). 20 titik pengukuran (titik kuning) merupakan data yang dapat diambil. Hal ini dipengaruhi oleh faktor GPS, dimana pada lokasi penelitian masih banyak kanopi-kanopi pohon hutan yang sangat rumbu. Tutupan kanopi-kanopi tersebut mempengaruhi sinyal satelit yang masuk ke GPS sehingga sering terjadi penyimpangan saat pencarian koordinat titik-titik pengukuran yang telah direncanakan. Oleh karena itu, jumlah titik pengukuran hanya berkisar 20 titik yang menjadi batas minimal dari hasil akuisisi lapangan.

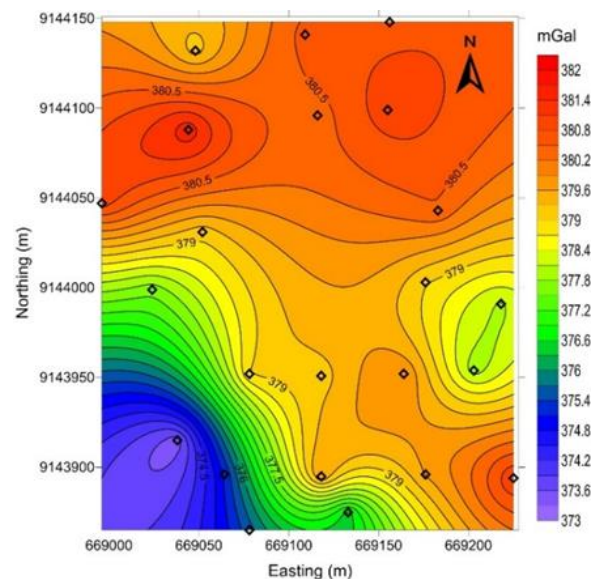


Gambar 1. Desain sistem grid untuk survei metode gaya berat

Data hasil akuisisi kemudian diolah menggunakan perangkat komputer. Beberapa hal yang penting yang perlu dilakukan dalam pengolahan data adalah mengkonversi nilai pembacaan ke satuan miligal. Selain itu perlu mengkonversi koordinat dalam UTM agar penerjemahan hasil penghitungan dalam bentuk peta yang satuan koordinatnya adalah meter sehingga langkah interpretasi menjadi lebih mudah. Jika proses konversi tersebut telah dilakukan maka langkah selanjutnya adalah melakukan koreksi-koreksi dalam metode gravity. Hasil akhir dari pengolahan data ini adalah nilai anomali Bouguer lengkap.

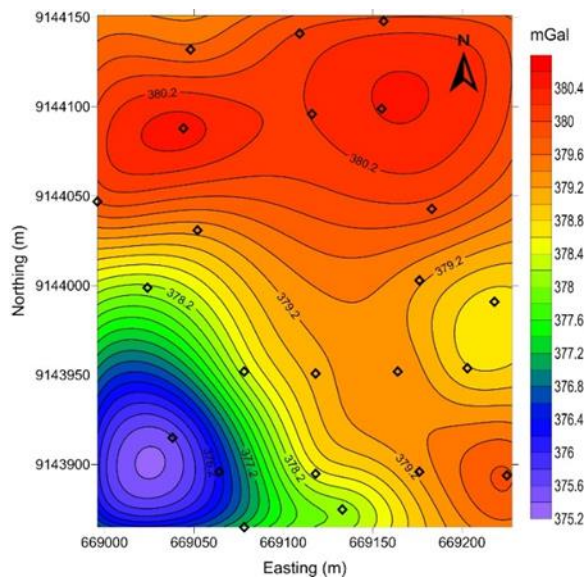
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyelidikan menggunakan metode gravitasi di daerah pemandian Cangar, Desa Sumber Brantas, Kabupaten Malang menghasilkan kontur distribusi Anomali Bouguer Lengkap (ABL) yang tampak pada Gambar 2. Peta anomali Bouguer yang ditunjukkan memberikan informasi berupa kontras distribusi sebaran nilai percepatan gravitasi di daerah penelitian. Nilai percepatan gravitasi (ABL) ini dinyatakan dalam satuan mGal, tampak pada gambar tersebut variasi nilainya berkisar dari 373 – 382 mGal. Dominasi nilai minimum anomali Bouguer berada di Barat Daya dengan kontur rapat sedangkan dominasi nilai maksimumnya berada di sebelah Utara dengan kontur yang lebih renggang.



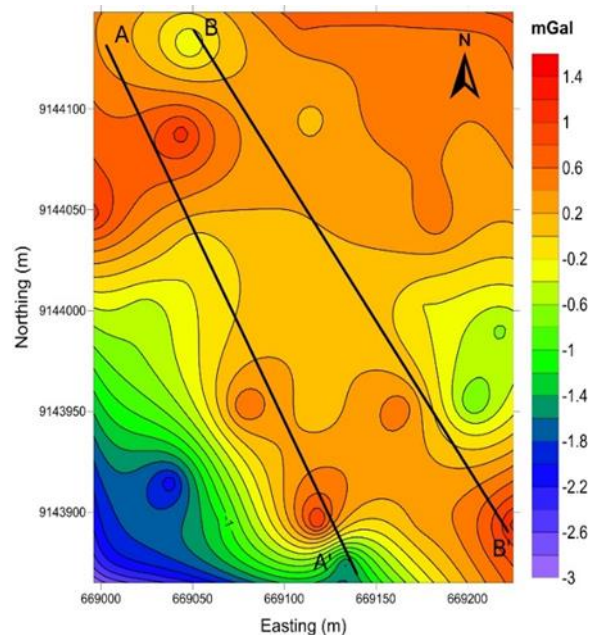
**Gambar 2. Peta Kontur Anomali Bouguer Lengkap**

Karena variasi distribusi ini masih terlihat kasar maka perlu dicari trend anomali Bouguer regionalnya dengan cara melakukan kontinyuasi ke atas untuk nilai ABL. Kontinyuasi ke atas yang dilakukan adalah mengangkat nilai-nilai ABL ke bidang datarnya sejauh tinggi rata-rata dari sebaran data hasil pengukuran. Nilai tinggi rata-rata yang digunakan adalah berkisar dari 5 – 30 meter. Setelah dilakukan kontinyuasi ke atas dengan masing-masing ketinggian tersebut, nilai ketinggian 15 meter merupakan kontur Anomali Bouguer Regional yang sesuai, pemilihan ini didasari oleh kekonsistenan kontur dari kenaikan 15 meter menuju 20 meter namun berubah lebih renggang di 25 meter hingga 30 meter. Gambar 3 menunjukkan peta kontur Anomali Bouguer Regional.



**Gambar 3. Peta Kontur Anomali Bouguer Regional**

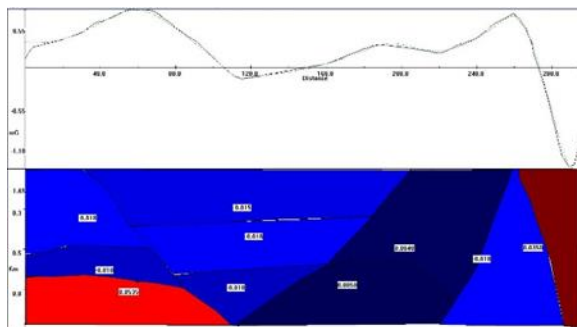
Setelah diperoleh anomali Bouguer regional yang diilustrasikan pada Gambar 3 langkah selanjutnya adalah memperhalus resolusi kontur dengan mengurangkan anomali Bouguer lengkap dengan anomali Bouguer regionalnya sehingga diperoleh anomali lokalnya. Anomali Bouguer lokal digunakan sebagai pendugaan kontras densitas yang dangkal. Kontur anomali Bouguer lokal diilustrasikan pada Gambar 4.



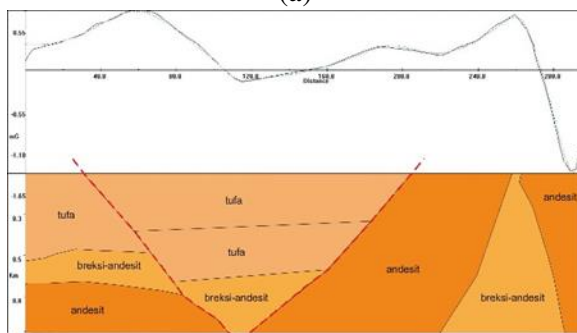
**Gambar 4. Peta Kontur Anomali Bouguer Residual (Lokal)**

Berdasarkan Gambar 4 nilai anomali Bouguer lokalnya bernilai dengan rentang dari -3 hingga 1,4 mGal. Nilai ini sangat kecil dibanding nilai ABL maupun regional, dikarenakan nilai tersebut adalah sisa dari pengurangan ABL dan regional. Jika dibandingkan ketiga anomali tersebut pola distribusi dan dominasi nilai maksimum maupun nilai minimum tidak mengalami perubahan dari ABL hingga lokal. Sehingga dapat disimpulkan nilai kesalahan relatifnya sangat kecil.

Berdasarkan target jangkauan yang akan didefinisikan kontras densitasnya maka kontur distribusi anomali Bouguer lokal adalah yang paling tepat untuk pendugaan dangkal. Pendugaan ini menggunakan metode 2,5 D dimana model yang dibuat adalah kontras densitas bawah permukaan versus kedalaman yang dikontrol grafik anomali Bouguer lokal yang telah disayat sebelumnya. Pada Gambar 4 terdapat garis-garis sayatan di kontur anomali Bouguer lokal. Deskripsi sayatan AA' dan BB' digambarkan pada Gambar 5 dan Gambar 6. Sayatan AA' dan BB' dibuat sejajar karena target penyelidikan ini adalah melihat pola sesar di daerah penelitian.



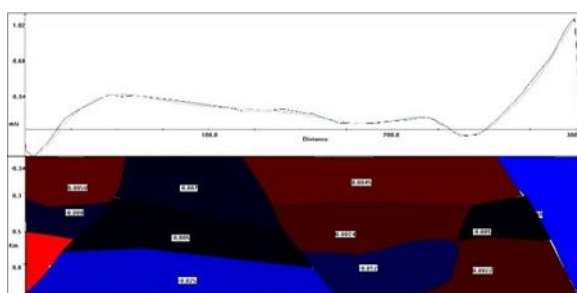
(a)



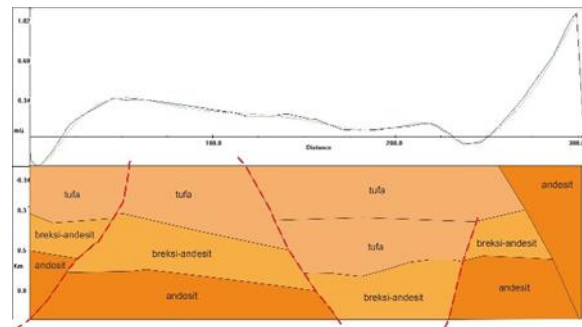
(b)

**Gambar 5. Penampang vertikal sayatan AA' : (a) kontras densitas dan (b) litologi**

Kontras densitas sayatan AA' tampak pada Gambar 5 baik secara kualitatif dan kuantitatif nilai kontras densitas di penampang AA' dibagi menjadi 3 lapisan utama secara umum yaitu tufa, breksi dan andesit. Ketiga lapisan batuan tersebut masing-masing memiliki nilai densitas sebesar 2,617 gr/cm<sup>3</sup> yaitu berupa andesit di bagian dasar pada kedalaman 0,5 km – 1 km, kemudian di lapisan atasnya terdapat breksi-andesitik dengan nilai densitas yang tidak jauh berbeda yaitu 2,680 gr/cm<sup>3</sup> dengan kedalaman 0,3 – 0,5 km dan yang dekat permukaan berupa endapan tufa andesitik dengan nilai densitas yaitu 2,685 gr/cm<sup>3</sup>. Ketiga lapisan ini membentuk struktur patahan normal pada jarak 40 – 200 m.



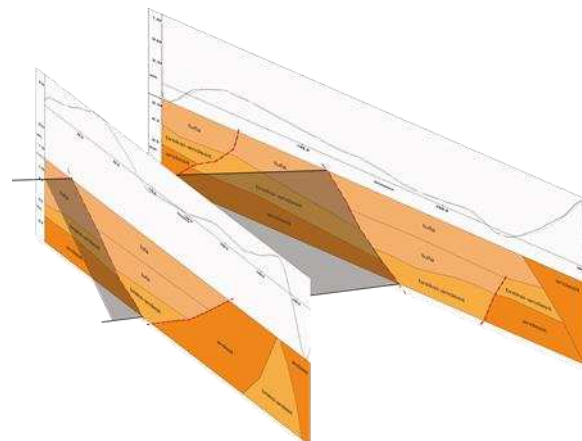
(a)



(b)

**Gambar 6. Penampang vertikal sayatan BB' : (a) kontras densitas dan (b) litologi**

Sayatan BB' membentuk penampang vertikal kontras densitas yang diilustrasikan pada Gambar 4.16. Seperti pada penampang AA' lapisan-lapisan kontras densitas pada penampang BB' dibagi menjadi tiga lapisan batuan utama diantaranya andesit dengan nilai densitas 2,62 gr/cm<sup>3</sup> pada basement atau dasar lapisan dari model tersebut (kedalaman 0,5 – 1 km), kemudian breksi-andesitik dengan nilai densitas 2678 – 2695 kg/m<sup>3</sup> sedangkan pada bagian dekat permukaan berupa tufa andesitik dengan nilai densitas berkisar 2660 – 2677 kg/m<sup>3</sup>. Struktur patahan normal juga ditemui di sayatan ini pada jarak 120 – 220 m sepanjang sayatan.



**Gambar 7. Kelurusan bidang patahan dari hasil pemodelan kontras densitas kedua sayatan**

Jika disejajarkan seperti garis-garis sayatan pada peta kontur anomali Bouguer lokal kedua penampang vertikal AA' dan BB' akan memiliki kelurusan patahan (sesar) normal seperti yang diilustrasikan pada Gambar 7. Sesar normal ini terjadi akibat adanya ketidak

kompakan lapisan batuan dasar dari kedua model tersebut, dimana batuan yang berupa andesit atau mendekati breksi andesit. Menurut (Pettijohn, 1975) breksi terbentuk dari pecahan-pecahan berukuran besar (boulder) dan bertekstur kasar runcing/kasar yang berasal dari runtuhannya piroklastik saat terjadinya gempa/erupsi gunungapi. Batuan breksi ini pada awalnya berupa endapan kasar batuan runtuhannya piroklastik yang masih terdapat rongga-rongga di antara batuan. Ketika terjadi dike atau terobosan dari basement membentuk dike-andesit, maka terjadi kompresi di lapisan batuan tuf, breksi dengan basement sehingga menyebabkan terjadinya penurunan lapisan yang disebut sebagai sesar/patahan normal.

Hasil interpretasi litologi pada kedua penampang vertikal yang memiliki kelurusan patahan (sesar) normal. Sesar normal ini terjadi akibat adanya ketidakompakan lapisan batuan dasar dari kedua model tersebut, dimana batuan yang berupa andesit atau mendekati breksi andesit. Dengan diduga adanya lapisan breksi-andesit maka sangat baik sebagai reservoir air dikarenakan memiliki porositas yang tinggi. Hasil ini diperkuat dengan adanya pemanfaatan manifestasi air panas ini sebagai tempat wisata pemandian air panas, dimana pemandian air panas dikawasan ini memiliki sumber yang sangat besar dan melimpah.

## PENUTUP

Dapat disimpulkan bahwa menurut survei gravity, untuk nilai kontras densitas sayatan AA' dibagi menjadi 3 lapisan utama secara umum, ketiga lapisan batuan tersebut masing-masing adalah : Andesit di bagian dasar pada kedalaman 0,5 km – 1 km nilai densitas sebesar 2,617 gr/cm<sup>3</sup>. Yaitu di lapisan atasnya terdapat breksi-andesitik dengan nilai densitas yang tidak jauh berbeda yaitu 2,680 gr/cm<sup>3</sup> dengan kedalaman 0,3 – 0,5 km. Sedangkan dekat permukaan berupa endapan tufa andesitik dengan nilai densitas yaitu 2,685 gr/cm<sup>3</sup>.

Untuk nilai kontras densitas Sayatan BB' dibagi menjadi tiga lapisan batuan utama diantaranya : Andesit dengan nilai densitas 2,62 gr/cm<sup>3</sup> pada basement atau dasar lapisan dari model tersebut (kedalaman 0,5 – 1 km). Kemudian breksi-andesitik dengan nilai densitas

2678 – 2695 kg/m<sup>3</sup>. Pada bagian dekat permukaan berupa tufa andesitik dengan nilai densitas berkisar 2660 – 2677 kg/m<sup>3</sup>. Dengan adanya lapisan breksi-andesit ini sangat baik sebagai penampung air karena memiliki porositas yang tinggi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, A., Maryanto, S., & Susilo, A. (2012). Survei Geomagnetik di Daerah Cangar, Kota Batu, Jawa Timur untuk Mengkaji Potensi Panasbumi. *Natural B*, 1(3), 287–295.
- Daud Y, Fahmi F, Nuqramadha WA, Heditama DM, Pratama SA, and Suhanto E (2005). 3-Dimensional Inversion of MT Data over the Arjuno-Welirang Volcanic Geothermal System, East Java (Indonesia). *Proceedings World Geothermal Congress*. Melbourne; 1-6. Available from: <https://pangea.stanford.edu/ERE/db/WGC/papers/WGC/2015/13110.pdf>.
- Fitriani, Desta Suci., Sari Nur AtikahPutri., & Ichwan Fauzan Putrajy (2020). Metode Gravitasi untuk Identifikasi Sesar Weluki dengan Analisisfirst Horizontal Derivative dan Second Vertical Derivative. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2020* <https://doi.org/10.21009/03.SNF2020>
- Hilda Ayu Noor Aulia Anisa, Rina Dwi Indriyana, M. I. (2018). *Aplikasi Metode Gravity Dengan Data Satelit Untuk Identifikasi Struktur Bawah Permukaan (Studi Kasus Semenanjung Muria)*. 6(2), 28–35.
- Ilmi, S., Harmoko, U., & Widada, S. (2014). Interpretasi Bawah Permukaan Sistem Panas Bumi Diwak Dan Derekan Berdasarkan Data Gravitasi. *Youngster Physics Journal*, 3(2), 165–170.
- Kementerian ESDM. (2017). *Potensi Panas Bumi di Indonesia*. Direktorat Panas Bumi Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi kementerian Eenergi dan Sumber Daya Mineral.
- Nuha, D. Y. U., Maryanto, S., & Santoso, D. R. (2017). Determination of the Direction of Hot Fluid Flow in Cangar Area, Arjuno-Welirang Volcano Complex, East Java Using Self

- Potential Method. *Jurnal Penelitian Fisika Dan Aplikasinya (JPFA)*, 7(2), 123. <https://doi.org/10.26740/jpfa.v7n2.p123-132>
- Pettijohn, F. J. (1975). Sedimentary Rocks, Third Edition. *Geoscience Canada*, 2(4), 627.
- Raehanayati, R., Rachmansyah, A., & Maryanto, S. (2013). Studi Potensi Energi Geothermal Blawan- Ijen, Jawa Timur Berdasarkan Metode Gravity. *Jurnal Neutrino*, 31. <https://doi.org/10.18860/neu.v0i0.2444>
- Rakhmanto, F., Maryanto, S., & Susilo, A. (2011). Geoelectrical Tomography of Cangar Hot Springs Area, Arjuno-Welirang Complex Stone. *Natural-B*, 1(2), 188–195. <https://doi.org/10.21776/ub.natural-b.2011.001.02.14>
- Satyana, awang H. (2013). Menyigi Geologi, Mencari Migas Indonesia. *Geomagz*, 3(3), 40–44.
- Telford, W. M. (1990). *Applied Geophysics - William Murray Telford, W. M. Telford, L. P. Geldart, R. E. Sheriff - Google Buku*. Cambridge University Press. <https://books.google.co.id/books?id=oRP5fZYjhXMC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Vaidila N, Supriyadi, and Linuwih S (2015). Penentuan Arah Fluida Panas Bawah Permukaan di Obyek Wisata Guci Menggunakan Metode Self Potential. *Unnes Physics Journal*; 4(2): 1–8. Available from: <https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/upj/article/view/8897>.
- Widyasandy, D., Nugraha, A. K., Kurniawan, H. C., & Luthfin, A. (2020). Identification Of Fault Continuity and Hot Water Reservoir Use Schlumberger Configuration Resistivity Method In Cangar. *Jurnal Neutrino*, 13(1), 1–7.