



Identifikasi Patahan dan Struktur Bawah Permukaan Kawasan Potensi Panas Bumi Rawa Dano Provinsi Banten Menggunakan Data Gravitasi GGMPlus

Inria Purwaningsih^{1*}, Khafidh Nur Aziz¹, Rahmawati Fitrianingtyas²

¹Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta

²Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta

Abstrak

Rawa Dano merupakan daerah potensi panas bumi di Jawa Barat yang memiliki manifestasi berupa mata air panas. Meskipun bagian dari Wilayah Kerja Pertambangan (WKP) Panas Bumi dan mulai dikembangkan sejak tahun 2009, struktur bawah permukaan di wilayah ini belum dapat dijelaskan dengan baik. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memahami kondisi bawah permukaan guna mendukung eksplorasi di kawasan potensi panas bumi Rawa Dano menggunakan metode Gravitasi dari data GGMPlus. Area penelitian melingkupi koordinat 599098,627mT – 615194,894mT dan 9311307,916mU – 9327686,574mU dengan luas wilayah 16,22 km x 16,46 km. Jumlah data sebanyak 5.402 titik dengan jarak antar titik ~221 m. Hasil Anomali Bouguer Lengkap (ABL) menunjukkan adanya anomali rendah di sisi barat hingga barat daya yang merepresentasikan dataran rendah, sedangkan anomali tinggi berada di sisi utara hingga timur laut yang berkorelasi dengan pegunungan dan perbukitan. Berdasarkan pemodelan 2D, batuan penyusun di daerah penelitian didominasi oleh lima jenis formasi batuan. Batuan berdensitas 2,4 g/cm³-3,29 g/cm³ bersesuaian dengan andesit dan basalt yang berasal dari Batuan Gunungapi Danau Tua. Batuan dengan densitas 1,96 g/cm³-2,44 g/cm³ bersesuaian dengan tufa yang termasuk dalam Tufa Banten Bawah, sedangkan batuan dengan densitas 1,6 g/cm³-2,35 g/cm³ dan 1,5 g/cm³ yang juga bersesuaian dengan tufa berasal dari Batuan Gunungapi Danau Muda dan Tufa Banten Atas. Kemudian batuan berdensitas 1,9 g/cm³-2,15 g/cm³ bersesuaian dengan kerikil, pasir dan lempung termasuk ke dalam Endapan Rawa Danau. Selain itu, terdapat lapisan batuan baru berdensitas 1,03 g/cm³-1,13 g/cm³ yang belum diketahui jenis batumannya.

Kata kunci: Rawa Dano; GGMPlus; Anomali Bouguer; SVD; Model Gravitasi 2D

Abstract

Rawa Dano in West Java is a geothermal area which has a manifestation in the form of hot springs. Even though it is part of the Geothermal Mining Working Area (WKP) and began to be developed in 2009, the subsurface structure in this area cannot be explained clearly. Therefore, this study aims to understand subsurface conditions to support exploration in the Rawa Dano geothermal area using the gravity method from the GGMPlus data. The research area covers coordinates 599098.627mT – 615194.894mT and 9311307.916mU–9327686.574mU with an area of 16.22 km x 16.46 km. The amount of data is 5,402 points, with a distance between points of ~ 221 m. The results of the Complete Bouguer Anomaly (ABL) show that there is a low anomaly on the west to southwest side, which represents the lowlands, while the high anomaly is on the north to northeast side which correlates with mountains and hills. Based on 2D modeling, the distribution of rocks in the study area was dominated by five types of rock formations. Rocks with a density of 2.4 g/cm³-3.29 g/cm³ corresponding to andesite and basalt originating from the Danau Tua Volcanic Rock. Rocks with a density of 1.96 g/cm³-2.44 g/cm³ correspond to tuff which were included in the Banten Bawah Tuff, meanwhile rocks with densities of 1.6 g/cm³-2.35 g/cm³ and 1.5 g/cm³ which also correspond to tuff were derived from the Danau Muda Volcanic Rocks and Banten Atas Tuff. Rocks with density of 1.9 g/cm³-2.15 g/cm³ corresponding to

*) Korespondensi: inria7822fmipa.2018@student.uny.ac.id

Diajukan : 12 Oktober 2022

Diterima : 31 Mei 2023

Diterbitkan : 18 Agustus 2023

gravel, sand and clay are included in the Rawa Danau Sediment. In addition, there is a new rock layer with a density of 1.03 g/cm^3 - 1.13 g/cm^3 whose rock type is not yet known.

Keywords: Rawa Dano; GGMPlus; Bouguer Anomaly; SVD; 2D Gravity Model.

PENDAHULUAN

Posisi Indonesia berada di pertemuan empat lempeng besar dunia, yaitu Lempeng Pasifik, Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia dan Lempeng Filipina (Supriyadi dan Roxas, 2018). Pertemuan lempeng tersebut mengakibatkan proses magmatisme yang kemudian menjadi penyebab terbentuknya busur vulkanik di sepanjang zona pertemuan antar lempeng. Eksplorasi daerah prospek panas bumi di Indonesia pada umumnya dilakukan di wilayah sekitar busur vulkanik, baik di sekitar gunungapi aktif maupun gunungapi tidak aktif (Hochstein dan Sudarman, 2008). Berdasarkan data Departemen ESDM pada tahun 2021 terdapat 356 area panas bumi yang tersebar di wilayah Indonesia (Hermawan dkk., 2022).

Rawa Dano merupakan salah satu daerah potensi panas bumi di Banten yang termasuk dalam Wilayah Kerja Pertambangan (WKP) Panas Bumi Kaldera Danau Banten (Rawa Dano) melalui Keputusan Menteri ESDM Nomor 0026K/30/MEM/2009 tanggal 15 Januari 2009. Potensi panas bumi di Rawa Dano ditunjukkan oleh manifestasi berupa mata air panas (Hendra, 2018). Meskipun sudah dikembangkan sejak tahun 2009, kajian untuk mengetahui struktur geologi bawah permukaan yang mengontrol sistem panas bumi di Rawa Dano masih terbatas. Publikasi terkait studi di wilayah tersebut baru dilakukan oleh Susmanto dkk. (2014) yang memodelkan sistem panas bumi di Kaldera Danau Banten dari data magnetotellurik (MT). Dari hasil penelitiannya diperoleh bahwa batuan yang memungkinkan sebagai batuan reservoir adalah batuan vulkanik muda produk Gunung Parakasak, berupa lava atau piroklastik.

Eksplorasi panas bumi membutuhkan data-data kondisi bawah permukaan dari berbagai metode maupun kajian guna mendukung dalam penentuan lokasi pengeboran agar resiko gagal dapat ditekan seminimal mungkin. Salah satu metode yang dapat digunakan sebagai data pendukung dalam eksplorasi panas bumi yaitu dengan menggunakan metode gravitasi. Pengukuran dalam metode gravitasi yaitu dengan mencari perbedaan anomali medan gravitasi akibat variasi rapat massa (densitas) di bawah permukaan (Handayani dan Wardhana, 2017).

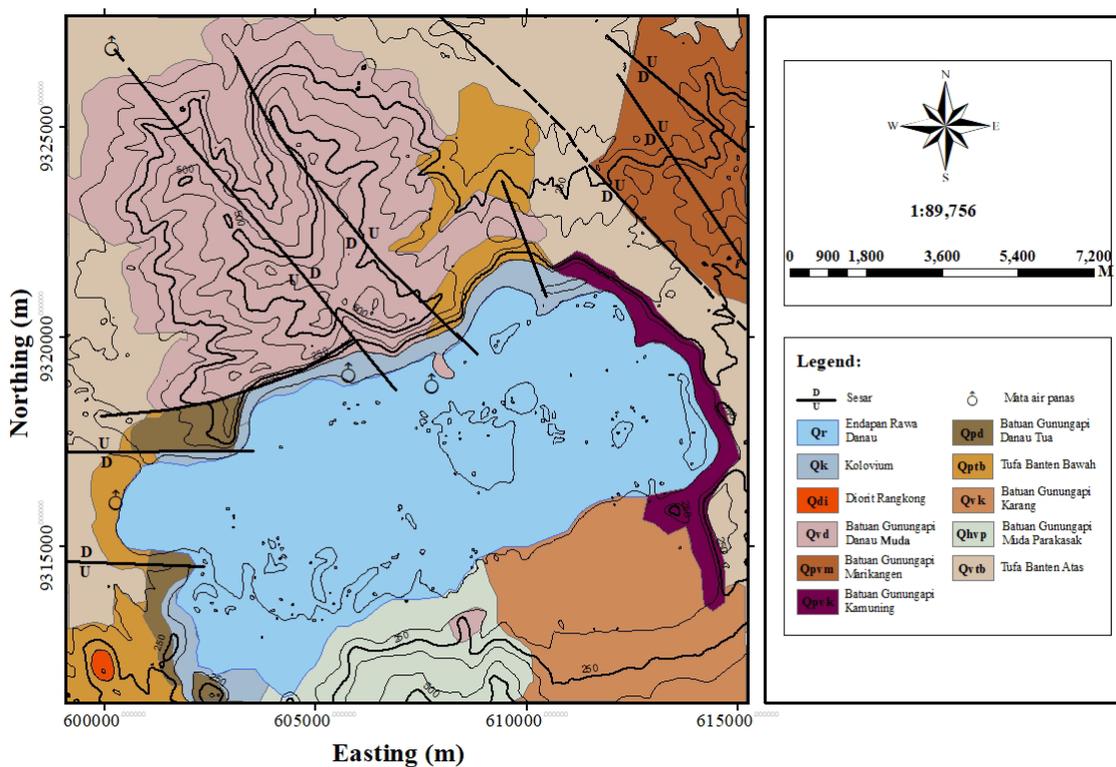
Penelitian terdahulu yang telah dilakukan oleh tim kami menggunakan metode gravitasi dari data *Global Gravity Model Plus* (GGMPlus) berhasil menentukan jenis dan *trend* patahan/sesar yang mengontrol sistem panas bumi di Lamongan Jawa Timur, yaitu sesar normal dengan arah NW-SE (Aziz dkk, 2018). Penelitian ini menggunakan sumber data yang sama yaitu GGMPlus untuk mempelajari kondisi struktur bawah permukaan yang menjadi penyebab munculnya manifestasi di wilayah Rawa Dano. Teknik pengolahan data yang dilakukan antara lain koreksi *terrain*, pemisahan anomali lokal dan regional dan pemodelan 2D.

GEOLOGI DAERAH PENELITIAN

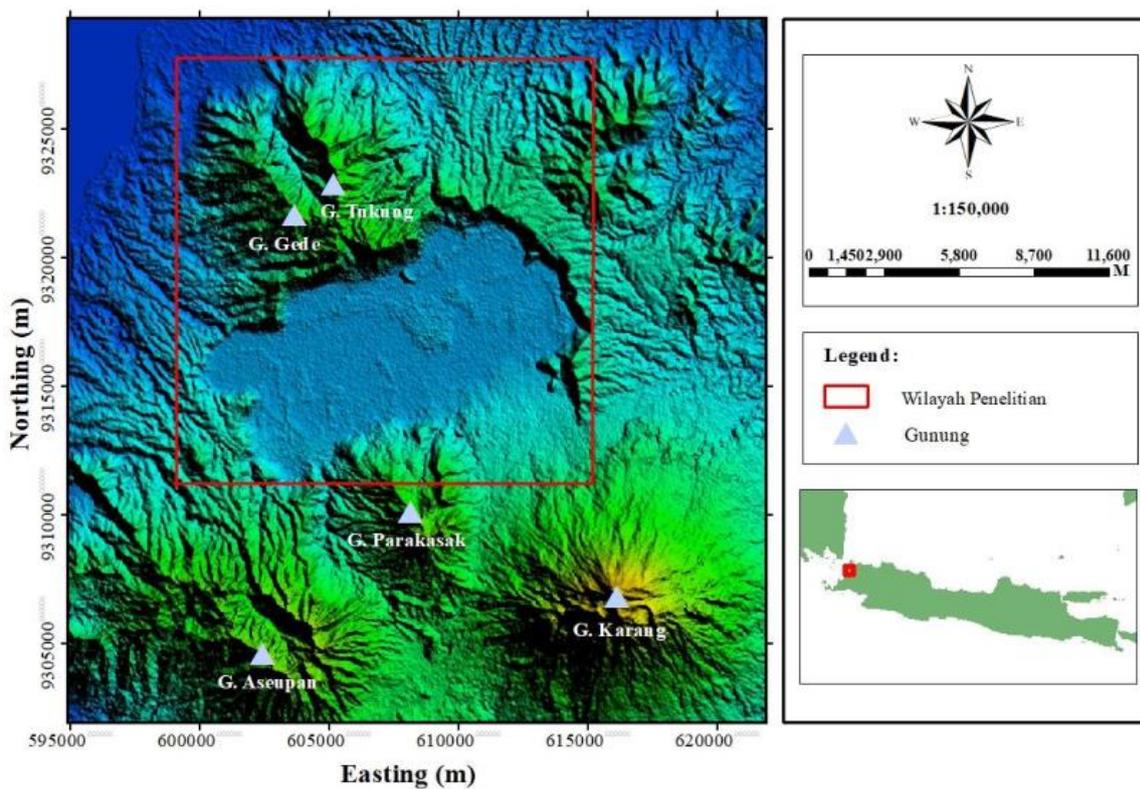
Rawa Dano terletak di sisi Barat Laut Provinsi Banten. Daerah Rawa Dano merupakan sebuah kaldera gunungapi purba. Wilayah ini didominasi oleh batuan hasil erupsi gunungapi yang berumur Pleistosen hingga Holosen.

Gambar 1 merupakan peta geologi yang menunjukkan struktur batuan yang menyusun wilayah penelitian (Santosa, 1991; Rusmana dkk., 1991). Batuan Gunungapi Danau Tua berumur Pleistosen berada di tepian Rawa Dano bagian barat dan barat daya, terdiri dari lava aliran bersusunan andesit atau basal dan terkekarkan, breksi gunungapi dan tufa (Santosa, 1991). Batuan Gunungapi Danau Muda tersebar di sebelah barat laut Rawa Dano dan di sebelah selatan Rawa Dano, terdiri dari lava aliran bersusunan andesit-basal, breksi gunungapi dan tufa (Santosa, 1991). Di sebelah utara dan barat laut Rawa Dano tersebar kelompok Batuan Tufa Banten Bawah yang terdiri atas tufa, breksi, aglomerat, tufa batu apung (Santosa, 1991). Sedangkan di sisi barat, utara hingga timur Rawa Dano terdiri dari kelompok Batuan Tufa Banten Atas yang tersusun dari tufa, tufa batuapung dan batupasir tufana (Rusmana dkk., 1991).

Batuan berumur Holosen menempati bagian cekungan Rawa Dano sebagai Endapan Rawa Danau yang terdiri dari kerikil, pasir lempung dan lumpur yang semuanya merupakan hasil erosi dan pelapukan batuan gunungapi (Santosa, 1991). Sebelah selatan daerah penelitian terdapat Batuan Gunungapi Muda Parakasak dan Batuan Hasil Gunungapi Karang yang berumur Hilosen. Kedua



Gambar 1. Geologi Regional Daerah Penelitian (Santosa, 1991; Rusaman dkk., 1991)



Gambar 2. Peta Wilayah Penelitian (earthexplorer.usgs.gov)

batuan ini tersusun atas breksi gunungapi, lava, tuva, aliran lahar dan hasil letusan gunungapi lainnya (Rusmana dkk., 1991).

METODE PENELITIAN

Daerah penelitian terletak di wilayah Kabupaten Serang, Provinsi Banten mencakup koordinat 599098,627mT – 615194,894mT dan 9311307,916mU – 9327686,574mU dengan luas wilayah 16,22 km x 16,46 km (Gambar 2). Terdapat 5.402 titik data dengan jarak antar titik sejauh ~221 meter.

Penelitian ini menggunakan data model gravitasi GGMPlus yang diperbaharui tanggal 1 April 2015 dan dapat diunduh pada laman <http://ddfe.curtin.edu.au/gravitymodels/GGMPlus/>. Model gravitasi GGMPlus merupakan hasil penelitian dari Curtin University (Australia) dan University of Munich (German) yang mengkombinasikan data satelit GRACE dan GOCE dengan EGM2008 atau GGE (GRACE GOCE EGM2008) (Hirt, 2013). GGMPlus menyediakan data gravitasi yang melingkupi daratan dan area dekat pantai secara global, mencakup 60° LU dan 60° LS atau hampir 80% area permukaan bumi (Hirt dkk., 2013).

Data gravitasi yang diperoleh dari GGMPlus berupa data anomali *free-air* (*gravity disturbance*). Oleh karena itu, perlu dilakukan koreksi untuk menghilangkan efek massa yang mempengaruhi nilai anomali gravitasi, atau disebut juga dengan koreksi Bouguer dan koreksi terrain (Grant dan West, 1965). Nilai koreksi Bouguer dapat dituliskan menjadi:

$$g_B = 2\pi G \rho h = 0,4192 \rho h \text{ g.u.} \quad (1)$$

dengan h adalah ketinggian topografi (m), ρ adalah densitas lempengan Bouguer (*Bouguer slab*) menggunakan densitas batuan rata-rata kerak bumi $2,67 \text{ kg/m}^3$ dan G adalah konstanta gravitasi universal.

Setelah nilai koreksi Bouguer diperoleh, dapat dilakukan perhitungan nilai Anomali Bouguer Sederhana (ABS) dengan mengikuti persamaan:

$$\Delta g_{BS} = g_d - g_B \quad (2)$$

dengan g_d merupakan nilai anomali *gravity disturbance* GGMPlus (mGal) dan g_B adalah nilai koreksi Bouguer.

Tahap selanjutnya adalah mencari nilai Anomali Bouguer Lengkap (ABL) dengan persamaan:

$$\Delta g_{BL} = \Delta g_{BS} + g_T \quad (3)$$

dengan Δg_{BS} merupakan nilai Anomali Bouguer Sederhana (mGal) dan g_T adalah nilai koreksi *terrain*.

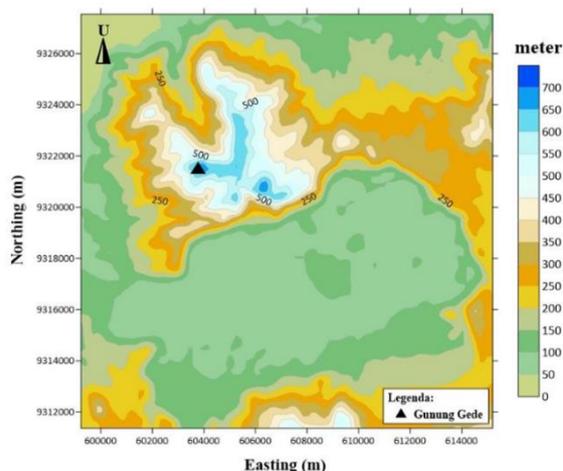
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN Topografi Daerah Penelitian

Peta topografi daerah penelitian ditunjukkan oleh Gambar 3. Ketinggian pada daerah penelitian bervariasi dari 0 m hingga 700 m. Daerah dengan topografi tinggi berada di sebelah barat laut Rawa Dano yaitu berupa pegunungan yang ditandai dengan warna biru dengan puncak tertinggi adalah Gunung Gede.

Data Gravitasi GGMPlus

Gambar 4.a menunjukkan peta kontur anomali gravitasi dari data GGMPlus. Daerah dengan nilai percepatan gravitasi rendah ditunjukkan oleh warna biru tua yang merepresentasikan daerah dengan topografi tinggi, sedangkan daerah dengan nilai percepatan gravitasi tinggi yang ditunjukkan oleh warna merah muda mewakili daerah dengan topografi rendah. Hal ini sesuai dengan konsep gravitasi Newton yang menyatakan bahwa nilai percepatan gravitasi berbanding terbalik dengan kuadrat jaraknya (Telford dkk., 1990).

Nilai anomali *gravity disturbance* pada Gambar 4.b masih dipengaruhi oleh topografi, dimana nilainya berbanding lurus dengan ketinggian topografi. Nilai anomali *gravity disturbance* tinggi ditandai dengan warna merah



Gambar 3. Peta Topografi Wilayah Penelitian

muda, sedangkan anomali *gravity disturbance* rendah ditandai dengan warna biru tua. Nilai anomali *gravity disturbance* tinggi merepresentasikan daerah dengan topografi tinggi yang berupa pegunungan, sedangkan nilai anomali *gravity disturbance* rendah merepresentasikan daerah dengan topografi rendah yang menunjukkan keberadaan Rawa Dano di tengah-tengah wilayah penelitian dan dataran rendah yang berada di sebelah barat-utara wilayah penelitian.

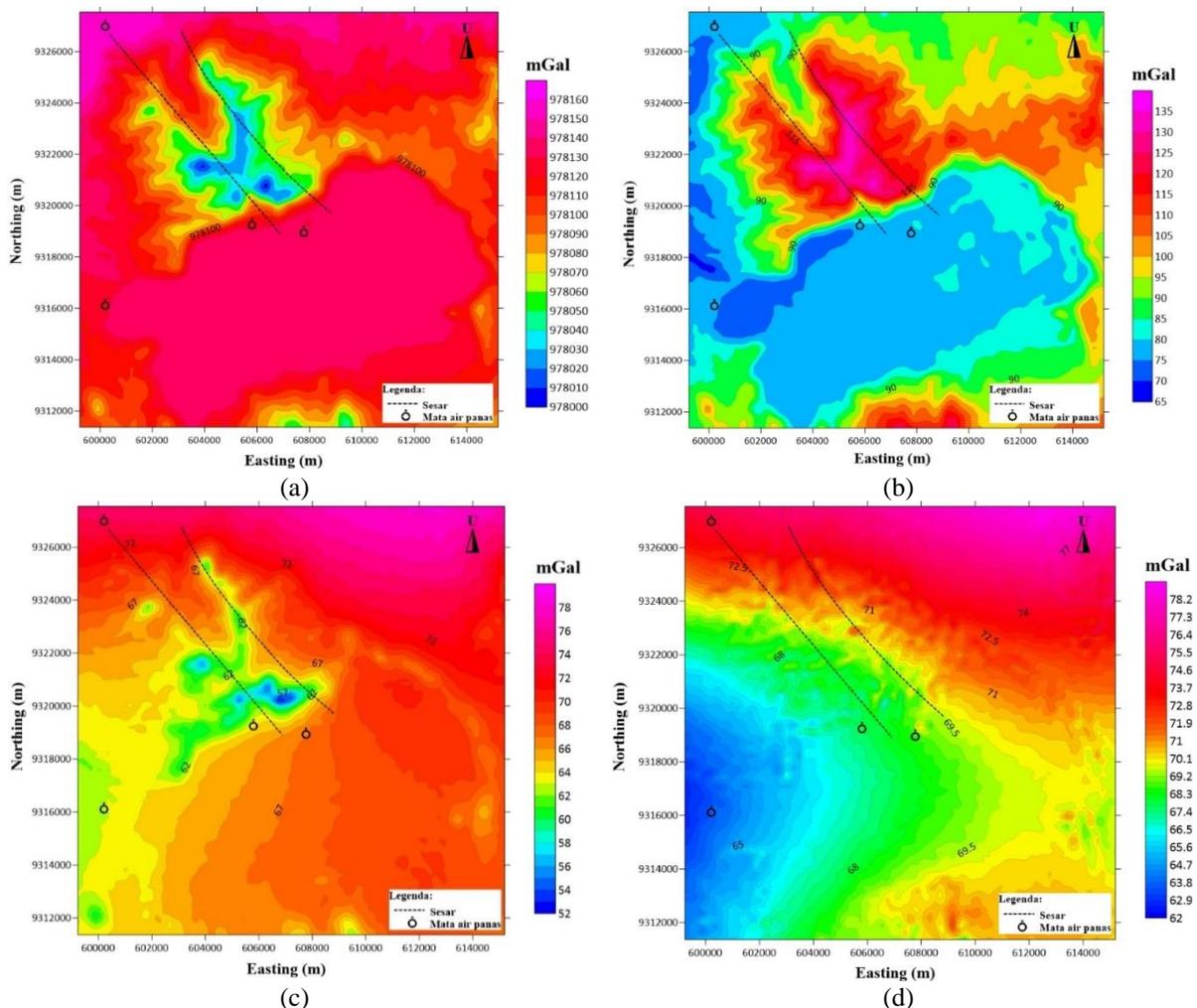
Peta kontur Anomali Bouguer Sederhana (ABS) diperoleh dari hasil pengurangan nilai anomali *gravity disturbance* dengan nilai koreksi Bouguer sesuai persamaan (2). Berdasarkan pada Gambar 4.c dapat diketahui bahwa Anomali Bouguer Sederhana (ABS) sudah tidak dipengaruhi oleh efek topografi. Nilai ABS rendah ditunjukkan oleh warna biru tua yang berkorelasi dengan daerah pegunungan,

sedangkan nilai ABS tinggi ditunjukkan oleh warna merah muda yang terletak di sebelah utara hingga timur laut.

Peta kontur Anomali Bouguer Lengkap (ABL) ditunjukkan oleh Gambar 4.d. ABL merupakan hasil penjumlahan ABS dengan nilai koreksi *terrain* berdasarkan perhitungan pada persamaan (3). Nilai ABL rendah ditunjukkan oleh warna biru yang berada di sebelah barat hingga barat daya wilayah penelitian, dimana merepresentasikan dataran rendah. Nilai ABL tinggi berada di sisi utara yang berkorelasi dengan keberadaan pegunungan dan perbukitan dan sisi timur laut berkorelasi dengan Gunung Tenjolaut.

Pemisahan Anomali Lokal dan Regional

Metode yang digunakan untuk memisahkan anomali lokal dan regional adalah kontinuitas ke atas (*upward continuation*). Proses kontinuitas ke atas dilakukan dengan cara pengangkatan



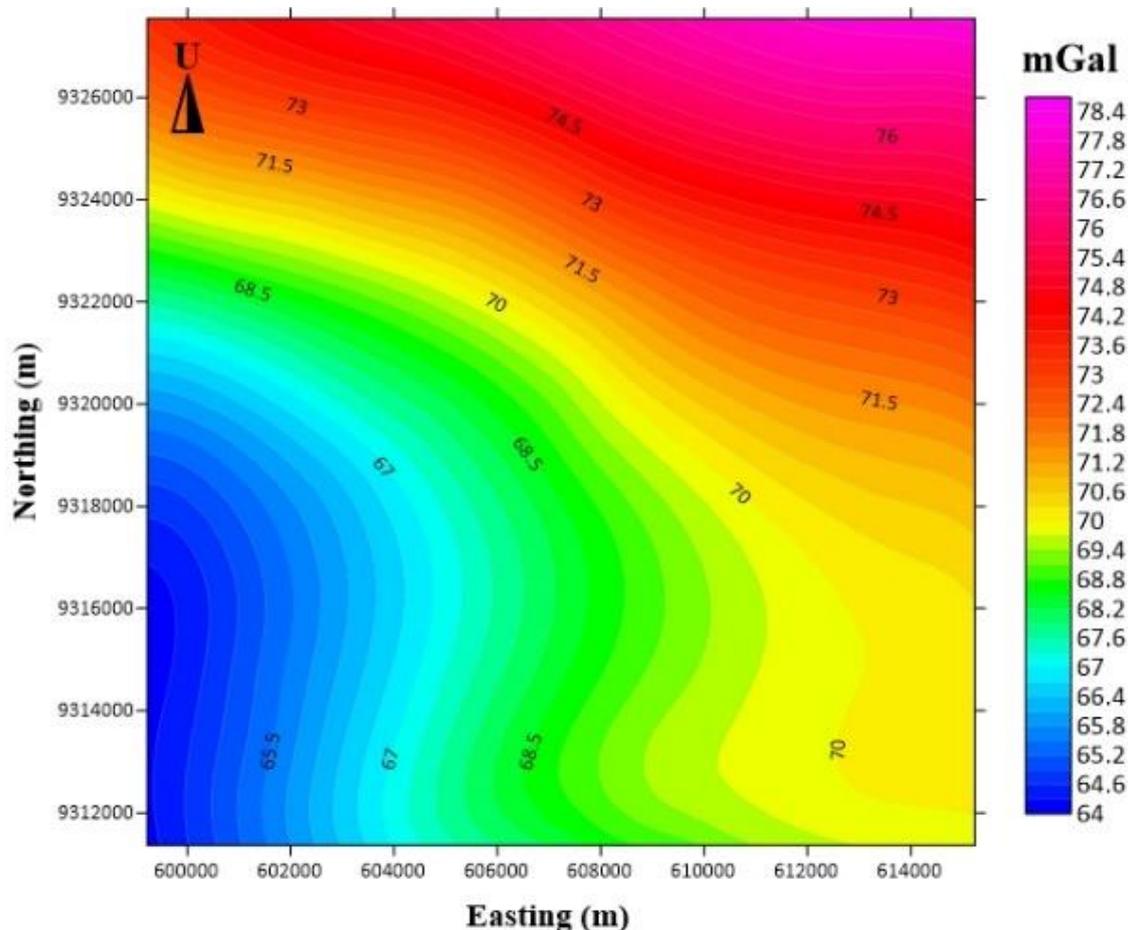
Gambar 4. Peta kontur (a) percepatan gravitasi, (b) *gravity disturbance*, (c) ABS dan (d) ABL GGMPPlus di wilayah penelitian

anomali pada ketinggian tertentu yang dilakukan secara bertahap hingga diperoleh hasil pola kontur yang stabil. Pengangkatan dimulai dari ketinggian 100 m hingga 1200 m dengan interval pengangkatan 100 m. Pada penelitian ini peta kontur anomali regional hasil kontinuasi ke atas dipilih pada ketinggian 1000 m karena menunjukkan pola yang relatif stabil (Gambar 5). Nilai anomali regional dari hasil kontinuasi ke atas berada pada rentang nilai 64 mGal sampai 78,4 mGal.

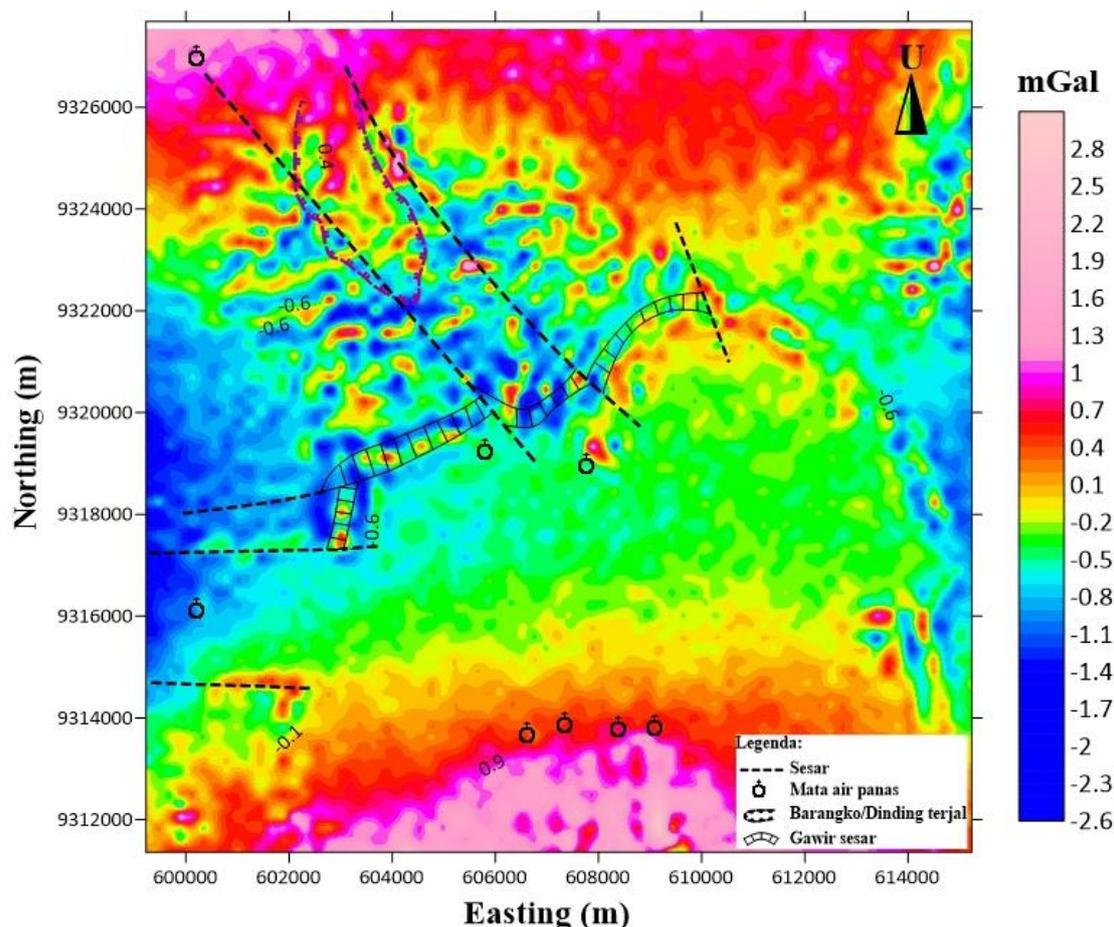
Gambar 6 merupakan peta kontur anomali lokal yang diperoleh dari hasil pengurangan ABL dengan anomali regional. Nilai anomali lokal pada area penelitian berada pada rentang nilai -2,6 mGal hingga 2,8 mGal. Peta geologi pada Gambar 1 digunakan sebagai acuan untuk menginterpretasikan hasil anomali lokal yang diperoleh. Nilai anomali rendah yang direpresentasikan dengan warna biru di sisi barat hingga timur mengindikasikan keberadaan Tufa Banten yang menyusun batuan di wilayah penelitian. Nilai anomali tinggi yang

direpresentasikan oleh warna merah muda di sisi utara diasosiasikan dengan keberadaan batuan Batuan Gunungapi Danau Muda, sedangkan anomali tinggi di sebelah selatan area penelitian diasosiasikan dengan batuan gunungapi Parakasak.

Di sisi utara hingga barat Rawa Dano terdapat banyak sesar dan gawir yang kemungkinan menjadi penyebab munculnya manifestasi permukaan berupa mata air panas di wilayah penelitian. Keberadaan manifestasi mata air panas di selatan Rawa Dano terdapat pada anomali tinggi dan berada di batuan Gunungapi Danau Muda yang berasal dari Gunung Parakasak. Manifestasi ini diduga muncul karena pengaruh magma dangkal yang berada di bawah permukaan dan banyaknya rekahan batuan. Sedangkan keberadaan manifestasi air panas di utara Rawa Dano terdapat pada anomali rendah yang mengindikasikan bahwa terdapat zona lemah di sekitar sesar yang berperan sebagai jalur fluida hidrotermal.



Gambar 5. Peta kontur anomali regional pada ketinggian 1.000 m



Gambar 6. Peta kontur anomali lokal di *overlay* dengan struktur geologi di wilayah penelitian

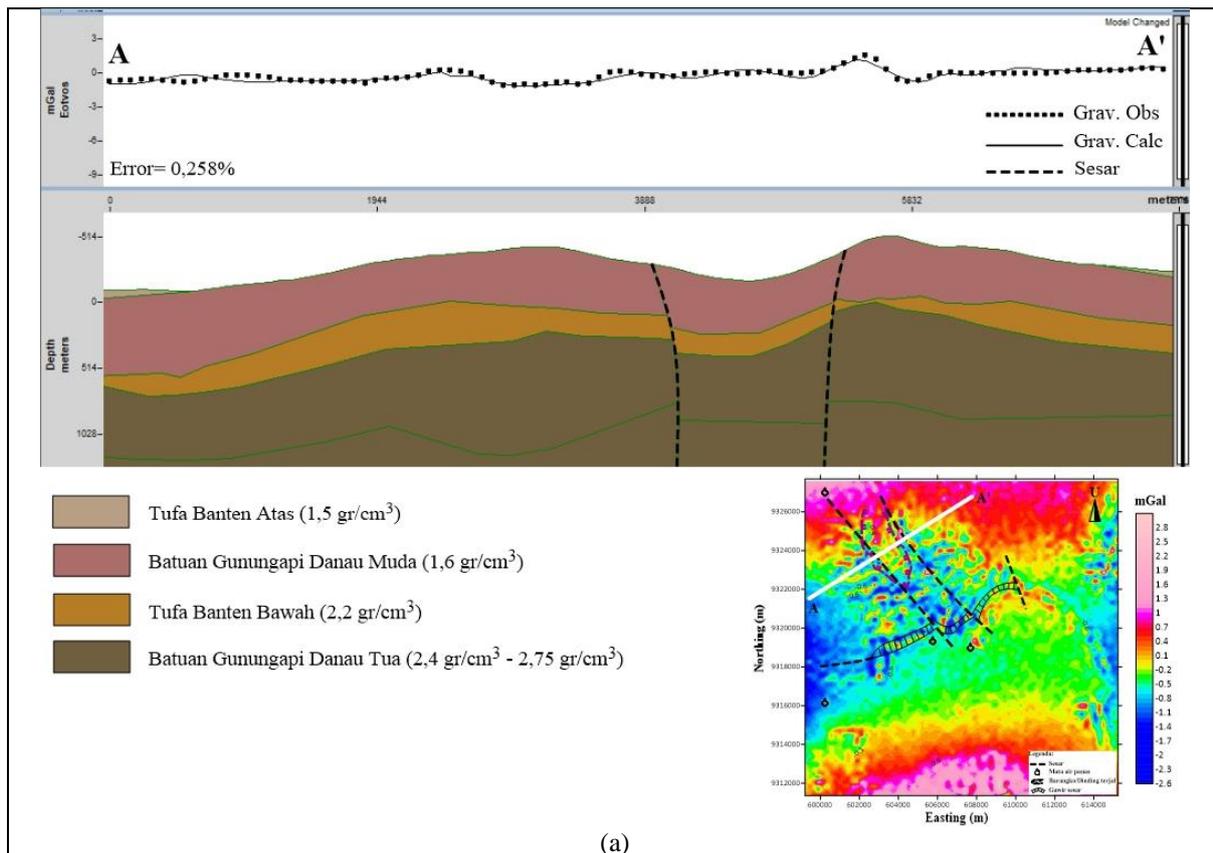
Pemodelan 2D

Pemodelan yang dilakukan pada penelitian ini berupa pemodelan 2D menggunakan metode *forward modelling*. Data yang digunakan berupa data anomali lokal dengan informasi pendukung berupa data geologi wilayah penelitian, kenampakan permukaan, dan nilai densitas batuan yang menyusun wilayah penelitian. Nilai densitas batuan yang digunakan berasal dari Telford dkk. (1990), Asniar dkk. (2019) dan Lestari (2019). Pada penelitian ini dibuat tiga model bawah permukaan, yaitu sayatan A-A' dan sayatan B-B' (Gambar 7).

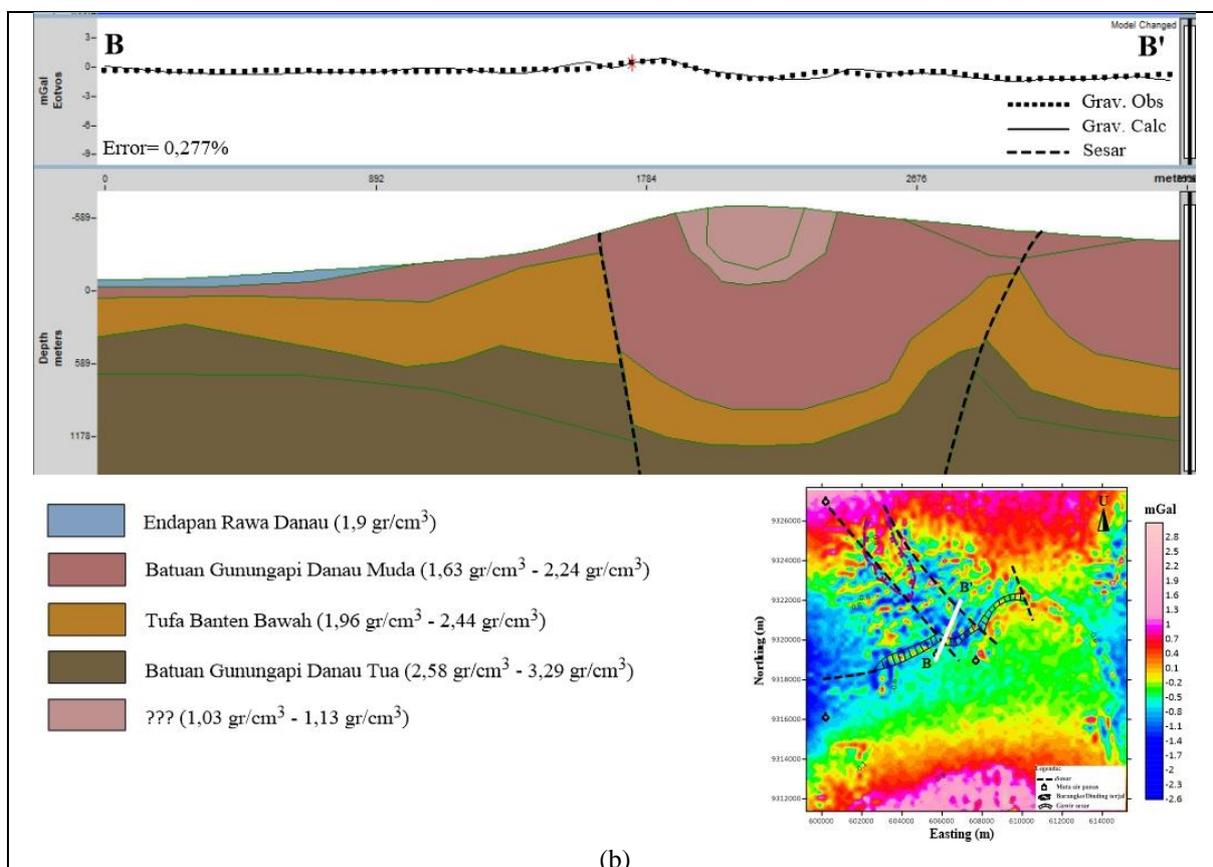
Sayatan A-A' memanjang dari arah barat daya ke arah timur laut melewati pegunungan dan memotong dua buah sesar berarah barat laut - tenggara. Gambar 7.a merupakan model bawah permukaan pada sayatan A-A' sepanjang ± 8 km dengan kedalaman ± 1300 meter. Nilai anomali pada sayatan A-A' berkisar antara -1,0 mGal hingga 0,9 mGal. Model bawah permukaan pada sayatan A-A' terdiri dari empat formasi batuan yaitu Batuan Gunungapi Danau Tua (densitas 2,4

g/cm^3 -2,75 g/cm^3) yang bersesuaian dengan Andesit dan Basalt, Batuan Tufa Banten Bawah (densitas 2,2 g/cm^3), Batuan Gunungapi Danau Muda (1,6 g/cm^3) yang bersesuaian dengan tufa dan Batuan Tufa Banten Atas (1,5 g/cm^3).

Sayatan B-B' pada Gambar 7.b memanjang dari arah barat daya ke arah utara dan memotong dua buah sesar yang berada di pegunungan di wilayah penelitian. Panjang model bawah permukaan sayatan B-B' yaitu ± 3 km dengan kedalamannya ± 1500 m dan memiliki nilai anomali berkisar antara -1,3 mGal hingga 0,7 mGal. Lima formasi batuan pada model bawah permukaan sayatan B-B' dari yang tertua yaitu Batuan Gunungapi Danau Tua (densitas 2,58 g/cm^3 -3,29 g/cm^3) yang bersesuaian dengan andesit dan basalt, Tufa Banten Bawah (densitas 1,96 g/cm^3 -2,44 g/cm^3), Batuan Gunungapi Danau Muda (densitas 1,63 g/cm^3 -2,24 g/cm^3) yang bersesuaian dengan Tufa, Endapan Rawa Danau (1,9 g/cm^3) dan satu formasi yang belum diketahui jenis batumannya (densitas 1,03 g/cm^3 -1,13 g/cm^3).



(a)



(b)

Gambar 7. Model 2D bawah permukaan, (a) sayatan A-A', (b) sayatan B-B'

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil Anomali Bouguer Lengkap (ABL) pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa anomali rendah yang terletak di sisi barat hingga barat daya menunjukkan adanya dataran rendah. Sementara itu, anomali tinggi yang terdapat di sisi utara hingga timur laut berkorelasi dengan pegunungan dan perbukitan.

Melalui pemodelan 2D, diketahui bahwa terdapat lima jenis formasi batuan yang dominan di area penelitian. Pertama, batuan berdensitas $2,4 \text{ g/cm}^3$ - $3,29 \text{ g/cm}^3$ yang diidentifikasi sebagai andesit dan basalt, berasal dari Batuan Gunungapi Danau Tua. Kedua, batuan dengan densitas $1,96 \text{ g/cm}^3$ - $2,44 \text{ g/cm}^3$ yang diidentifikasi sebagai tufa dan termasuk dalam Tufa Banten Bawah. Ketiga, batuan dengan densitas $1,6 \text{ g/cm}^3$ - $2,35 \text{ g/cm}^3$ dan $1,5 \text{ g/cm}^3$ yang juga merupakan tufa, berasal dari Batuan Gunungapi Danau Muda dan Tufa Banten Atas. Keempat, batuan berdensitas $1,9 \text{ g/cm}^3$ - $2,15 \text{ g/cm}^3$ dimana diidentifikasi sebagai jenis batuan kerikil, pasir dan lempung yang merupakan Endapan Rawa Danau. Kelima, batuan dengan densitas $1,03 \text{ g/cm}^3$ - $1,13 \text{ g/cm}^3$ yang belum diketahui jenisnya. Diperlukan penelitian lanjutan dengan menggunakan metode lain untuk mendapatkan gambaran struktur bawah permukaan yang lebih komprehensif di wilayah daerah potensi Panas Bumi Rawa Dano.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim peneliti mengucapkan terimakasih kepada pihak Curtin University (Australia) dan University of Munich (German) yang telah menyediakan data GGMPlus untuk penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada pengulas anonim untuk saran dan komentar pentingnya.

DAFTAR PUSTAKA

Asniar, N., Purwana, Y. M., dan Surjandari, N. S., 2019. Tuff as rock and soil: Review of the literature on tuff geotechnical, chemical and mineralogical properties around the world and in Indonesia. *AIP Conference Proceedings*. DOI: doi.org/10.1063/1.5112466

Aziz, K.N., Hartantyo, E., dan Niasari, S.W., 2018. The Study of Fault Lineament Pattern of the Lamongan Volcanic Field Using Gravity Data. *Journal of Physics: Conference Series*. DOI: 10.1088/1742-6596/1011/1/012025

Earthexplorer.usgs.gov., 2022. USGS. Diambil pada tanggal 11 Februari 2022, dari <https://earthexplorer.usgs.gov/>

Grant, F.S., dan West, G.F., 1965. *Interpretation Theory in Applied Geophysics*. New York: McGraw-Hill Book Company.

Handayani, L. dan Wardhana, D.D., 2017. Eksplorasi Gayaberat untuk Airtanah dan Topografi Batuan Dasar di Daerah Serang, Banten. *RISSET Geologi dan Pertambangan*, 27(2). DOI: dx.doi.org/10.14203/risetgeotam2017.v27.295

Hendra, T., 2018. Rawa Dano; Sebuah Kaldera Gunungapi Purba. Diambil pada tanggal 13 Februari 2022, dari <https://desdm.bantenprov.go.id/read/berita/283/RAWA-DANO-SEBUAH-KALDERA-GUNUNG-API-PURBA.html>.

Hermawan, D., Mustofa, S.A., Permana, L.A., dan Rustina, T.S., 2022. *Neraca Sumber Daya dan Cadangan Mineral, Batubara, dan Panas Bumi Indonesia Tahun 2021*. Jakarta: Kementerian ESDM.

Hirt, C., Claessens, S., Fecher, T., Kuhn, M., Pail, R., Rexer, M., 2013. New ultrahigh-resolution picture of Earth's gravity field. *Geophysical Research Letters*, 40.

Hochstein, M.P. dan Sudarman, S., 2015. Indonesian Volcanic Geothermal Systems *Proceedings World Geothermal Congress 2015*, hal.1-11.

Lestari, D., 2019. *Visualisasi Struktur Bawah Permukaan Gunung Merapi Menggunakan Data Anomali Gravitasi Citra Satelit*. Skripsi. Semarang: Universitas Negeri Semarang.

Rusmana, E., Suwitodirdjo, K., dan Suharsono. (1991). Peta Geologi Lembar Serang, Jawa, skala 1:100.000. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.

Santosa, S., 1991. *Peta Geologi Lembar Anyer, Jawa Barat, skala 1:100.000*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.

Supriyadi, A. dan Roxas, J., 2018. Gempa, tsunami dan likuifaksi: Rangkaian bencana di Palu yang perlu Anda ketahui. Diambil pada tanggal 23 April 2022, dari <https://www.bbc.com/indonesia/indonesia-45832237>

Susmanto, A., 2014. Pemodelan Sistem Panas Bumi Menggunakan Data Magnetotellurik (MT) pada Daerah Prospek Panas Bumi Kaldera Danau Banten. *Potensi Panas Bumi*

Indonesia, Jilid 1, Direktorat Panas Bumi, Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.

Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E., 1990. *Applied Geophysics*. Cambridge: Cambridge University Press.