



Pemodelan 2D Struktur Geologi Bawah Permukaan di Daerah Manifestasi Panas Bumi Buaran, Kabupaten Brebes, Berdasarkan Anomali Magnetik

Putri Safrilia¹, Muhardi^{1*}, dan Radhitya Perdhana¹

¹ Program Studi Geofisika, Universitas Tanjungpura, Indonesia

Email: muhardi@physics.untan.ac.id

*Corresponding Author

Abstrak

Desa Buaran merupakan salah satu desa di Kabupaten Brebes yang mempunyai manifestasi panas bumi. Penelitian ini bertujuan untuk mengamati struktur geologi bawah permukaan daerah manifestasi panas bumi Buaran dan sekitarnya berdasarkan sebaran anomali magnetik. Proses digitasi dilakukan pada peta anomali magnetik lembar Majenang yang diterbitkan oleh Pusat Survei Geologi yang sudah dilakukan koreksi harian dan koreksi *International Geomagnetic Reference Field* (IGRF). Pemodelan 2D dilakukan pada anomali magnetik residual yang diperoleh dari pengurangan anomali magnetik total hasil reduksi ke kutub dengan anomali magnetik regional hasil kontinuitas ke atas. Sebaran anomali magnetik residual yang diperoleh adalah -323,6 nT hingga 504,2 nT. Anomali rendah tersebar di bagian timur laut–tenggara dengan nilai -323,6 nT hingga -22,7 nT, sedangkan anomali tinggi tersebar di bagian utara–selatan dengan nilai 166,9 nT hingga 504,2 nT. Hasil pemodelan 2D menunjukkan struktur geologi bawah permukaan berupa struktur sesar, lipatan antiklin, dan lipatan sinklin. Manifestasi panas bumi daerah Buaran terbentuk dengan adanya intrusi batuan beku sebagai sumber panas, dan struktur sesar sebagai jalur fluida hidrotermal.

Kata kunci: Anomali Magnetik, Panas Bumi, Struktur Geologi

Abstract

Buaran Village is one of the villages in Brebes Regency that has a geothermal manifestation. This research aims to observe the subsurface geological structure of the Buaran geothermal manifestation area and its surroundings based on the distribution of magnetic anomalies. The digitization process was conducted on the Majenang sheet magnetic anomaly map published by the Geological Survey Centre which has made daily corrections and International Geomagnetic Reference Field (IGRF) corrections. The 2D modeling was performed on the residual magnetic anomaly obtained from the subtraction of the total magnetic anomaly from the reduction to the pole with the regional magnetic anomaly from the upward continuation. The distribution of residual magnetic anomalies obtained is -323.6 nT to 504.2 nT. Low anomalies are distributed in the northeast-southeast with values of -323.6 nT to -22.7 nT, while high anomalies are distributed in the north-south with values of 166.9 nT to 504.2 nT. 2D modeling results show subsurface geological structures in the form of fault structures, anticline folds, and syncline folds. Geothermal manifestations in the Buaran area are formed by the intrusion of igneous rocks as heat sources, and fault structures as hydrothermal fluid pathways.

Keywords: Geological Structure, Geothermal, Magnetic Anomaly

1. PENDAHULUAN

Indonesia berada pada zona pertemuan tiga lempeng aktif dan melewati gugusan gunung api atau yang dikenal sebagai *ring of fire*. Hal ini membuat Indonesia memiliki tatanan geologi yang kompleks sehingga menimbulkan sumber daya yang beraneka ragam di setiap daerah. Salah satu sumber daya yang dapat menjadi sumber daya energi terbarukan yaitu panas bumi. Potensi panas bumi yang terdapat di Indonesia termasuk yang terbesar di dunia, yaitu sebanyak 331 lokasi yang tersebar di seluruh wilayah [1].

Daerah Buaran berada di Kabupaten Brebes, Provinsi Jawa Tengah dengan adanya potensi panas bumi. Aktivitas tektonik secara regional di Pulau Jawa yang berlanjut pada pergerakan sesar geser kanan Pamanukan-Cilacap yang berarah barat laut–tenggara menyebabkan daerah Buaran memiliki struktur geologi yang kompleks dan beragam [2]. Hal ini diindikasikan dengan kenampakan geomorfologi berupa lipatan, bukit intrusi batuan beku, bukit zona sesar, pegunungan homoklinal, bukit kaki gunung api, dan dataran denudasional [3].

Daerah Buaran mempunyai manifestasi panas bumi dalam bentuk mata air panas, yang merupakan destinasi wisata alam banyak dikunjungi wisatawan. Salah satu indikasi kemunculan mata air panas adalah adanya keberadaan struktur geologi berupa sesar. Hal ini disebabkan karena sesar menjadi jalur aliran fluida hidrotermal menuju permukaan bumi. Kehadiran mata air panas di daerah Buaran mengindikasikan adanya aktivitas hidrotermal yang kemunculannya mengikuti kelurusan sesar yang berarah barat laut-tenggara [4]. Struktur geologi berupa sesar naik yang mengontrol satuan batu pasir dan batu lempung menjadi penyebab terdapatnya manifestasi panas bumi berupa mata air panas Buaran [5].

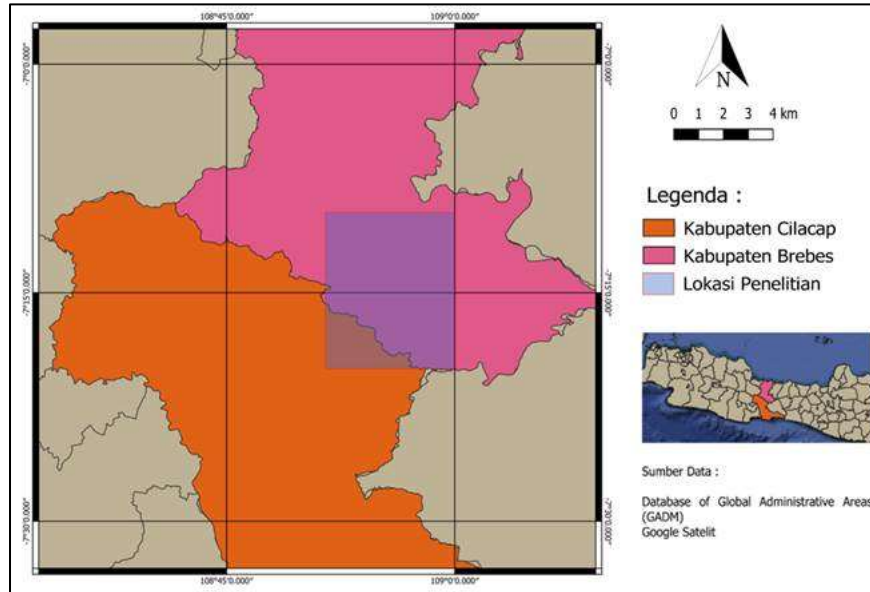
Analisis anomali magnetik dilakukan dengan memanfaatkan perbedaan sifat kemagnetan batuan bawah permukaan [6][7]. Daerah yang terdapat pada sistem panas bumi, dapat menyebabkan variasi sifat kemagnetan di sekitar area manifestasi. Secara umum, batuan dalam sistem panas bumi mempunyai indikasi magnetisasi rendah jika dibandingkan dengan batuan yang ada di sekitarnya. Hal ini disebabkan oleh demagnetisasi melalui proses alterasi hidrotermal [8][9]. Analisis anomali magnetik juga dapat digunakan untuk memodelkan struktur geologi bawah permukaan seperti lipatan antiklin dan sinklin, patahan, intrusi batuan, dan batuan reservoir [10].

Beberapa penelitian sebelumnya telah dilakukan di daerah Buaran dengan survei geofisika seperti metode gravitasi, dan survei geologi baik secara langsung di lapangan maupun menggunakan satelit. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut di daerah Buaran dan sekitarnya dengan melakukan analisis sebaran anomali magnetik, dengan bertujuan untuk memodelkan struktur geologi bawah permukaan dari daerah manifestasi panas bumi tersebut.

2. METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian berada di daerah Buaran dan sekitarnya, Kabupaten Brebes, Provinsi Jawa Tengah dengan batas wilayah penelitian berada di koordinat $7^{\circ} 10' 00''$ LS - $7^{\circ} 20' 00''$ LS dan $108^{\circ} 50' 00''$ BT - $109^{\circ} 00' 00''$ BT, seperti yang disajikan pada Gambar 1. Dalam penelitian ini, proses digitasi dilakukan pada peta anomali magnetik lembar Majenang yang

diterbitkan oleh Pusat Survei Geologi, Bandung. Peta anomali magnetik pada lembar ini sudah dilakukan beberapa koreksi, yaitu berupa harian dan *International Geomagnetic Reference Field* (IGRF).



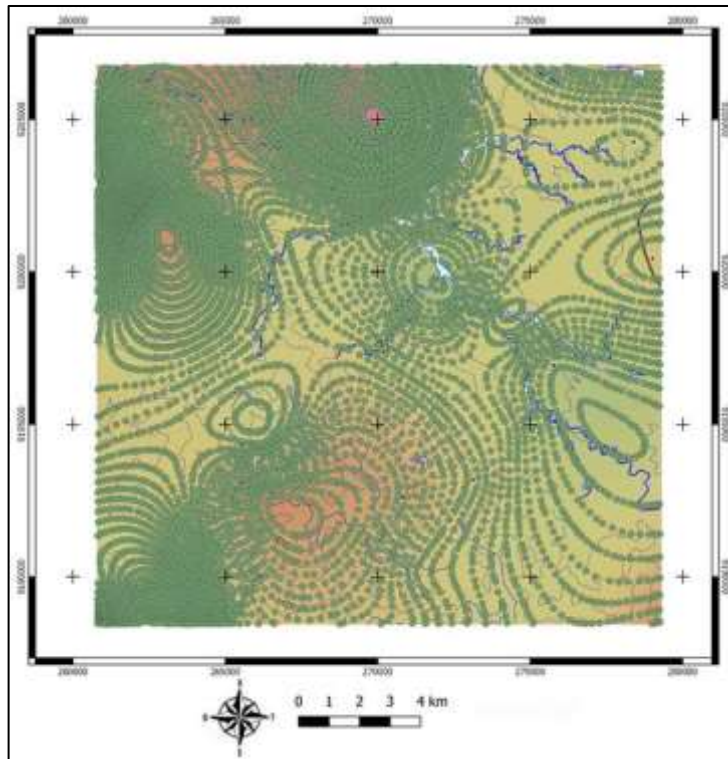
Gambar 1. Lokasi penelitian

Proses digitasi menjadi tahapan awal dalam pengolahan data hingga diperoleh peta anomali magnetik. Proses ini dilakukan untuk memperoleh data digital, yaitu nilai anomali magnetik beserta titik koordinatnya. Pengolahan peta hasil dari proses digitasi akan memperoleh peta anomali magnetik total. Proses reduksi ke kutub dilakukan untuk menghilangkan efek inklinasi dan deklinasi pada data anomali magnetik. Hasil pengolahan anomali magnetik tereduksi kutub ini kemudian ditransformasi ke kontinuitas atas. Proses transformasi ini dilakukan untuk menghilangkan efek anomali lokal dengan interval ketinggian 500 m hingga pola anomali tidak terlihat lagi perubahannya, sehingga diperoleh peta anomali magnetik regional. Anomali magnetik residual diperoleh dengan mengurangi anomali magnetik hasil reduksi ke kutub dengan anomali magnetik regional. Anomali magnetik residual tersebut digunakan untuk memetakan struktur geologi bawah permukaan di area penelitian, mengingat lokasi penelitian terletak di wilayah yang memiliki manifestasi panas bumi.

Penggambaran struktur geologi bawah permukaan dilakukan dengan pemodelan 2D. Pemodelan ini dilakukan dengan dibuat sayatan pada anomali magnetik residual yang berlandaskan informasi geologi di daerah penelitian. Dalam pemodelan ini dilakukan trial and error dengan mengubah nilai parameter model untuk mendapatkan kesesuaian antara nilai pemodelan dengan nilai observasi hasil sayatan. Kesesuaian antara kedua nilai tersebut ditunjukkan dengan nilai eror yang kecil.

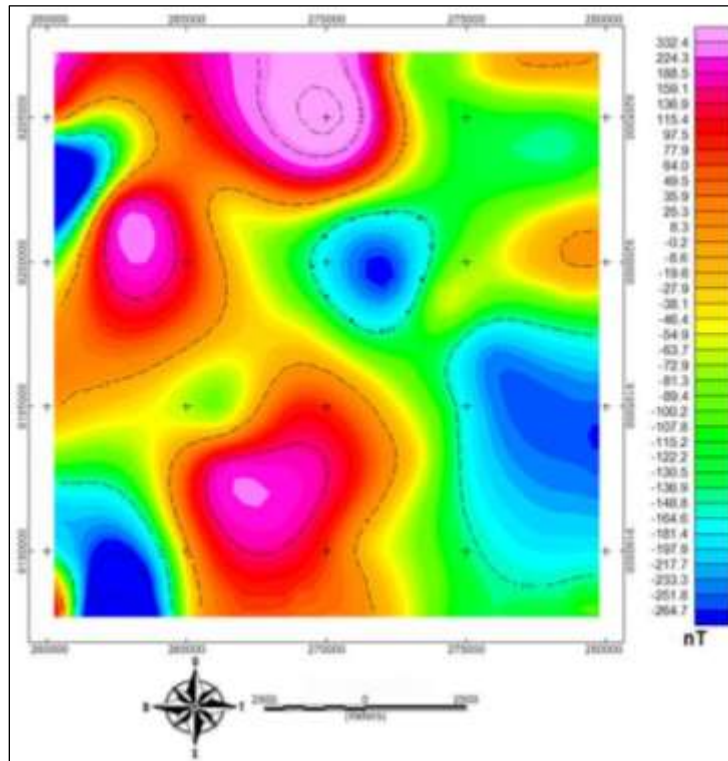
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Peta anomali magnetik data sekunder yang telah didigitasi ditunjukkan pada Gambar 2. Digitasi dilakukan dengan mengikuti pola dan nilai kontur yang terdapat di peta anomali magnetik. Titik digitasi mendeskripsikan nilai anomali magnetik dengan letak koordinatnya. Jumlah titik digitasi pada daerah penelitian adalah 6331 titik.



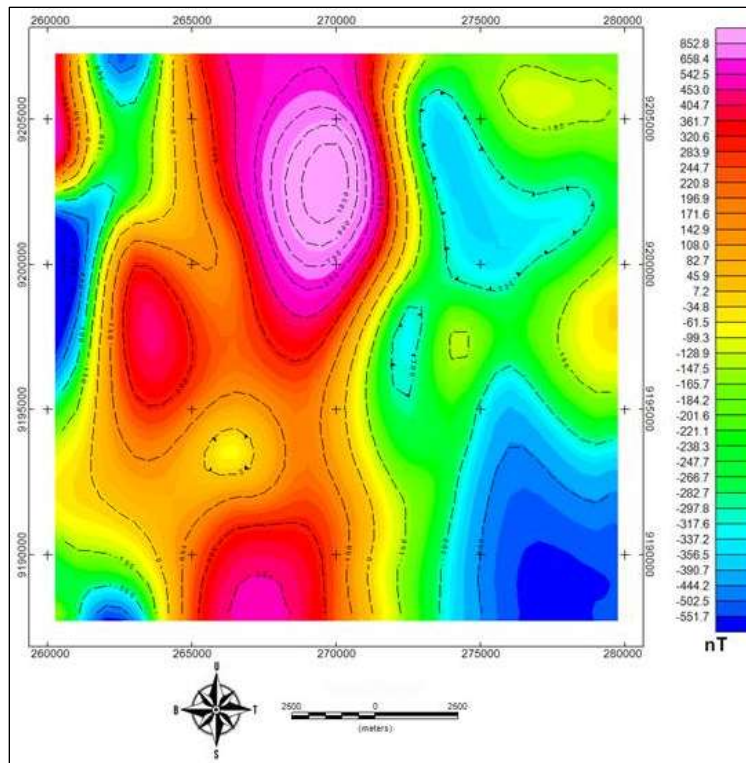
Gambar 2. Titik digitasi pada peta kontur anomali magnetik

Berdasarkan informasi geologi menunjukkan bahwa sebaran anomali rendah pada arah timur laut hingga tenggara, yang diindikasikan terletak pada satuan Endapan Aluvium dan Endapan Lahar Slamet. Sebaran anomali sedang pada arah timur hingga barat daya, yang diindikasikan terletak pada satuan Endapan Lahar Slamet dan Formasi Rambatan. Sebaran anomali tinggi pada arah selatan hingga utara, yang diindikasikan terletak pada satuan Formasi Halang dan Formasi Kumbang.



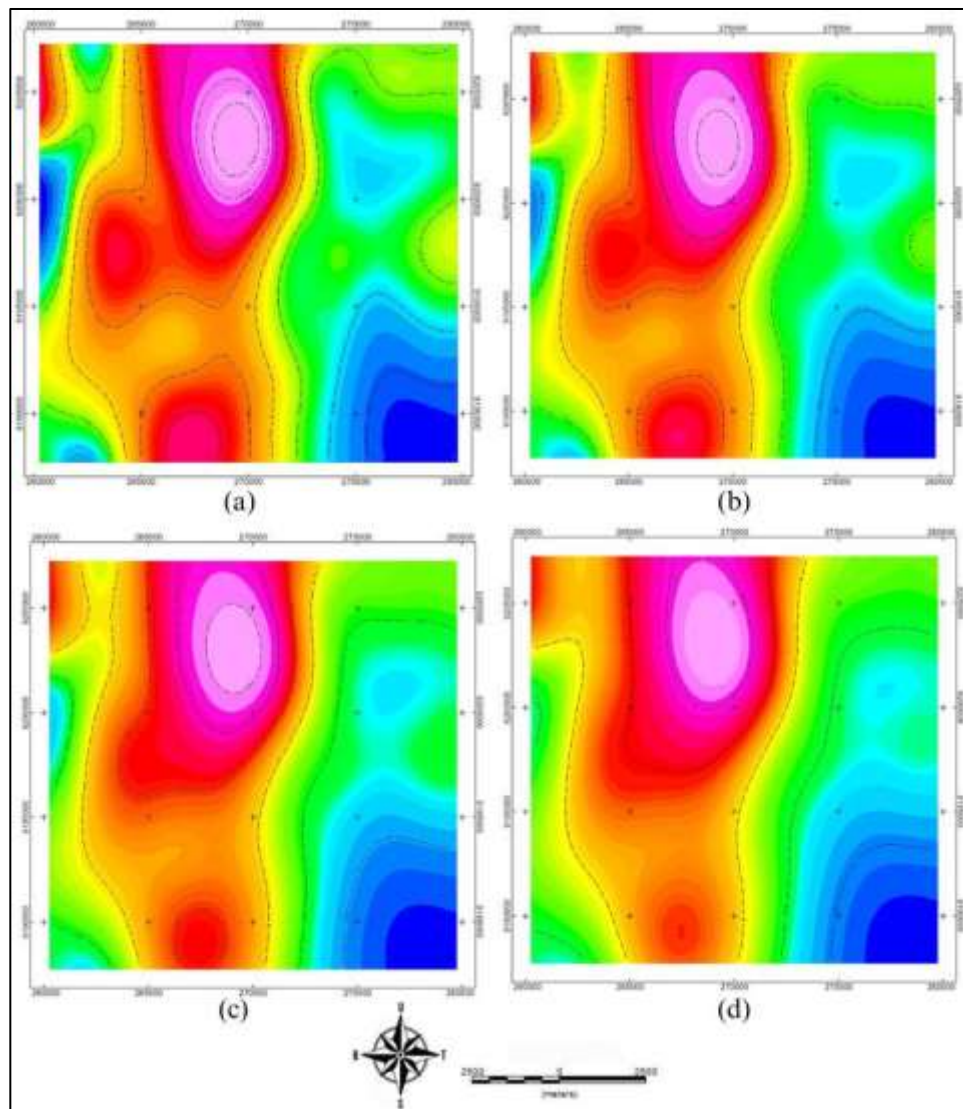
Gambar 3. Peta anomali magnetik total

Reduksi ke kutub pada anomali magnetik total perlu dilakukan dengan tujuan untuk menghilangkan pengaruh sudut inklinasi dan deklinasi bumi. Peta anomali magnetik total reduksi ke kutub ditunjukkan pada Gambar 4. Sebaran anomali magnetik hasil reduksi ke kutub mengalami perubahan dari -264,7 nT hingga 332,4 nT menjadi -551,7 nT hingga 852,8 nT. Warna biru tua hingga hijau muda menunjukkan anomali magnetik rendah, dengan nilai anomali dari -551,7 nT hingga -99,3 nT. Warna kuning hingga jingga menunjukkan anomali magnetik sedang dengan nilai anomali dari -61,5 nT hingga 244,7 nT. Warna merah hingga ungu muda menunjukkan anomali magnetik tinggi dengan dengan nilai anomali dari 283,9 nT hingga 852,8 nT.



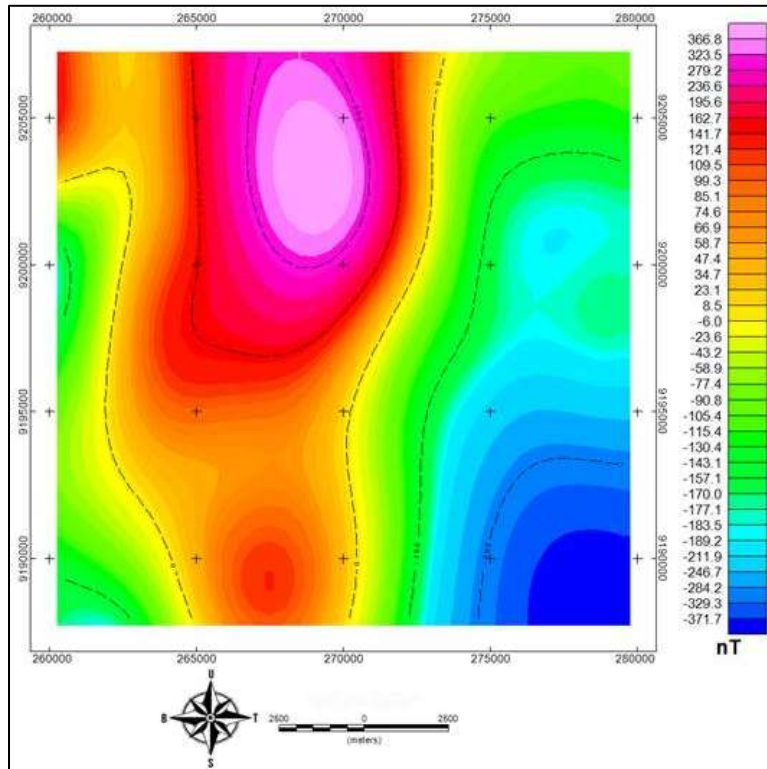
Gambar 4. Peta anomali magnetik reduksi ke kutub

Anomali magnetik total hasil direduksi ke kutub masih terdiri dari anomali regional dan anomali residual, sehingga perlu dilakukan pemisahan pada kedua anomali untuk mendapatkan peta anomali residual yang menjadi target dari penelitian ini. Penggunaan metode kontinuasi ke atas dilakukan untuk memisahkan anomali regional dan anomali residual. Metode ini digunakan untuk menghilangkan anomali yang disebabkan oleh sumber dangkal, sehingga mendapatkan anomali regional. Proses kontinuasi ke atas di daerah Buaran dan sekitarnya dengan variasi ketinggian dari 500 m sampai 2.000 m ditunjukkan dengan pada Gambar 5. Secara kualitatif, pada ketinggian 2.000 m tidak terlihat perubahan pola sebaran anomali secara signifikan. Berdasarkan proses *trial* dan *error* yang telah dilakukan, maka diperoleh anomali regional pada ketinggian 2.000 m.



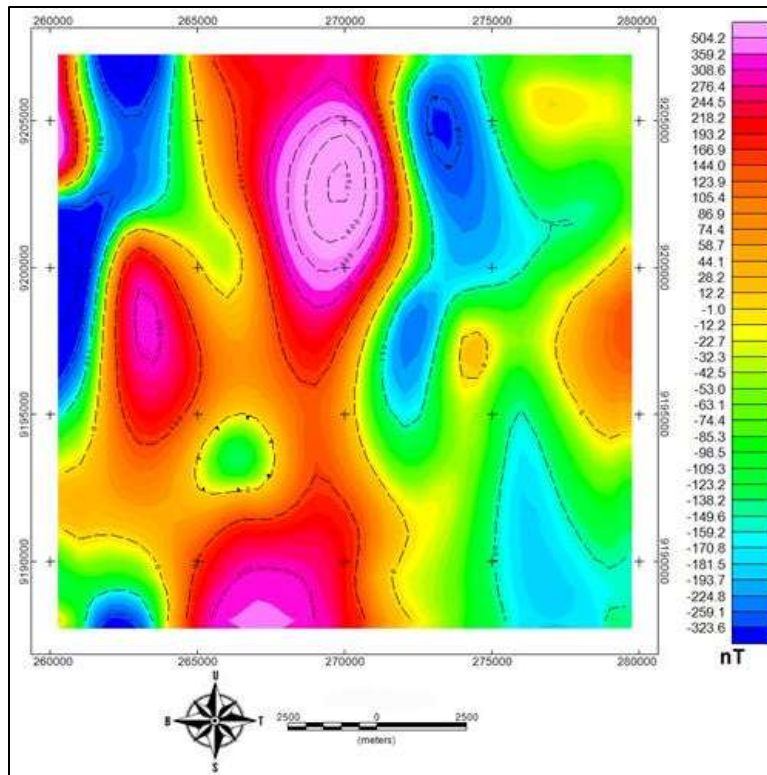
Gambar 5. Proses kontinuitas ke atas pada ketinggian (a) 500 m, (b) 1.000 m, (c) 1.500 m, dan (d) 2.000 m

Sebaran anomali magnetik regional yang diperoleh dari hasil pemisahan menggunakan kontinuitas ke atas mempunyai nilai $-371,7$ nT hingga $366,8$ nT. Anomali magnetik rendah mempunyai nilai $-371,7$ nT hingga $-23,6$ nT (warna biru tua hingga hijau muda). Anomali magnetik sedang mempunyai nilai $-6,0$ nT hingga $109,5$ nT (warna kuning hingga jingga). Anomali magnetik tinggi mempunyai nilai $121,4$ nT hingga $366,8$ nT (warna merah hingga ungu muda). Bagian timur laut–tenggara yang diindikasikan dengan warna biru muda diduga merupakan respon batuan sedimen dari Formasi Kaliglagah, sedangkan bagian tenggara yang diindikasikan dengan warna biru tua diduga merupakan respon batuan sedimen dari Formasi Halang, sehingga pada bagian tersebut menunjukkan anomali rendah. Anomali tinggi tersebar di bagian selatan–utara, semakin menuju ke arah utara anomali semakin tinggi, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Hal ini diduga disebabkan respon batuan gunung api dari Formasi Kumbang di bagian utara.



Gambar 6. Peta anomali magnetik regional

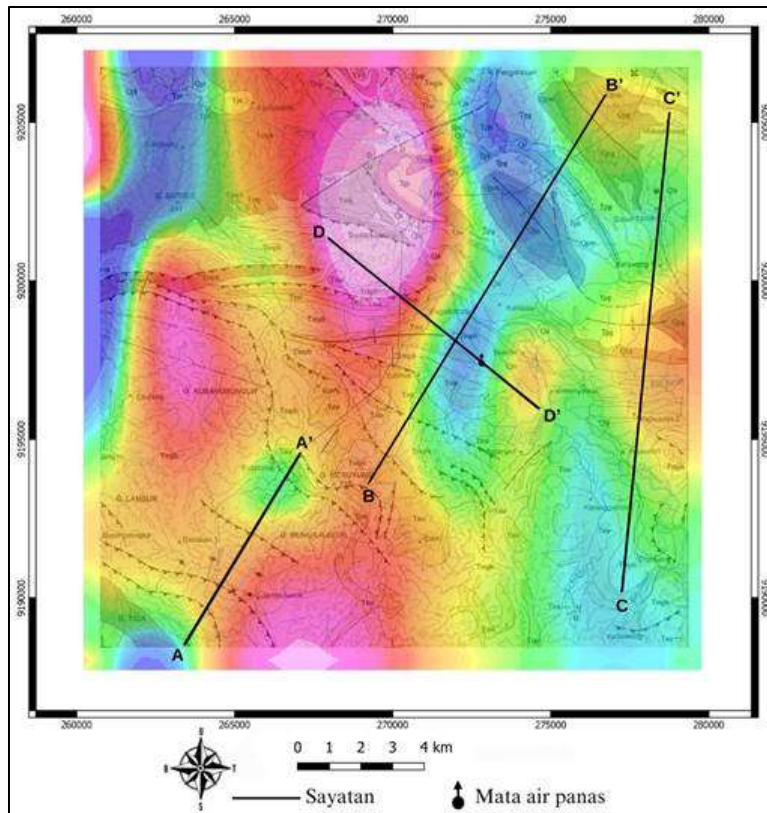
Peta sebaran anomali magnetik residual di daerah Buaran dan sekitarnya ditunjukkan pada Gambar 7. Peta ini diperoleh dengan mengurangkan anomali reduksi ke kutub dengan anomali regional. Persebaran nilai anomali magnetik residual dari -323,6 nT hingga 504,2 nT. Anomali magnetik rendah mempunyai nilai -323,6 nT hingga -22,7 nT (warna biru tua hingga hijau). Anomali magnetik sedang mempunyai nilai -12,2 nT hingga 144,0 nT (warna kuning hingga jingga). Anomali magnetik tinggi mempunyai nilai 166,9 nT hingga 504,2 nT (warna merah hingga ungu muda).



Gambar 7. Peta anomali magnetik residual

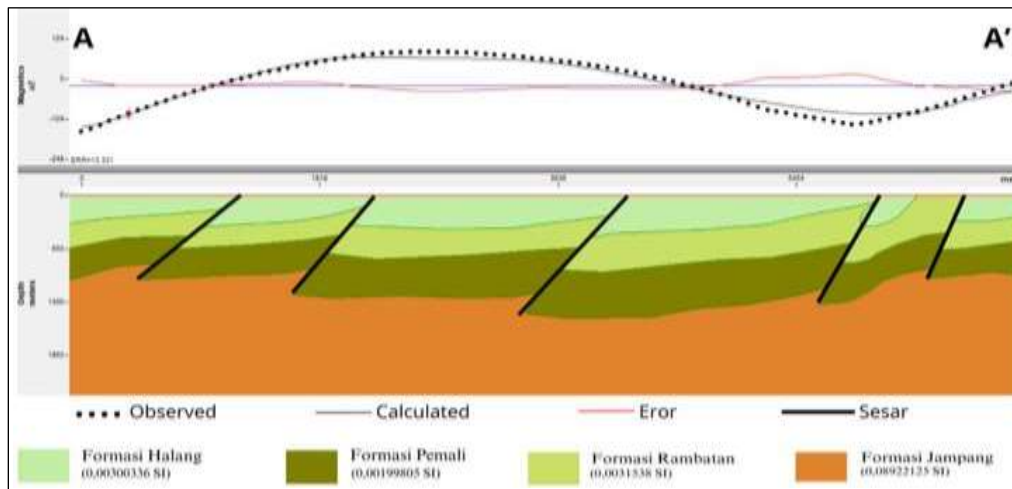
Anomali magnetik residual menunjukkan pola anomali yang beragam dibandingkan anomali magnetik regional. Anomali tinggi yang muncul di bagian utara diduga merupakan respon batuan terobosan dari batuan beku yang bersusunan andesit dan bagian selatan diduga merupakan respon dari batuan sedimen yang telah mengalami alterasi akibat intrusi batuan terobosan. Anomali rendah yang berada di bagian timur laut-tenggara diduga disebabkan oleh adanya manifestasi panas bumi. Keberadaan manifestasi ini menyebabkan daerah di sekitarnya mempunyai anomali magnetik rendah yang meluas dari timur laut ke arah tenggara daerah penelitian [11].

Pemodelan 2D struktur geologi bawah permukaan daerah manifestasi panas bumi menggambarkan kondisi geologi bawah permukaan di daerah Buaran berdasarkan informasi geologi, seperti struktur patahan, lipatan, dan urutan stratigrafi di daerah penelitian. Pemodelan ini dilakukan dengan menggunakan data hasil dari sayatan anomali residual. Untuk mendapatkan sayatan yang diinginkan dilakukan *overlay* peta geologi daerah penelitian dengan peta anomali magnetik residual. Sayatan yang dibuat di lokasi penelitian berjumlah 4 sayatan, yang ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Sayatan pada anomali magnetik residual yang di overlay dengan peta geologi

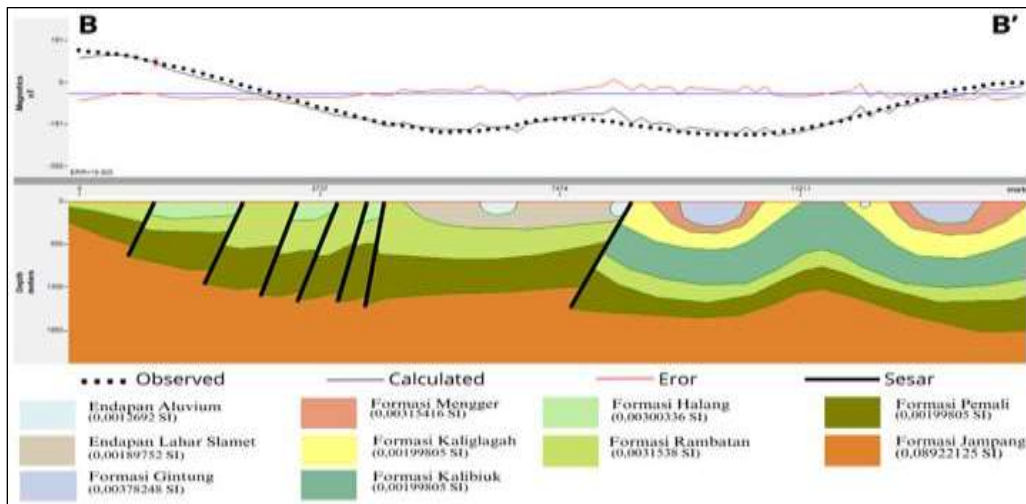
Pemodelan 2D pada sayatan A-A' berarah barat daya-timur laut yang panjang sekitar 7.102,29 m. Hasil pemodelan 2D sayatan A-A' berdasarkan anomali magnetik residual dengan nilai eror 13,331, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9. Berdasarkan informasi yang terdapat pada peta geologi daerah penelitian pada sayatan ini terlihat beberapa sesar naik (*thrust fault*) [12].



Gambar 9. Hasil pemodelan 2D struktur geologi pada sayatan A-A'

Lapisan pertama merupakan Formasi Halang dengan nilai suseptibilitas 0,00300336 SI yang ditandai oleh warna hijau muda dengan kedalaman sekitar 0 – 460 m dan lapisan ini merupakan sedimen tersier. Lapisan kedua merupakan Formasi Rambatan dengan nilai suseptibilitas 0,0031538 SI yang merupakan sedimen tersier. Lapisan ketiga adalah Formasi Pemali dengan nilai suseptibilitas 0,00199805 SI yang ditandai oleh warna hijau tua yang berada di kedalaman sekitar 600-1200 m. Lapisan keempat atau lapisan terakhir yang ditandai oleh warna jingga tua merupakan Formasi Jampang dengan nilai suseptibilitas 0,08922125 SI yang mana lapisan ini diduga sebagai basement.

Pemodelan 2D pada sayatan B-B' berarah barat daya-timur laut dengan panjang sekitar 14.667,3 m. Hasil pemodelan 2D sayatan B-B' berdasarkan anomali magnetik residual dengan nilai eror 19,805, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10. Berdasarkan informasi yang terdapat pada peta geologi daerah penelitian pada sayatan ini terlihat sesar, antiklin, dan sinklin.



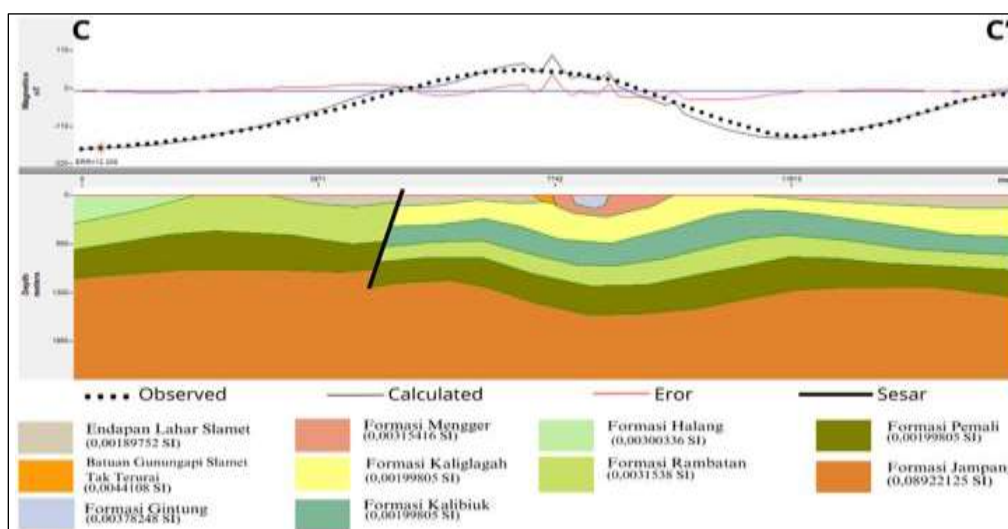
Gambar 10. Hasil pemodelan 2D struktur geologi pada sayatan B-B'

Lapisan pertama merupakan Endapan Aluvium yang ditandai oleh warna biru muda dengan nilai suseptibilitas 0,0012692 SI. Endapan Aluvium merupakan sedimen kuartar yang terdiri dari kerikil, pasir, dan lempung. Lapisan kedua yang ditandai oleh warna krem merupakan Endapan Lahar Slamet dengan nilai suseptibilitas 0,00189752 SI. Endapan Lahar Slamet terdiri dari lahar dengan beberapa lapisan lava. Lapisan ketiga yang ditandai oleh warna ungu muda adalah Formasi Gintung dengan nilai suseptibilitas 0,00378248 SI yang berada di kedalaman 0-300 m. Lapisan keempat yang ditandai oleh warna jingga muda adalah Formasi Mengger dengan nilai suseptibilitas 0,00315416 SI yang ketebalannya lebih kurang 150 m. Lapisan kelima yang ditandai oleh warna kuning adalah Formasi Kaliglagah dengan nilai suseptibilitas 0,00199805 SI yang berada di kedalaman 700 m. Lapisan keenam yang ditandai oleh warna toska adalah Formasi Kalibiuk dengan nilai suseptibilitas 0,00199805 SI yang berada di kedalaman 700–1.200 m. Lapisan ketujuh yang ditandai oleh warna hijau muda adalah Formasi Halang dengan nilai suseptibilitas 0,00300336 SI.

Lapisan kedelapan yang ditandai oleh warna hijau lumut adalah Formasi Rambatan dengan nilai suseptibilitas 0,0031538 SI yang berada di kedalaman 0-800 m di bagian barat

dan 700-1.400 di bagian timur. Lapisan kesembilan yang ditandai oleh warna hijau tua adalah Formasi Pemali dengan nilai suseptibilitas 0,00199805 SI. Lapisan kesepuluh atau lapisan terakhir yang ditandai oleh warna jingga tua merupakan Formasi Jampang dengan nilai suseptibilitas 0,08922125 SI yang mana lapisan ini diduga sebagai basement. Formasi Jampang terdiri dari breksi dengan kepingan andesit horeblenda, hipersten yang tertanam di dalam matriks pasir tufan, dan umumnya berselingan dengan batupasir tufan, batulanau, dan batulempung.

Pemodelan 2D pada sayatan C-C' berarah barat daya-timur laut yang panjang sekitar 15.231,5 m. Hasil pemodelan 2D sayatan C-C' berdasarkan anomali magnetik residual dengan nilai eror 12,308, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11. Hasil pemodelan sayatan C-C' memperlihatkan struktur yang hampir sama dengan sayatan B-B', yaitu struktur sesar, lipatan sinklin, dan lipatan antiklin.

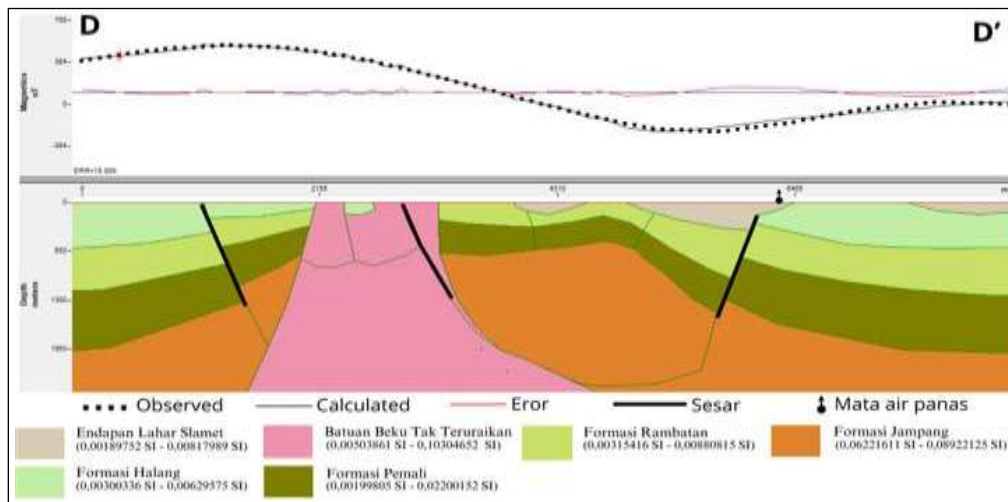


Gambar 11. Hasil pemodelan 2D struktur geologi pada sayatan C-C'

Lapisan pertama yang ditandai oleh warna krem merupakan Endapan Lahar Slamet dengan nilai suseptibilitas 0,00189752 SI. Lapisan kedua yang ditandai oleh warna jingga merupakan Batuan Gunungapi Slamet Tak Terurai dengan nilai suseptibilitas 0,0044108 SI. Lapisan ketiga yang ditandai oleh warna warna ungu muda adalah Formasi Gintung dengan nilai suseptibilitas 0,00378248 SI. Lapisan keempat yang ditandai oleh warna jingga muda adalah Formasi Mengger dengan nilai suseptibilitas 0,00315416 SI. Lapisan kelima yang ditandai oleh warna kuning adalah Formasi Kaliglagah dengan nilai suseptibilitas 0,00199805 SI. Lapisan keenam yang ditandai oleh warna toska adalah Formasi Kalibiuk dengan nilai suseptibilitas 0,00199805 SI yang berada di kedalaman 250 – 900 m. Lapisan ketujuh yang ditandai oleh warna hijau muda adalah Formasi Halang dengan nilai suseptibilitas 0,00300336 SI. Lapisan kedelapan yang ditandai oleh warna hijau lumut adalah Formasi Rambatan dengan nilai suseptibilitas 0,0031538 SI yang berada di kedalaman 0 – 500 m di bagian barat dan 600 – 1.100 m di bagian timur. Lapisan kesembilan yang ditandai oleh warna hijau tua adalah Formasi Pemali dengan nilai suseptibilitas 0,00199805 SI. Lapisan kesepuluh atau lapisan terakhir yang ditandai oleh warna jingga tua merupakan

Formasi Jampang dengan nilai susceptibilitas 0,08922125 SI yang mana lapisan ini diduga sebagai basement.

Pemodelan 2D pada sayatan D-D' memiliki sayatan berarah barat laut-tenggara dengan panjang sekitar 8.414,87 m. Hasil pemodelan 2D sayatan D-D' berdasarkan anomali magnetik residual dengan nilai eror 19,889, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12. Struktur sesar yang terdapat di sayatan ini diduga sebagai jalur fluida hidrotermal, sehingga menyebabkan batuan yang dilaluinya mengalami alterasi dan mineralisasi [13]. Perubahan nilai susceptibilitas yang terjadi di setiap formasi diduga akibat dari perubahan komposisi mineral karena telah mengalami alterasi.



Gambar 12. Hasil pemodelan 2D struktur geologi pada sayatan D-D'

Berdasarkan informasi peta geologi daerah penelitian, sayatan ini memotong sesar dan sumber mata air panas. Lapisan pertama yang ditandai oleh warna merah muda adalah lapisan termuda yang berada di sayatan D-D'. Lapisan ini merupakan Batuan Beku Tak Teruraikan (batuan terobosan) berumur pliosen yang bersusunan andesit horeblenda sampai basal. Batuan Beku Tak Teruraikan memiliki nilai susceptibilitas 0,00503912 – 0,10304462 SI. Lapisan kedua yang ditandai oleh warna krem merupakan Endapan Lahar Slamet dengan nilai susceptibilitas 0,00189752 – 0,00818071 SI. Lapisan ketiga yang ditandai oleh warna hijau muda adalah Formasi Halang dengan nilai susceptibilitas 0,00300336 – 0,00629575 SI. Lapisan keempat merupakan Formasi Rambatan dengan nilai susceptibilitas 0,0031538 – 0,00943735 SI yang ditandai oleh warna hijau lumut. Lapisan kelima adalah Formasi Pemali dengan nilai susceptibilitas 0,00199805 – 0,02326036 SI yang ditandai oleh warna hijau tua. Lapisan keenam atau lapisan terakhir yang ditandai oleh warna jingga tua merupakan Formasi Jampang dengan nilai susceptibilitas 0,06221611 - 0,08922125 SI yang mana lapisan ini diduga sebagai basement.

Intrusi batuan beku pada sayatan D-D' diduga akibat pengaruh tektonik yang terbentuk melalui zona lemah seperti adanya sesar sehingga membuat magma keluar hingga ke permukaan [3]. Intrusi batuan beku dapat berpotensi sebagai sumber panas dari sebuah sistem panas bumi hidrotermal. Intrusi ini terbentuk dari proses pendinginan dan pembentukan zat

padat berupa lelehan yang terjadi di dalam bumi [14]. Sumber panas tersebut akan berpindah panas ke batuan sekelilingnya secara konduksi dan konveksi [15].

Struktur geologi berupa sesar di daerah penelitian diduga terbentuk akibat pengaruh tektonik, sehingga menghasilkan zona lemah. Zona lemah ini berpotensi menjadi jalur keluarnya fluida panas ke permukaan [16]. Sumber panas di dalam bumi seperti intrusi batuan memerlukan sebuah media untuk menyalurkan fluida panas ke permukaan. Adanya struktur sesar dapat berpotensi sebagai media alir fluida panas menuju permukaan [15].

Manifestasi panas bumi berupa mata air panas yang berada di Buaran dan Bantarkawung diduga berasal dari satu sistem panas bumi yang sama. Panas bumi yang terletak di Bantarkawung merupakan sumber utama yang diindikasikan berasal dari intrusi diorit, sedangkan panas bumi di Buaran merupakan sebaran fluida panas bumi secara lateral [17]. Intrusi batuan beku di daerah Bantarkawung hingga Buaran diindikasikan sebagai sumber panas pemicu kemunculan manifestasi mata air panas di daerah tersebut [5]. Intrusi batuan beku yang menerobos batuan sekitarnya dapat menjadi sumber panas dari manifestasi mata air panas di suatu daerah.

Selain sumber panas, terdapat batuan reservoir yang berperan dalam sistem panas bumi. Batuan reservoir memiliki porositas dan permeabilitas tinggi, sehingga berpotensi menjadi jalur hidrotermal mata air panas Buaran. Batuan reservoir pada mata air panas daerah Buaran diduga berupa satuan batupasir yang terdapat pada Formasi Rambatan. Struktur geologi berupa sesar yang mengontrol satuan batupasir dan batu lempung menjadi penyebab terdapatnya manifestasi panas bumi berupa mata air panas Buaran. Selain itu, batupasir yang memiliki permeabilitas yang lebih baik dibandingkan batu lempung juga berpotensi memunculkan manifestasi berupa mata air panas [5]. Hal ini karena permeabilitas yang baik akan menjadi media yang lebih efektif sebagai jalur migrasi fluida panas baik secara horizontal maupun vertikal [18].

4. SIMPULAN

Sebaran anomali magnetik residual yang diperoleh adalah -323,6 nT hingga 504,2 nT, dengan anomali rendah di bagian barat laut, timur laut, tenggara, dan barat daya (-323,6 nT hingga -22,7 nT), sedangkan anomali tinggi tersebar di bagian utara dan selatan (166,9 nT hingga 504,2 nT). Hasil pemodelan 2D menunjukkan struktur geologi bawah permukaan daerah penelitian terdapat struktur sesar, lipatan antiklin, dan lipatan sinklin. Manifestasi panas bumi daerah Buaran terbentuk dengan adanya intrusi batuan beku sebagai sumber panas, dan struktur sesar sebagai jalur fluida hidrotermal. Selain itu, pemodelan 2D juga menunjukkan bahwa formasi yang terdapat di daerah Buaran terdiri dari Endapan Aluvium, Endapan Lahar Slamet, Formasi Gintung, Formasi Kaliglagah, Formasi Mengger, Formasi Halang, Formasi Kalibiuk, Formasi Rambatan, Formasi Pemali, Formasi Jampang, Batuan Beku Tak Terurai, dan Batuan Gunung Api Slamet Tak Terurai.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Survei Geologi Bandung yang telah menyediakan peta anomali magnetik lembar Majenang, Jawa.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2018). Kini Indonesia Menjadi Produsen Listrik Panas Bumi Terbesar Kedua Dunia. *Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral*, 2018.
- [2] Satyana, A. H. and Purwaningsih, M. E. M. (2002). Lekukan Struktur Jawa Tengah: Suatu Segmentasi Sesar Mendatar. *Geology of Yogyakarta and Central Java*, pp. 1–14.
- [3] Sujatmiko, E. 2020. Geologi dan Analisis Struktur Kinematik-Dinamik Daerah Bantarkawung dan Sekitarnya, Kabupaten Brebes, Jawa Tengah. Pertamina.
- [4] Widadgo, A. Candra, A. Sachrul, I. and Abdullah, C. I. (2013). Pengaruh Struktur Geologi Gunung Slamet Muda dan Tua Terhadap Pola Sebaran Panas Bumi. in *Industrial Research Workshop and National Seminar 2013*, pp. 204–207. <https://doi.org/10.35313/irwns.v4i0.317>
- [5] Alghazali, A. (2021). Geologi dan Pemodelan Struktur Geologi Daerah Bantarkawung, Brebes Terhadap Kemunculan Manifestasi Panasbumi Berdasarkan Analisis Gravity GGMplus dan Fault Fracture Density. Universitas Jenderal Soedirman, Banyumas.
- [6] Syaripudin, S., Arman, Y. and Muhandi, M. (2021). Sebaran Mineral Logam Bijih Besi Berdasarkan Anomali Magnetik Daerah Pelaihari, Kabupaten Tanah Laut. *Prisma Fisika*, vol. 9, no. 3, pp. 276–283, doi: 10.26418/pf.v9i3.51262.
- [7] Saputra, S. R., Putra, Y. S., Suteja, A. and Muhandi, M. (2020). Pemodelan Inversi 3D Daerah Panas Bumi Berbasis Data Anomali Magnetik di Kota Agung dan Sekitarnya, Lampung. *Prisma Fisika*. vol. 8, no. 1, pp. 71–78, doi: 10.26418/pf.v8i1.40207.
- [8] Indratmoko, P., Nurwidyanto, M. I. and Yulianto, T. (2009). Interpretasi Bawah Permukaan Daerah Manifestasi Panas Bumi Parang Tritis Kabupaten Bantul DIY Dengan Metode Magnetik. *Berkala Fisika*. vol. 12, no. 4, pp. 153–160.
- [9] Adiltha, F., Muhandi, M. and Perdhana, R. (2024). Identifikasi Struktur Patahan di Kabupaten Pangandaran dan Sekitarnya Berdasarkan Data Anomali Magnetik. *Jurnal Online Physics*. vol. 9, no. 3, pp. 8–17, doi: 10.22437/jop.v9i3.34121.
- [10] Santosa, B. J., Mashuri, M., Sutrisno, W. T., Wafi, A., Salim, R., and Armi, R. (2012). Interpretasi Metode Magnetik untuk Penentuan Struktur Bawah Permukaan di Sekitar Gunung Kelud Kabupaten Kediri. *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya*, vol. 2, no. 1, pp. 7-14, doi: 10.26740/jpfa.v2n1.p7-14.
- [11] Lestari, T. E., Wibowo, N. B. and Darmawan, D. (2016). Interpretasi Bawah Permukaan Daerah Manifestasi Panas Bumi Desa Karangrejo Kecamatan Arjosari, Pacitan Menggunakan Metode Geomagnet. *Jurnal Fisika*, vol. 5, no. 1, pp. 2–6.
- [12] Kastowo and Suwarna, N. (1996) Peta Geologi Lembar Majenang, Jawa. Pusat Survei Geologi, Bandung.
- [13] Febriansyah, A., Aribowo, Y. and Widiarso, A. (2014). Geologi, Alterasi F dan Mineralisasi Daerah Onto dan Sekitarnya, Kecamatan Hu'u, Kabupaten Dompu, Nusa Tenggara Barat. *Geology Engineering E-Journal*, vol. 6, no. 2, pp. 1–15.

- [14] Noor, D. (2009). *Pengantar Geologi*, Bogor. CV. Graha Ilmu.
- [15] Suhartono, N. (2012). Pola Sistem Panas dan Jenis Geothermal dalam Estimasi Cadangan Daerah Kamojang', *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2012.
- [16] Iswahyudi, S., Permanajati, I., Setijadi, R., Zaenurrohman, J. A. and Pamungkas, M. A. (2020). Origin of Geothermal Water Around Slamet Volcano, Paguyangan, Cipari, Central Java, Indonesia. *Journal Geoscience Engineering Environmental Technology*, vol. 5, no. 4, pp. 206–210, doi: 10.25299/jgeet.2020.5.4.4112.
- [17] Prawiranegara, D. A. R., Hakim, A. L., Saputra, F. E., Alya, R. T., Siamashari, M. A., Agariska, E. S., and Meninta, K. (2015). A Consideration of Buaran, Bantarkawung, and Paguyangan Hotspring Manifestations: Implications to Geothermal System in Brebes Area, Central Java. in *Proceedings Indonesia International Geothermal Convention and Exhibition 2015*, pp. 1–12.
- [18] Oktoberiman, D. A. Ramadhan, R. Tawakal, and Rizki, F. (2014). Indikasi Zona Outflow dari Sistem Panas Bumi Daerah Bantarkawung, in *Proceedings PIT IAGI Jakarta 2014*, pp. 16–18.