Jurnal Fisika Unand (JFU)
Vol. 14, No. 5, September 2025, hal. 435 – 443
ISSN: 2302-8491 (Print); 2686-2433 (Online)
https://doi.org/10.25077/jfu.14.5.435-443.2025

Open Access

Pemodelan Bawah Permukaan Daerah Vulkanik Jawa Tengah berdasarkan Data Magnetik EMAG2-V3

Sheren Aurellya Herbianto[1], Rina Dwi Indriana[2*], Muhammad Irham Nurwidiyanto[2]
[1] Post Graduate Student, Physics Department, Faculty of Science and Mathematics, Diponegoro University, Semarang, Indonesia
[2]Physics Department, Faculty of Science and Mathematics, Diponegoro University, Semarang, Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:
Diajukan: 4 Juni 2025
Direvisi: 1 Agustus 2025
Diterima: 29 Agustus 2025

Kata kunci:
Bawah Permukaan
Geofisika
Magnetik EMAG2-V3
Suseptibilitas Batuan
Vulkanik

ABSTRAK

Salah satu akibat dari tumbukan Lempeng Indo-Australia dan Eurasia menyebabkan terbentuknya zona vulkanik aktif di Pulau Jawa. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sifat kemagnetan bawah permukaan daerah vulkanik Jawa Tengah berdasarkan data magnetik EMAG2-V3. Data magnetik yang digunakan direduksi ke kutub (RTP) guna menghilangkan efek inklinasi dan deklinasi medan magnet, sehingga menghasilkan anomali yang lebih simetris terhadap sumbernya. Selanjutnya, dilakukan pemisahan anomali magnetik untuk memperoleh komponen regional dan residual. Anomali residual yang dihasilkan kemudian dianalisis lebih lanjut melalui pemodelan inversi dua dimensi guna memetakan distribusi suseptibilitas magnetik bawah permukaan. Hasil interpretasi menunjukkan bahwa nilai anomali magnetic residual berkisar antara -260 hingga 340 nT. Sementara itu, hasil pemodelan inversi mengungkapkan bahwa nilai suseptibilitas bawah permukaan bervariasi antara -10×10^{-4} hingga 20×10^{-4} CGS. Nilai suseptibilitas rendah umumnya ditemukan pada tubuh gunung api aktif seperti Gunung Merapi, Merbabu, dan Sumbing, yang mengindikasikan keberadaan zona alterasi hidrotermal dan kantong magma. Di sisi lain, nilai suseptibilitas banyak dijumpai di lereng gunung, yang diasosiasikan dengan keberadaan batuan vulkanik segar yang kaya akan mineral feromagnetik. Temuan ini menunjukkan bahwa analisis anomali magnetik dapat menjadi metode yang efektif dalam mengungkap litologi dan struktur geologi bawah permukaan secara regional.

Keywords:
Subsurface
Geophysics
Magnetic EMAG2-V3
Rock susceptibility
Volcanic

Penulis Korespondensi:
Rina Dwi Indriana
Email:
rinadwiindriana@lecturer.undip.ac.id

This study aims to analyze the subsurface magnetic properties of the volcanic region in Central Java based on EMAG2-V3 magnetic data. The magnetic data were reduced to the pole (RTP) to eliminate the effects of magnetic field inclination and declination, resulting in anomalies that are more symmetric with respect to their sources. Subsequently, magnetic anomaly separation was performed to obtain the regional and residual components. The resulting residual anomalies were further analyzed through two-dimensional inversion modeling to map the distribution of subsurface magnetic susceptibility. The interpretation results indicate that the residual magnetic anomalies range from -260 to 340 nT. Meanwhile, the inversion modeling reveals that subsurface susceptibility values vary from -10×10^{-4} to 20×10^{-4} CGS. Low susceptibility values are generally found in active volcanic bodies such as Mount Merapi, Merbabu, and Sumbing, indicating the presence of hydrothermal alteration zones and magma pockets. On the other hand, higher susceptibility values are mostly found on mountain slopes, associated with the presence of fresh volcanic rocks rich in ferromagnetic minerals. These findings suggest that magnetic anomaly analysis can be an effective method for revealing lithology and subsurface geological structures on a regional scale.

Copyright © 2025 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Pulau Jawa merupakan salah satu kawasan paling aktif secara tektonik di Indonesia karena berada pada zona tumbukan antara Lempeng Indo-Australia dan Lempeng Eurasia. Proses subduksi antar lempeng ini memicu terbentuknya system geologi yang kompleks, termasuk jalur magmatic, jalur subduksi, kerak akresi, serta beragam cekungan muka busur dan cekungan belakang (Abdelrahman et al., 2024). Secara regional, Jawa Barat dan Jawa Tengah bagian utara berada di dekat kerak benua, sementara bagian selatan tersusun atas kerak samudera hasil proses akresi yang berlangsung secara terus menerus (Acosta et al., 2023).

Provinsi Jawa Tengah menjadi wilayah yang sangat penting dalam kajian geologi, karena merupakan zona transisi langsung antara kerak benua dan kerak samudera. Hal ini menjadikan Jawa Tengah sebagai lokasi ideal untuk mempelajari struktur bawah permukaan yang kompleks. Wilayah ini memiliki beberapa deretan gunung api seperti Gunung Prau, Gunung Sindoro, Gunung Sumbing, Gunung Ungaran, Gunung Telomoyo, Gunung Merbabu, dan Gunung Merapi (Cocchi et al., 2021; Fadila et al., 2020). Aktivitas vulkanik dari sebaran gunung api tersebut berhubungan erat dengan sistem tektonik regional seperti Sesar Baribis Kendeng (beserta segmen-segmennya seperti di Pekalongan, Weleri, Semarang, dan Rawapening), Sesar Ungaran, dan Sesar Merapi – Merbabu (Finlay et al., 2015; Gao et al., 2022). Struktur sesar ini terbentuk akibat dinamika tektonika regional serta interaksi antar pergerakan lempeng.

Berbagai penelitian geofisika telah dilakukan dalam memahami bawah permukaan seperti struktur vulkanik maupun tektonik. Lei et al., (2022), membuat intepretasi struktur bawah permukaan di Longmenshan, Tiongkok, menggunakan data magnetic dengan pendekatan reduksi ke kutub (RTP) dan power spectrum sehingga dihasilkan garis batas basement pada kedalaman 30 – 52 km. Studi lainnya juga menggunakan data magnetik yang diolah melalui analisis *derivative* untuk pemetaan struktur geologi dan evolusi tektonik di Arabia Tengah, Arab Saudi Abdelrahman et al., (2024). Acosta et al., (2023), juga menggunakan data magnetic untuk membuat pemodelan Kerak Estonia, hasilnya nilai magnetic yang memiliki kontras tinggi menunjukkan batas zona deformasi.

Namun, di Indonesia khususnya wilayah Provinsi Jawa Tengah, penggunaan data magnetik secara regional masih terbatas. Salah satu data magnetic global yang memiliki resolusi tinggi namun belum banyak dimanfaatkan di daerah ini adalah EMAG2-V3. Data ini merupakan hasil kompilasi data magnetik global dengan resolusi spasial 2 *arc minutes* yang mencakup seluruh wilayah di dunia, sehingga sangat mendukung untuk interpretasi secara regional (Grandis, 2009). Proses kompilasi data magnetic yang berasal dari survei laut, survei udara, dan survei darat mencakup beberapa proses analisis matematis yang sangat ketat. Proses ini dimulai dari koreksi medan magnet utama, koreksi medan magnet eksternal, koreksi panjang gelombang untuk menghilangkan noise, dan memfilter nilai outlier (Jiao et al., 2025; Julian Alfing et al., 2021). Kompilasi data magnetic EMAG2-V juga dilakukan sangat hati-hati dengan memprioritaskan data magnetic terbaik yang memiliki resolusi tinggi. Selain itu, setiap grid juga memiliki nilai estimasi error, yang dihitung dari tiga komponen yaitu error pengukuran survei, error akibat *leveling grid*, dan eror akibat koreksi medan regional. Informasi ini penting untuk menginformasikan pengguna tentang kualitas data dan ketidakpastiannya (Kebede et al., 2020). Serangkaian proses tersebut, menjadikan EMAG2-V3 memiliki keunggulan yang terletak pada kestabilan data, cakupan global yang konsisten, serta kemampuannya dalam menampilkan anomaly magnetic yang halus maupun kontras yang tinggi. Keunggulan tersebut, sangat mendukung untuk studi geofisika khususnya dalam mengidentifikasi struktur geologi dan batas formasi batuan.

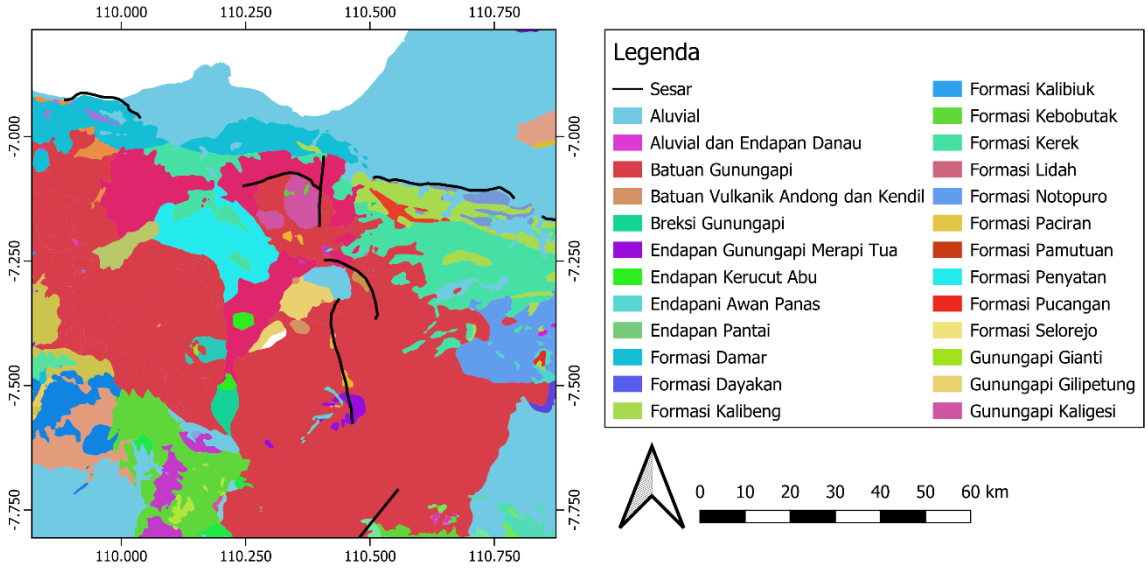
Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan struktur bawah permukaan daerah vulkanik di Jawa Tengah dengan memanfaatkan data magnetik EMAG2-V3. Data ini diolah melalui serangkaian tahapan analisis seperti reduksi ke kutub (RTP), pemisahan anomali regional dan residual, dan pemodelan 2D. Penelitian ini menjadi penyempuran dari penelitian terdahulu seperti Wijaya et al., (2016) yang mengidentifikasi sumber panas bumi berdasarkan geomagnetik di Kabupaten Klaten, Resimeng et al., (2024) mengamati anomali magnetik di Gunung Ungaran, dan Hanatha & Hamid (2024) menggunakan metode geomagnetik untuk menggambarkan potensi panas bumi di Kawasan Candi Umbul – Telomoyo. Meskipun memberikan kontribusi penting, penelitian-penelitian tersebut pada umumnya berfokus pada wilayah kecil dan terfragmentasi. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi data geomagnetic global untuk menganalisis kawasan vulkanik Jawa secara regional yang belum pernah dilakukan sebelumnya. Data EMAG2-V3 memungkinkan interpretasi model bawah permukaan yang lebih

menyeluruh dan konsisten, sehingga mengungkap keterkaitan antar sistem vulkanik dalam konteks geologi secara menyeluruh. Selain itu, hasil penelitian juga berkontribusi dalam memberikan dasar ilmiah sebagai upaya mitigasi bencana vulkanik, gempa bumi, dan menjadi referensi awal untuk eksplorasi sumber daya panas bumi.

II. METODE

2.1 Wilayah Penelitian dan Sumber Data

Daerah penelitian mencakup sebagian besar wilayah Jawa Tengah. Batas barat adalah Kabupaten Kendal dan Temanggung, batas timur adalah Kabupaten Demak dan Grobogan, batas utara adalah pantai utara, batas selatan adalah Kabupaten Magelang dan Boyolali. Data magnetic yang digunakan adalah EMAG2-V3 yang merupakan data kompilasi berasal dari data survei darat, survei laut, dan survei udara, serta data satelit. Gambar 1 adalah peta geologi daerah penelitian.



Gambar 1 Peta geologi daerah penelitian (Modifikasi dari Indonesia Geospastial Shapefile Map)

2.2 Tahapan Pengolahan Data

EMAG2-V3 merupakan kompilasi lebih dari 50 juta data. Grid data dilakukan dengan membagi-bagi data menjadi 21 tile geografis. Data kemudian diupward ke ketinggian 4 km dengan resoluso spasial 2 arc min melalui perangkat lunak Oasis Montaj menggunakan model MF7 sebagai acuan anomali panjang gelombang. Selanjutnya, data magnetic di permukaan didapatkan dengan menghilangkan komponen medan magnet inti bumi dan medan magnet eksternal melalui persamaan (1) (Kebede et al., 2020).

$$dF = F_{measured} - F_{core} - \frac{\overline{B_{core}}}{\left\|\overline{B_{core}}\right\|} \cdot \overline{B_{ext}} \tag{1}$$

dengan $F_{measured}$ adalah nilai total medan magnet yang diukur langsung, F_{core} adalah nilai medan magnet bumi utama, B_{core} adalah vektor medan magnet inti bumi, dan B_{ext} vektor medan magnet eksternal.

$$U(x, y, z_0 - \Delta z) = \frac{\Delta z}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{U(x', y', z_0')}{\left[(x - x')^2 - (y - y')^2 + \Delta z^2\right]^{3/2}} dx' dy' \tag{2}$$

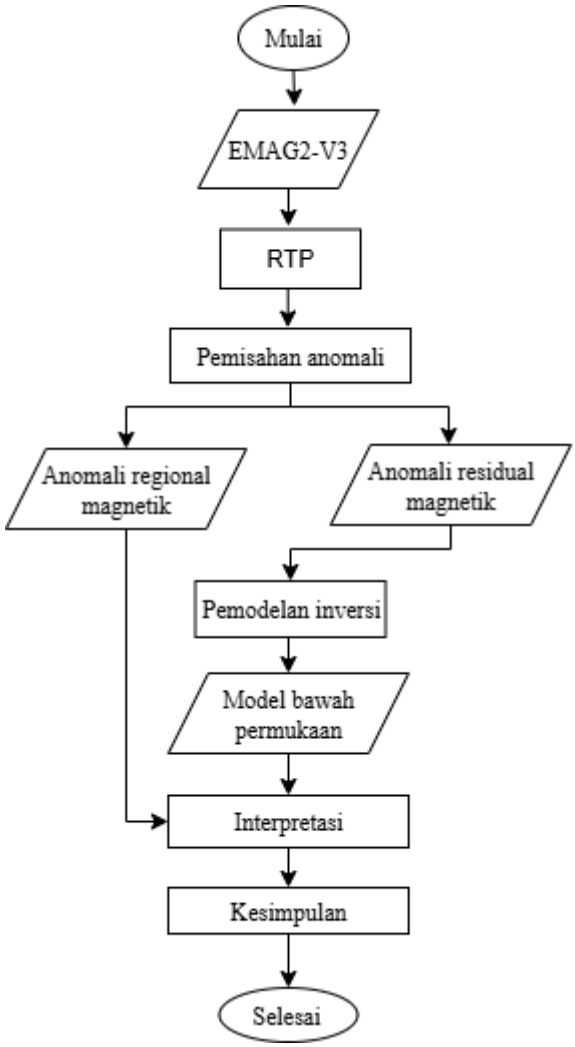
Data magnetic EMAG2-V3 dilakukan reduksi ke kutub agar anomali magnetic yang terbaca lebih merepresentatiskan posisi sumber magnet yang sebenarnya (Lei et al., 2022). Hasil RTP akan dipisahkan juga menjadi anomali regional dan residual. Proses pemisahan anomali melalui metode

upward continuation secara matematis ditunjukkan pada persamaan (2) dengan ketentuan $\Delta z>0$(Maus et al., 2008).

Selanjutnya, data residual digunakan untuk membuat model bawah permukaan melalui proses inversi. Proses pemodelan adalah estimasi terhadap model dan parameternya, berdasarkan data hasil pengukuran di permukaan bumi. Proses inversi dapat diformulasikan secara matematis, di mana model merupakan bentuk formulasi yang mampu merepresentasikan sistem geofisika yang dikaji. Pemodelan inversi mengacu pada persamaan (3) (Meyer et al., 2017).

$$d_i = \int_0^z K_i(z)\,p(z)\,dz \tag{3}$$

dengan d_i adalah data yang diukur, $p(z)$ adah fungsi yang berkaitan dengan parameter fisis, $K_i(z)$ adalah fungsi kernel.



Gambar 2 Diagram alir penelitian

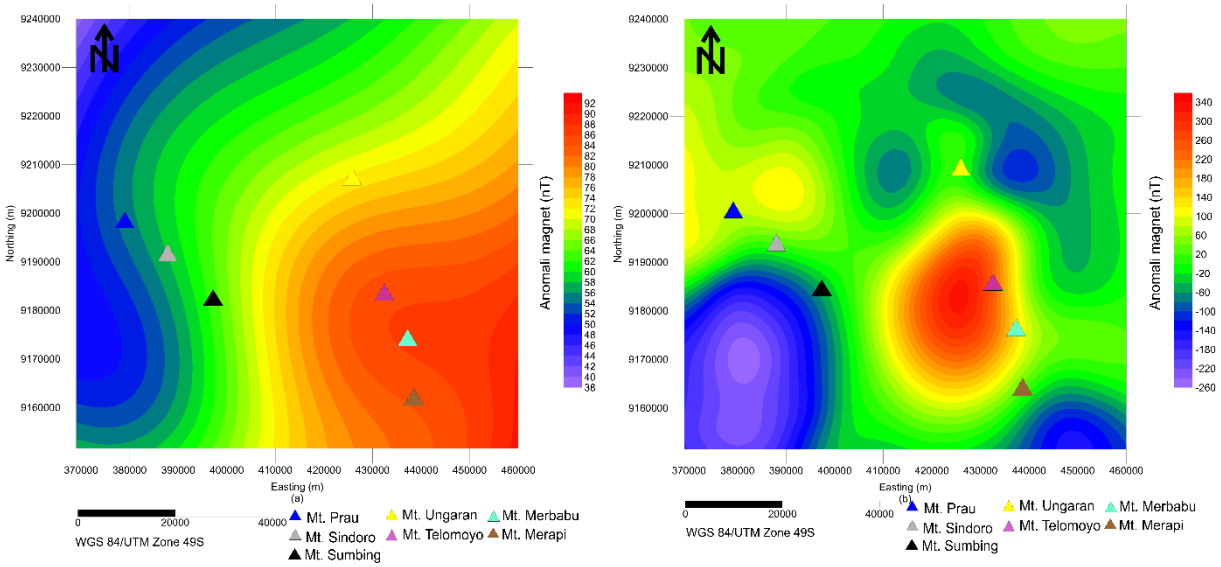
Secara singkat, proses pengolahan data ditunjukkan pada Gambar 2. Data magnetik global EMAG2-V3 terlebih dahulu dilakukan RTP agar sumber magnet yang awalnya bersifat dipol menjadi monopole, sehingga anomali yang terbaca tepat di atas sumbernya. Data yang telah RTP kemudian diproses melalui pemisahan anomali, dalam hal ini menggunakan metode *upward continuation*. Proses ini menghasilkan anomali regional dan residual. Anomali regional merupakan anomali yang diakibatkan oleh sumber magnet yang dalam, sedangkan anomali residual adalah anomali yang diakibatkan oleh sumber magnet dangkal. Anomali magnet residual diolah melalui pemodelan inversi untuk mendapatkan model 2D bawah permukaan. Inversi dilakukan dengan membuat sayatan arah utara selatan dan timur

laut. Selanjutnya dilakukan interpretasi untuk menganalisis arti geologi dari model maupun dari anomali residual dan regional, sehingga dapat ditarik sebuah kesimpulan.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Anomali Regional dan Residual

Anomali regional dan residual didapatkan melalui metode *upward continuation*. Anomali regional (Gambar 3(a)) memiliki rentang nilai 38 hingga 92 nT dengan arah barat laut tenggara. Anomali residual (Gambar 3(b)) menunjukkan rentang nilai -260 hingga 340 nT yang ditandai dengan variasi warna berbeda-beda. Warna merah pada anomali residual menunjukkan anomali tinggi ditemukan di sekitar kompleks pegunungan yang menghubungkan Gunung Prau dan Gunung Sindoro serta di deretan Gunung Telomoyo hingga Gunung Merapi, sedangkan warna biru menunjukkan anomali rendah yang mengelilingi Gunung Sumbing, Gunung Ungaran, dan selatan Gunung Merapi. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Patria & Aulia (2020) dan Permana et al (2024) yang menyatakan rendahnya anomali magnetik disebabkan oleh keberadaan aliran hidrotermal yang menyebabkan batuan kehilangan sifat magnetiknya.

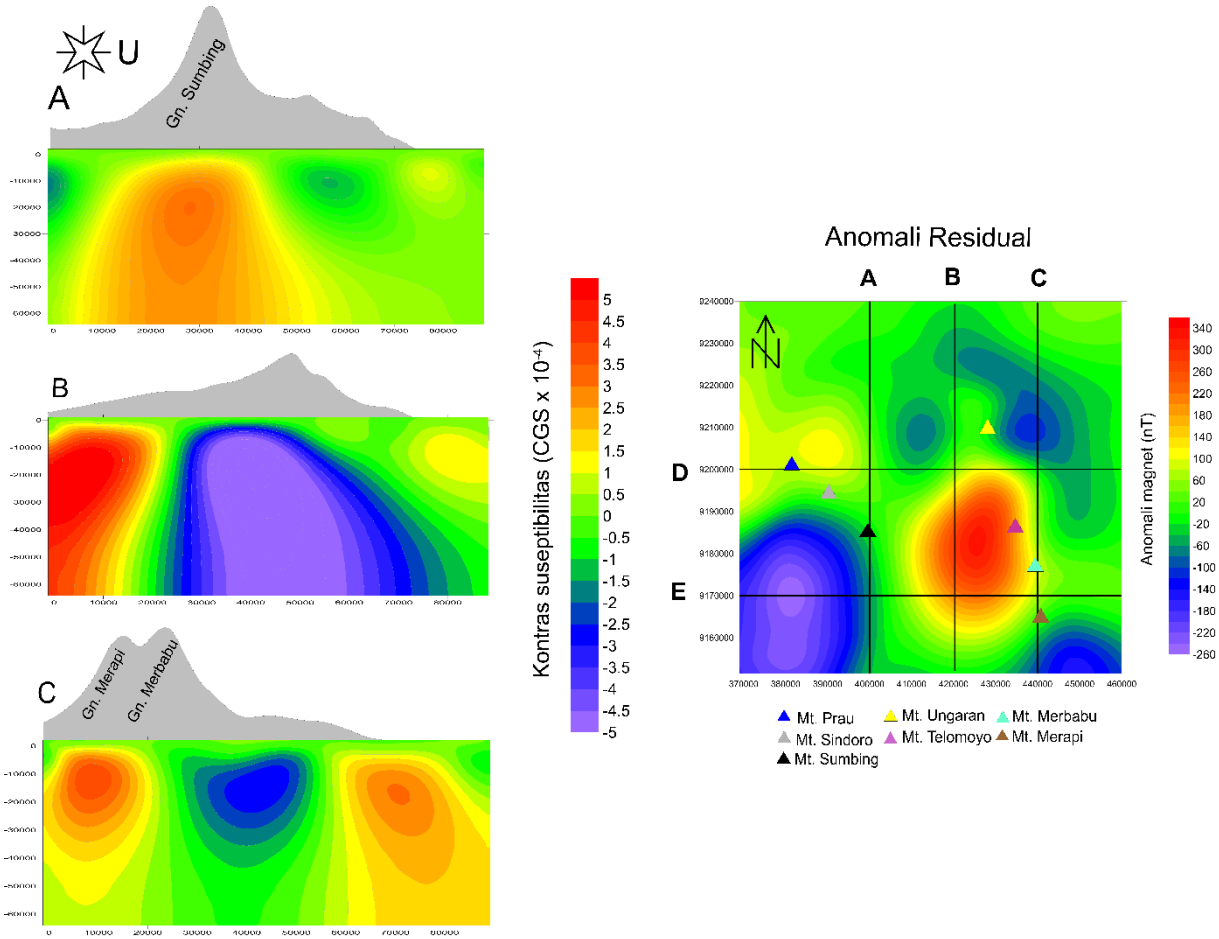


Gambar 3 (a) Peta kontur regional (b) Peta kontur residual

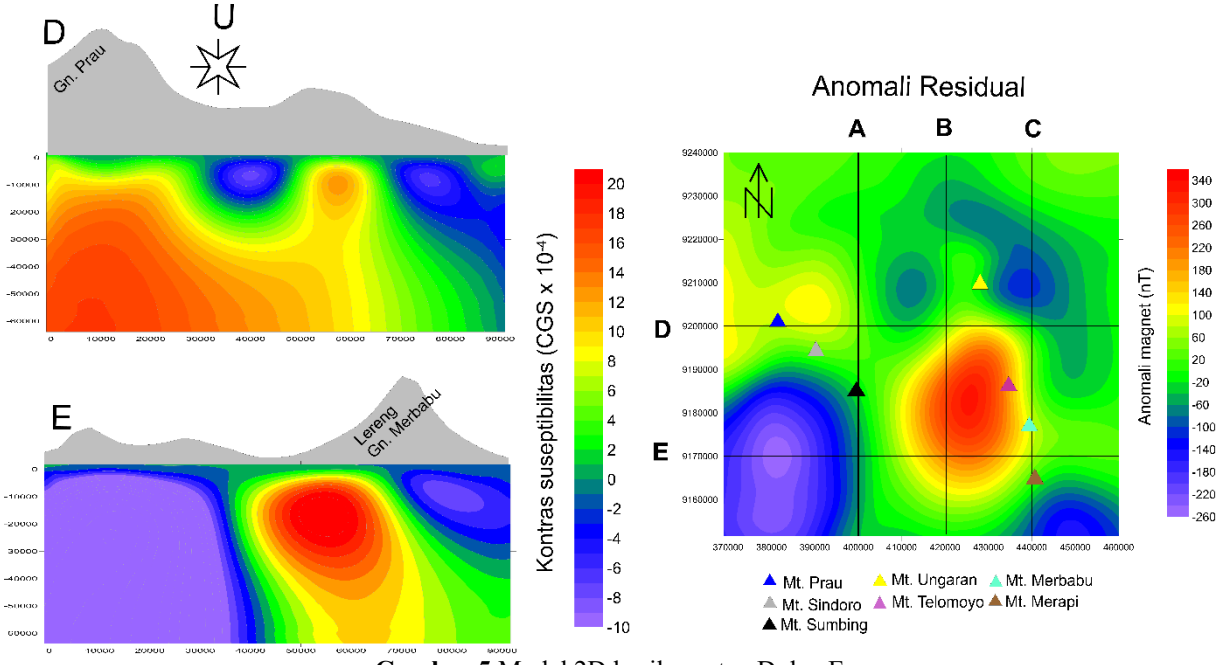
3.2 Model Bawah Permukaan

Model bawah permukaan diperoleh dengan melakukan inversi pada data residual dengan melakukan 3 sayatan vertikal dan 2 sayatan horizontal. Hasil model 2D bawah permukaan dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5. Gambar 4 mengindikasikan sejumlah zona dengan nilai suseptibilitas magnetik rendah dengan nilai -5 hingga -1 × 10^{-4} CGS, salah satunya terlihat pada sayatan B dan C, yang terletak di wilayah barat Gunung Telomoyo dan sebelah utara Gunung Merapi - Merbabu. Berdasarkan interpretasi peta geologi, area ini didominasi oleh endapan Merapi Tua yang telah mengalami proses alterasi hidrotermal. Proses ini berkontribusi signifikan terhadap reduksi mineral feromagnetik, seperti magnetit, yang berperan penting dalam peningkatan respon magnetik batuan. Suseptibilitas rendah juga ditemukan di sayatan A bagian utara, mengindikasikan adanya endapan aluvial Pantai Utara Jawa. Endapan alluvial secara alami memiliki kandungan mineral magnetik yang rendah.

Suseptibilitas rendah juga ditemukan pada sayatan D dan E (Gambar 5) dengan nilai -10 hingga 0 × 10^{-4} CGS, yang mencakup wilayah bawah permukaan sebelah timur Gunung Prau dan Gunung Merbabu. Rendahnya nilai suseptibilitas di area tersebut mengindikasikan adanya batuan vulkanik yang mengalami proses alterasi hidrotermal. Proses hidrotermal di tubuh gunung api memberikan pengaruh signifikan terhadap karakteristik magnetik batuan. Keberadaan kantong magma biasanya disertai oleh sistem hidrotermal yang aktif, yang mampu memicu proses alterasi terhadap batuan sekitarnya, sehingga menyebabkan hilangnya sifat kemagnetan alami pada batuan tersebut.



Gambar 4 Model 2D hasil sayatan A, B, dan C



Gambar 5 Model 2D hasil sayatan D dan E

Sebaliknya, nilai suseptibilitas tinggi ditemukan pada sayatan A, tepatnya di lereng timur Gunung Sumbing, serta pada sayatan B di sebelah selatan, dan sayatan C di bawah Gunung Merapi dan Merbabu. Nilai tinggi ini menunjukkan keberadaan batuan vulkanik yang kaya akan mineral magnetik, seperti magnetit dan ilmenite. Fenomena serupa juga terlihat di sayatan D dan E tepatnya di bawah

Gunung Prau dan lereng barat Gunung Merbabu, yang memperkuat dugaan adanya intrusi atau aliran lava yang belum mengalami proses alterasi signifikan.

IV. KESIMPULAN

Pemanfaatan data magnetik EMAG2-V3 berhasil mengungkap persebaran anomali magnetik di wilayah vulkanik Jawa Tengah secara regional. Anomali magnetik tinggi pada data residual dengan nilai 180 – 340 nT umumnya teridentifikasi di wilayah pegunungan yang didominasi oleh batuan vulkanik segar, sedangkan anomali rendah dengan nilai -200 – -20 nT cenderung ditemukan pada batuan vulkanik yang telah mengalami proses alterasi. Hasil pemodelan dua dimensi menunjukkan distribusi nilai suseptibilitas bawah permukaan yang bervariasi. Nilai suseptibilitas tinggi ($10 – 20 \times 10^{-4}$ CGS) banyak dijumpai di sekitar tubuh gunung api aktif, yang mengindikasikan keberadaan batuan vulkanik dengan kandungan mineral feromagnetik tinggi. Sebaliknya, nilai suseptibilitas rendah ($-5 – 10 \times 10^{-4}$ CGS) terdeteksi di bawah zona gunung api dan daerah aluvial, yang mengindikasikan kemungkinan keberadaan kantong magma, zona alterasi hidrotermal, atau endapan lepas non-magnetik.

DAFTAR PUSTAKA

Abdelrahman, K., Viet Nguyen, D., Prasad, K. N. D., Thanh Vo, Q., Van Le, D., Thanh Pham, L., Gomez-Ortiz, D., Fnais, M. S., & Eldosouky, A. M. (2024). Structural mapping of the west central Arabian Shield (Saudi Arabia) using downward continued magnetic data. *Journal of King Saud University - Science*, *36*(2), 103039. https://doi.org/10.1016/j.jksus.2023.103039

Acosta, J. D. S., Soesoo, A., & Hints, R. (2023). New insights of the crustal structure across Estonia using satellite potential fields derived from WGM-2012 gravity data and EMAG2v3 magnetic data. *Tectonophysics*, *846*, 229656. https://doi.org/10.1016/j.tecto.2022.229656

Cocchi, L., Caratori Tontini, F., Muccini, F., & Ronde, C. E. J. de. (2021). Magnetic Expression of Hydrothermal Systems Hosted by Submarine Calderas in Subduction Settings: Examples from the Palinuro and Brothers Volcanoes. *Geosciences*, *11*(12), 504. https://doi.org/10.3390/geosciences11120504

Fadila, M. R., Rifai, H., Ningsih, E. D., Putra, R., Maisonneuve, C. B. de, Forni, F., Eisele, S., & Phua, M. (2020). Magnetic susceptibility of pre- and post caldera lavas from Maninjau, West Sumatra. *Journal of Physics: Conference Series*, *1481*(1), 012017. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1481/1/012017

Finlay, C. C., Olsen, N., & Clausen, L. T. (2015). DTU candidate field models for IGRF-12 and the CHAOS-5 geomagnetic field model. *Earth, Planets and Space*, *67*(1), 114. https://doi.org/10.1186/s40623-015-0274-3

Gao, P., Nie, J., Breecker, D. O., Gallagher, T., Serach, L., & Alonso-Zarza, A. M. (2022). Similar Magnetic Enhancement Mechanisms Between Chinese Loess and Alluvial Sediments From the Teruel Basin, NE Spain, and Paleoclimate Implications. *Geophysical Research Letters*, *49*(6), 1–14. https://doi.org/10.1029/2021GL096977

Grandis, H. (2009). *Pengantar Pemodelan Inversi Geofisika*. Himpunan Ahli Geofisika Indonesia (HAGI).

Hanatha, F. D., & Hamid, H. (2024). Integrasi Metode Gravity dan Metode Geomagnetik Menggunakan Dekonvolusi Euler untuk Delineasi Struktur pada Sistem Panas Bumi di Kawasan Candi Umbul-Telomoyo, Magelang, Jawa Tengah. *Jurnal Geosains Dan Teknologi*, *7*(1), 19–28. https://doi.org/10.14710/jgt.7.1.2024.19-28

Jiao, L., Tu, J., Lei, Y., Zhao, J., & Wang, W. (2025). Crustal magnetic structure and implications for the Eastern Himalayan Syntaxis revealed by EMAG2-v3. *Tectonophysics*, *896*(12), 230608. https://doi.org/10.1016/j.tecto.2024.230608

Abdelrahman, K., Viet Nguyen, D., Prasad, K. N. D., Thanh Vo, Q., Van Le, D., Thanh Pham, L., Gomez-Ortiz, D., Fnais, M. S., & Eldosouky, A. M. (2024). Structural mapping of the west central Arabian Shield (Saudi Arabia) using downward continued magnetic data. *Journal of King Saud University - Science*, *36*(2), 103039. https://doi.org/10.1016/j.jksus.2023.103039

Acosta, J. D. S., Soesoo, A., & Hints, R. (2023). New insights of the crustal structure across Estonia using satellite potential fields derived from WGM-2012 gravity data and EMAG2v3 magnetic data. *Tectonophysics*, *846*, 229656. https://doi.org/10.1016/j.tecto.2022.229656

Cocchi, L., Caratori Tontini, F., Muccini, F., & Ronde, C. E. J. de. (2021). Magnetic Expression of Hydrothermal Systems Hosted by Submarine Calderas in Subduction Settings: Examples from the Palinuro and Brothers Volcanoes. *Geosciences*, *11*(12), 504. https://doi.org/10.3390/geosciences11120504

Fadila, M. R., Rifai, H., Ningsih, E. D., Putra, R., Maisonneuve, C. B. de, Forni, F., Eisele, S., & Phua, M. (2020). Magnetic susceptibility of pre- and post caldera lavas from Maninjau, West Sumatra. *Journal of Physics: Conference Series*, *1481*(1), 012017. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1481/1/012017

Finlay, C. C., Olsen, N., & Clausen, L. T. (2015). DTU candidate field models for IGRF-12 and the CHAOS-5 geomagnetic field model. *Earth, Planets and Space*, *67*(1), 114. https://doi.org/10.1186/s40623-015-0274-3

Gao, P., Nie, J., Breecker, D. O., Gallagher, T., Serach, L., & Alonso-Zarza, A. M. (2022). Similar Magnetic Enhancement Mechanisms Between Chinese Loess and Alluvial Sediments From the Teruel Basin, NE Spain, and Paleoclimate Implications. *Geophysical Research Letters*, *49*(6), 1–14. https://doi.org/10.1029/2021GL096977

Grandis, H. (2009). *Pengantar Pemodelan Inversi Geofisika*. Himpunan Ahli Geofisika Indonesia (HAGI).

Hanatha, F. D., & Hamid, H. (2024). Integrasi Metode Gravity dan Metode Geomagnetik Menggunakan Dekonvolusi Euler untuk Delineasi Struktur pada Sistem Panas Bumi di Kawasan Candi Umbul-Telomoyo, Magelang, Jawa Tengah. *Jurnal Geosains Dan Teknologi*, *7*(1), 19–28. https://doi.org/10.14710/jgt.7.1.2024.19-28

Jiao, L., Tu, J., Lei, Y., Zhao, J., & Wang, W. (2025). Crustal magnetic structure and implications for the Eastern Himalayan Syntaxis revealed by EMAG2-v3. *Tectonophysics*, *896*(12), 230608. https://doi.org/10.1016/j.tecto.2024.230608

Julian Alfing, Bröcker, M., & Setiawan, N. I. (2021). Rb–Sr geochronology of metamorphic rocks from the Central Indonesian Accretionary Collision Complex: Additional age constraints for the Meratus and Luk Ulo complexes (South Kalimantan and Central Java). *Lithos*, *388–389*, 105971. https://doi.org/10.1016/j.lithos.2021.105971

Kebede, H., Alemu, A., & Fisseha, S. (2020). Upward continuation and polynomial trend analysis as a gravity data decomposition, case study at Ziway-Shala basin, central Main Ethiopian rift. *Heliyon*, *6*(1). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03292

Lei, Y., Jiao, L., Tu, J., Zhao, J., & Huang, Q. (2022). Magnetic Structure and its Tectonic Implication Around Longmenshan Fault Zone Revealed by EMAG2v3. *Frontiers in Earth Science*, *10*(3), 1–17. https://doi.org/10.3389/feart.2022.848824

Maus, S., Yin, F., Lühr, H., Manoj, C., Rother, M., Rauberg, J., Michaelis, I., Stolle, C., & Müller, R. D. (2008). Resolution of direction of oceanic magnetic lineations by the sixth-generation lithospheric magnetic field model from CHAMP satellite magnetic measurements. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, *9*(7), 1–10. https://doi.org/10.1029/2008GC001949

Meyer, B., Chulliat, A., & Saltus, R. (2017). Derivation and Error Analysis of the Earth Magnetic Anomaly Grid at 2 arc min Resolution Version 3 (EMAG2v3). *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, *18*(12), 4522–4537. https://doi.org/10.1002/2017GC007280

Patria, A., & Aulia, A. N. (2020). Structural And Earthquake Evaluations Along Java Subduction Zone, Indonesia. *RISET Geologi Dan Pertambangan*, *30*(1), 65–79. https://doi.org/10.14203/risetgeotam2020.v30.1074

Permana, N. R., Fadrian, D. F., Gunawan, B., & Wulandari, A. (2024). Distribution of Geological Structures on Java Island Based on Derivative Analysis of Satellite Gravity Data. *Jurnal Penelitian Fisika Dan Aplikasinya (JPFA)*, *14*(2), 154–168. https://doi.org/10.26740/jpfa.v14n2.p154-168

Resimeng, S., Wijayanti, D., Rahmawati, L., Istikomah, A., & Wibowo, R. C. (2024). Teknik Pemisahan Anomali Magnetik Residual-Regional Berbasis Matlab: Studi Kasus Gunung Ungaran. *Jurnal Geosaintek*, *10*(1), 40–50. https://doi.org/10.12962/j25023659.v10i1.18572

Wijaya, F. R., Putra, W., Haekal, M. B. N., & Arasyi, N. (2016). Identifikasi Keberadaan Heat Source Menggunakan Metode Geomagnetik Pada Daerah Tlogowatu, Kecamatan Kemalang, Kabupaten Klaten, Provinsi Jawa Tengah. *Prosiding Seminar Nasional XI "Rekayasa Teknologi Industri Dan Informasi 2016 Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta*, *11*.