

Rekonstruksi Prospek Endapan Mineralisasi di Kaligesing: Pendekatan Terintegrasi Geologi, Geomagnetik dan Gravitasi Satelit

Haris Muhlisin¹, Muhammad Alfa Nur Hani¹ dan Akmal Nazla Falahi¹

¹Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta

*Email: . harismuhlisin27@gmail.com

Submit: 5 Agustus 2025; Revised: 29 Agustus 2025; Accepted: 9 September 2025

Abstrak: Kehadiran struktur geologi dan posisinya sebagai fasies pusat pada daerah tengah Pegunungan Menoreh menyebabkan berkembangnya alterasi dan mineralisasi di bagian batuan intrusi andesit. Selain itu daerah fasies pusat/central ini sebagai tempat terbentuknya batuan ubahan epidot-klorit kalsit di sisi barat Gunung Gajah yakni di daerah Kaligesing. Penelitian ini menyelidiki potensi mineralisasi di daerah Kaligesing, Purworejo, Jawa Tengah dengan mengintegrasikan data geofisika gravitasi dan magnetik. Metode gravitasi satelit (GGMPlus) sebagai survei awal dilakukan di area seluas 7×8 km yang mengidentifikasi titik penelitian berdasarkan nilai densitas. Survei geomagnetik yang lebih rinci kemudian dilakukan di plot seluas 3×4 km dengan 248 titik akuisisi yang diukur. Hasil metode gravitasi menunjukkan nilai Anomali Bouguer Lengkap (CBA) berkisar antara 96,9 hingga 128,7 mGal dengan nilai tinggi di bagian barat dan nilai sedang hingga rendah di bagian timur. Variasi ini menunjukkan perbedaan densitas batuan dan potensi kontrol struktural terhadap mineralisasi. Survei geomagnetik mengungkapkan nilai Intensitas Magnetik Total (TMI) berkisar antara -102,7 hingga 584,1 nT dengan daerah bersuseptibilitas tinggi (584,1 hingga 220,3 nT) yang menunjukkan zona-zona yang kaya mineral potensial. Peta *Reduce to Pole* (RTP) mengungkapkan struktur sesar yang berorientasi utara-selatan dan barat laut-tenggara. Peta filter *Total Horizontal Gradient* (THG) dan *Tilt Angle* (TA) menyoroti batas anomali yang menunjukkan sesar-sesar yang mengontrol mineralisasi. Metode geofisika yang terintegrasi dengan data geologi ini secara efektif memetakan struktur-struktur pengendali dan saling menguatkan interpretasi, yang membantu dalam mengidentifikasi zona mineralisasi prospektif.

Kata kunci: Mineralisasi, *Tilt Angle*, *Total Horizontal Gradient*, Struktur Geologi, Gravitasi dan Magnetik.

Abstract: The presence of geological structures and its position as a central facies in the central area of the Menoreh Mountains causes the development of alteration and mineralization in the andesite intrusion rocks. In addition, this central facies area is the place where epidote-chlorite-calcite alteration rocks are formed on the west side of Mount Gajah in the Kaligesing area. This study investigates the mineralization potential in Kaligesing area, Purworejo, Central Java by integrating gravity and magnetic geophysical data. A satellite gravity method (GGMPlus) as an initial survey was conducted over an area of 7×8 km identifying study

points based on density values. A more detailed geomagnetic survey was then conducted over a 3×4 km plot with 248 measured acquisition points. Gravity method results show Complete Bouguer Anomaly (CBA) values ranging from 96.9 to 128.7 mGal with high values in the west and moderate to low values in the east. These variations indicate differences in rock density and potential structural controls on mineralization. The geomagnetic survey revealed Total Magnetic Intensity (TMI) values ranging from -102.7 to 584.1 nT with high susceptibility areas (584.1 to 220.3 nT) indicating potential mineral-rich zones. Reduce to Pole (RTP) maps reveal fault structures oriented north-south and northwest-southeast. Total Horizontal Gradient (THG) and Tilt Angle (TA) filter maps highlight anomalous boundaries indicating faults that control mineralization. This geophysical method integrated with geological data effectively maps the controlling structures and corroborates the interpretation, which helps in identifying prospective mineralized zones.

Keywords: Mineralization, *Tilt Angle*, *Total Horizontal Gradient*, Geological Structure, Gravity and Magnetics

1 PENDAHULUAN

Kubah Kulon Progo merupakan kompleks vulkanik tua yang menjadi bagian dari sabuk magmatik pasca Eosen pulau Jawa (Maryono dkk., 2018; Setijadji dkk., 2006) yang terbentuk akibat serangkaian vulkanisme besar, mulai dari magmatisme Kokap, vulkanisme Gajah dan Ijo selama Oligosen, serta diakhiri dengan vulkanisme Menoreh pada Miosen Akhir (Harjanto, 2011; Soeria-Atmadja dkk., 1994; Widagdo dkk., 2018). Produk vulkanisme tersebut kini disebut sebagai formasi andesit tua (OAF; van Bemmelen (1949)), atau formasi Kebobutak (Rahardjo dkk., 2012).

Peta geologi resmi yang telah diterbitkan menunjukkan adanya intrusi-intrusi magmatik di seluruh Kubah Kulon Progo (Rahardjo dkk., 2012), yang dikonfirmasi oleh Harjanto (2011) merupakan intrusi andesit, dasit, dan mikrodiorit. Analisa kelurusan di seluruh Kubah Kulon Progo menunjukkan prospek mineralisasi di beberapa tempat, yaitu Bagelen dan Kokap di tubuh Gunung Ijo, Kaligesing dan Loano di Gunung Gajah, serta Wadas dan Salaman di Gunung Menoreh (Verdiansyah, 2019). Bagelen dan Kokap telah lama diketahui memiliki cadangan mineral terbukti dan telah ditambang secara lokal sejak lama (Harjanto, 2021).

Sedangkan publikasi eksplorasi yang ada baru menunjukkan usaha yang minimum di ketiga asosiasi gunung tua yang ada (Rumahorbo dkk., 2019; Sulistyio dkk., 2019; Yatini dkk., 2022; Dzulfikar dan dkk., 2018), terutama di Gunung Gajah.

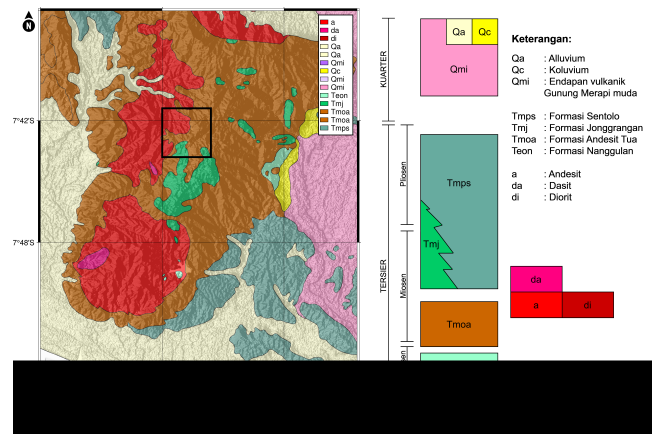
Mineralisasi dan alterasi yang berkembang pada daerah Kaligesing pada batuan induk berupa batuan intrusi andesit, diorit dan mikrodiorit. Batuan induk tersebut terletak pada pusat erupsi terbelakang yang berasosiasi dengan fasies pusta dan proksimal dari setiap gunung yang terbentuk. Karakteristik mineral yang terbentuk pada daerah tersebut berhubungan dengan tipe epitermal sulfidasi rendah hingga tinggi, dengan asosiasi tipe porfiri *Cu-Au* di bawah permukaannya (Verdiansyah dkk., 2020). Kurangnya kajian geofisika pada daerah Kaligesing menjadi salah satu permasalahan karena kurangnya informasi untuk mengetahui kondisi bawah permukaan dalam menentukan struktur geologi yang berkembang pada daerah tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakterisasi endapan mineral yang terdapat pada daerah Kaligesing berdasarkan struktur geologi yang berkembang pada daerah Kaligesing menggunakan Metode Gravitasi Satelit (*GGM Plus*) dan Metode Geomagnetik.

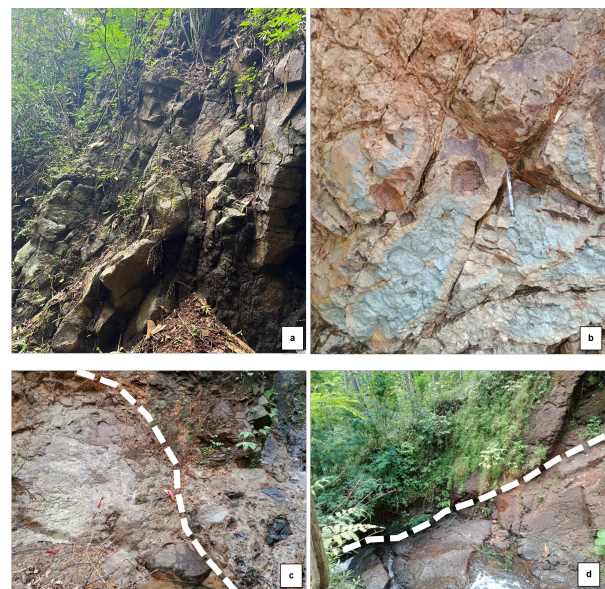
2 GEOLOGI

Pegunungan Kulon Progo merupakan kompleks gunungapi tua yang sebagian besar tersusun atas gumuk, khuluk, dan bregada yang mengalami deformasi (Harjanto, 2011; Hartono, 2010), yang merupakan zona busur pematang tinggi di bagian selatan Jawa Tengah yang dibatasi oleh rangkaian sesar-sesar naik (Suyanto dan Roskamil, 1977). Magmatisme di Pegunungan Kulon Progo terutama aktif pada kala Oligosen-Miosen (van Bemmelen, 1949) dengan sebaran batuan vulkanik yang berarah timur-barat (Harjanto, 2011), yang produknya disebut Formasi Andesit Tua. Pringgoprawiro dan Riyanto (1987) kemudian merevisi dan membagi Formasi Andesit Tua menjadi dua berdasarkan fasiesnya, yaitu Formasi Kaligesing di daratan dan Formasi Dukuh di lautan. Pembagian lebih lanjut dibuat dan ditunjukkan pada peta geologi resmi oleh Rahardjo dkk. (2012) menjadi tiga bagian; Formasi Kebobutak, andesit, dan intrusi dasit. Penelitian terbaru oleh Harjanto (2011) kemudian mendefinisikan vulkanostratigrafi Pegunungan Kulon Progo berdasarkan aktivitas vulkanik yang berasosiasi, mulai dari yang tertua yaitu Khuluk Ijo, Gumuk Kukusan, Khuluk Jonggrangan (atau Gajah dalam Widagdo dkk. (2018)), Gumuk Pencu, dan Khuluk Sigabug. Widagdo dkk. (2018) juga menambahkan satu satuan vulkanik lagi, yaitu vulkanisme pra-Gajah atau Kokap pada Eosen Akhir tepat setelah akhir pengendapan Nanggulan. Stratigrafi lengkap dari Pegunungan Kulon Progo ditunjukkan pada Gambar 1.

Kerangka struktur Jawa yang dihasilkan oleh konvergensi tektonik antara Indo - Australia dengan Eurasia di tepi Sundaland yang disebut Busur Sunda (Hall dan Smyth, 2008; Hamilton, 1979; Katili, 1975), membentuk dua struktur regional Jawa yang berarah barat laut-tenggara dan timur laut-baratdaya (Indranadi dkk., 2011; Satyana, 2007; Satyana dan Purwaningsih, 2002), yang ditafsirkan sebagai patahan mendatar dengan orde kompresi pertama (Situmorang dkk., 1976). Sesar Pamanukan-Cilacap (Arman-



Gambar 1. Geologi dan stratigrafi Pegunungan Kulon Progo, modifikasi dari Rahardjo dkk. (2012). Mn: Menoreh, Pc: Pencu, Gj: Gajah, Ij: Ijo, Ks: Kukusan. Satuan vulkanostratigrafi diambil dari Harjanto (2011), Rahardjo dkk. (2012), dan Widagdo dkk. (2018).



Gambar 2. Struktur yang umum dijumpai: (a) kekar tiang, (b) kekar, (c) breksiasi, dan (d) sesar.

dita dkk., 2009; Satyana, 2007) telah dikenal secara luas sebagai bagian barat dari sesar regional ini (tren barat laut-tenggara), tetapi tren timur laut-baratdaya masih dalam perdebatan. Satyana (2005) menamakan tren ini sebagai Sesar Kebumen-Muria, sedangkan Smyth dkk. (2005) mendefinisikan tren ini sebagai Sesar Progo-Muria. Studi terbaru oleh Indranadi dkk. (2011) menyebutnya sebagai Sesar Opak-Muria. Wijono dan Haryoprasetyo (2011) menyebutkan bahwa struktur yang dijumpai di Pegunungan Kulon Progo berupa sesar mendatar yang sebagian besar berarah barat laut-tenggara dan sesar normal yang berarah timur-barat.

Pada masa Tersier, Pegunungan Kulon Progo mengalami setidaknya dua fase de-formasi tektonik yaitu pada Oligosen Akhir-Miosen Awal dan Miosen Tengah-Miosen Akhir (Soeria-Atmadja dkk., 1994; Sopaheluwakan, 1994). Adanya gaya utara-selatan dan timurlaut-baratdaya meng-

akibatkan munculnya sesar mendatar, perlipatan, dan rekahan pada batuan Formasi Andesit Tua yang kemudian terisi oleh batuan andesit, dasit, dan urat kuarsa (Soeria-Atmadja dkk., 1994). Ketika gaya kompresi berkurang, perkembangan sesar berubah menjadi sesar normal yang sejajar dengan perkembangan kekar yang diikuti oleh intrusi felsik-intermediet dan alterasi hidrotermal yang diikuti oleh mineralisasi. Pada Miosen Akhir-Kuarter, reaktivasi tektonik mengakibatkan patahan dan pengangkatan Formasi Andesit Tua ke atas, bersamaan dengan reorientasi dari utara-selatan ke timurlaut-baratdaya.

Alterasi hidrotermal pada daerah Pegunungan Kulon Progo menyebar dengan sangat merata yang berkembang pada batuan beku diorit, mikrodiortit, dan sebagian andesit dengan karakter alterasi yang berasosiasi dengan tipe porfiri, hal ini ditandai dengan hadirnya tipe potasik dan propilitik dalam. Mineralisasi yang berkembang pada umumnya berasosiasi dengan hadirnya urat kuarsa tipe porfiri (bertekstur *stockwork* dan *sheeted*), urat kalkopirit, dan urat pirit yang mengimplikasikan kehadiran tipe epitermal. Batuan induk yang terkena mineralisasi merupakan batuan diorite-mikrodiortit dengan alterasi dominan biotit-klorit dan diikuti oleh serisit-lempung (Verdiansyah dkk., 2020).

3 METODOLOGI

Metode Geofisika berupa Metode Gravitasi Satelit (GGM Plus) dan Metode Geomagnetik area seluas 12 km² dengan jumlah titik pengukuran sebanyak 227 titik. Pada data magnetik kemudian dilakukan transformasi monopul menggunakan reduksi ke kutub magnet (Baranov dan Naudy, 1964). Pemisahan anomali regional dan lokal dilakukan menggunakan metode kontinuitas. Filter derivatif tidak terlibat dalam data magnetik, seperti yang disarankan oleh Baxter (2022) terkait dengan klosur anomali yang cenderung berderau. Transformasi pseudo-gravitasi juga digunakan yang diturunkan dari data magnet dalam interpretasi kami. Transformasi ini secara proporsional mengaitkan data magnetik dan gravitasi melalui relasi Poisson. Seperti RTP, pseudo-gravitasi mengasumsikan bahwa magnetisme sumber sejajar dengan medan geomagnet, yang menariknya dapat diperlakukan sebagai peta Bouguer (Rajagopalan, 2003). Interpretasi batas anomali pada data gravitasi juga melibatkan metode fungsi logistik gradien horizontal :

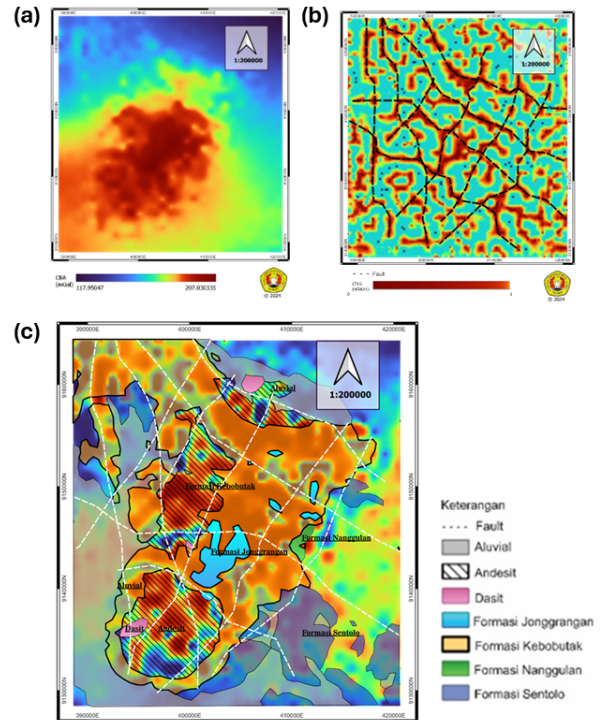
$$LTHG = \left[1 + \exp \left(\frac{-\frac{\partial THG}{\partial z}}{\sqrt{\left(\frac{\partial THG}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial THG}{\partial y}\right)^2}} \right) \right]^{-\alpha} \quad (1)$$

dimana:

$$THG = \sqrt{\left(\frac{\partial F}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial y}\right)^2} \quad (2)$$

LTHG ialah fungsi logistik dari nilai total horizontal gradien THG. ∂F merupakan turunan dari nilai gaya magnetik pada sumbu x/y , ∂x , ∂y , ∂z merupakan turunan dari setiap sumbu. Nilai α pada Persamaan 1 merupakan orde dari fungsi logistik yang digunakan, dengan nilai antara 2 s.d. 10.

Hasil dari Metode Gravitasi Satelit dan Metode Geomagnetik selanjutnya diintegrasikan dengan hasil pengamat-



Gambar 3. Anomali Bouguer lengkap Pegunungan Kulon Progo (a) serta interpretasi batas anomali menggunakan metode LTHG (b). Data geologi Rahardjo dkk. (2012) digunakan dalam peta anomali residual Pegunungan Kulon Progo (c).

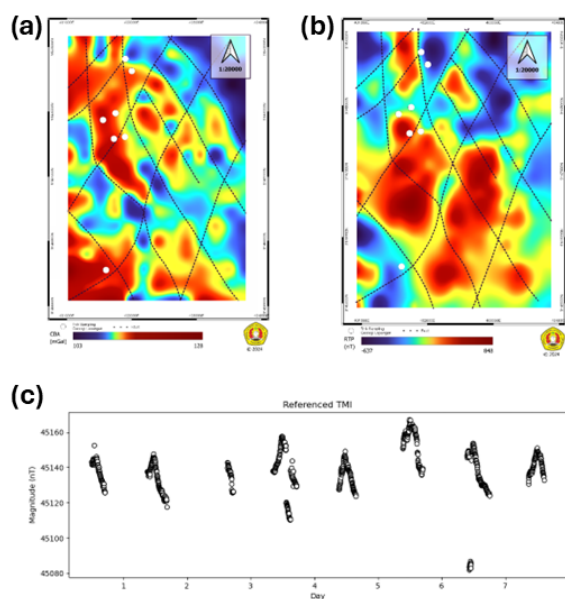
an geologi lapangan dan hasil tinjauan pustaka mengenai kondisi geologi yang berkembang pada daerah penelitian. Analisa kualitatif tersebut kemudian akan digunakan untuk menentukan deliniasi struktur yang ada pada area penelitian. Kemudian penelitian ini juga menyertakan observasi petrologi untuk mengidentifikasi mineral-mineral target untuk menentukan karakteristik mineralisasi area penelitian.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis dilakukan secara bertahap, dimulai dengan interpretasi data gravitasi untuk memetakan konfigurasi vulkanostratigrafi regional, dilanjutkan dengan identifikasi struktur geologi melalui kombinasi data residual dan gradien horizontal total, serta diperkuat dengan analisis data magnetik untuk mendeteksi keberadaan tubuh batuan intrusi dan keterkaitannya dengan mineralisasi. Hasil dari masing-masing pendekatan ini kemudian disintesis untuk menghasilkan pemahaman mengenai potensi endapan mineral di daerah penelitian.

4.1 Vulkanostratigrafi

Metode awal penelitian dilakukan dengan menggunakan metode gravitasi untuk memetakan vulkanostratigrafi yang berkembang pada Pegunungan Kulon Progo. Pemrosesan dilakukan untuk mendapatkan nilai ABL dengan sebaran anomali yang berkisar antara 210 – 115 mGal, (Gambar 3) dimana anomali besar tersebar pada area tengah pada Pegunungan Kulon Progo. Korelasi geologi terhadap data



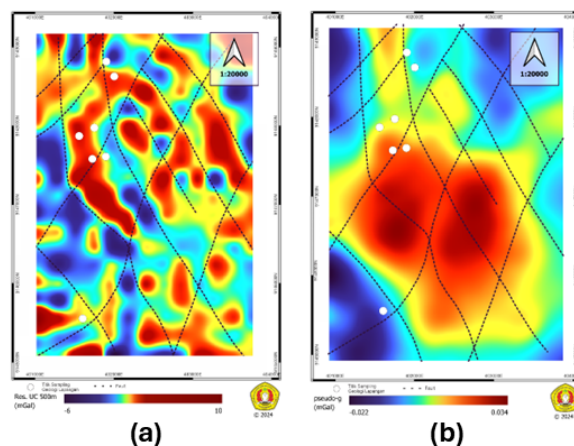
Gambar 4. (a) Anomali gravitasi dan (b) anomali RTP. Interpretasi sesar dilakukan dengan kombinasi data gravitasi, magnetik, dan geologi, dengan titik putih menunjukkan temuan urat kuarsa. (c) nilai intensitas mangnetik total yang digunakan seagai referensi selama pengukuran.

gravitasi (Gambar 3 bawah) menunjukkan eksistensi intrusi batuan beku andesitik, dasitik, dan dioritik, yang kuat diduga menjadi *host rock* pada beberapa sistem mineralisasi yang telah diketahui di Pegunungan Kulon Progo. Batuan intrusi tersebut merupakan batuan yang mengalami mineralisasi, dengan alterasi yang berkembang bertipe epithermal dan porfiri, hal ini ditandai dengan kehadiran tipe potasik dan propilitik pada daerah Summersari (Verdiansyah dkk., 2020).

Anomali tinggi pada Pegunungan Kulon Progo tersegmentasi oleh struktur geologi yang terdeteksi pada anomali residual di wilayah selatan, tengah, dan bagian utara (Gambar 3 bawah). Deteksi batas anomali pada data gravitasi residual menggunakan fungsi logistik (*Logistic Function of Total Horizontal Gradient*) yang memperlihatkan batas anomali yang di duga sesar (Eldosouky dkk., 2020; Pham dkk., 2019, 2022) menghasilkan pola anomali yang hampir sama dengan anomali residualnya yaitu membagi Pegunungan Kulon Progo menjadi 3 dengan struktur yang berorientasi timur-barat serta baratlaut-tenggara (Gambar 3 atas-kanan) yang mana hal ini bersesuaian dengan penelitian terdahulu seperti Prasetyadi dkk. (2010). Secara berurutan daerah tersebut merupakan fasies sentral Gunung Ijo di Kokap, Gunung Gajah di Kaligesing-Jonggrangan, dan Gunung Menoreh di Borobudur.

4.2 Interpretasi Patahan

Data gravitasi residual dan LTHG telah cukup menunjukkan pola-pola struktur yang berkembang di Pegunungan Kulon Progo. Sedangkan Gambar 5 menunjukkan kompleksitas struktural yang kurang lebih memiliki pola serupa dengan

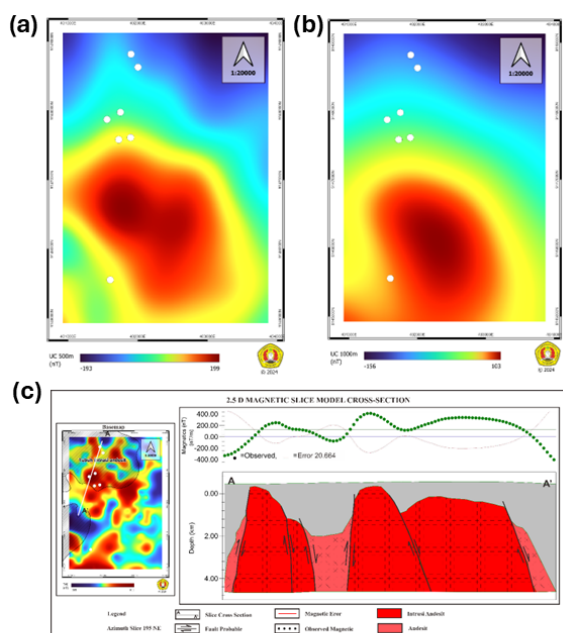


Gambar 5. (a) Anomali gravitasi residual yang telah difokuskan pada area Kaligesing serta (b) Ekuivalen anomali gravitasi yang dihasilkan dari data magnetik. Titik putih menunjukkan temuan urat kuarsa.

data regional. Selain itu, patut diduga kompleksitas ini berkaitan dengan status Gunung Gajah dan Pencu sebagai tubuh vulkanik tertua, sehingga deformasi pasti terjadi dalam skala yang lebih besar, menyebabkan perkembangan patahan dengan populasi yang besar. Fitur lain yang mendukung argumen ini seperti telah terdokumentasikan pada Gambar 2. Struktur geologi yang telah diinterpretasi ini menjadi penting karena dapat menjadi pengontrol proses mineralisasi terutama pada area penelitian.

4.3 Implikasi Mineralisasi

Kemudian terkait data magnetik, intensitas anomali magnetik yang terukur (TMI) menunjukkan lingkup nilai dari -585 nT hingga 611 nT pada nilai maksimalnya. Monopolisasi anomali secara RTP memberikan perbesaran lingkup nilai anomali menjadi -637 nT hingga 848 nT. Batas-batas anomali RTP yang teramati menunjukkan konsistensi pola interpretasi patahan pada data gravitasi sebelumnya, yaitu pada orientasi timurlaut-baratdaya dan baratlaut-tenggara. Seluruh titik sampel urat kuarsa yang ditemukan di area penelitian berada pada kontras anomali magnetik tersebut, sehingga memperkuat dugaan bahwa mineralisasi di area penelitian cukup kuat berada di sepanjang liniasi patahan. Ekstraksi anomali regional menunjukkan tubuh magnetik tinggi bergeser ke arah selatan, yang mana hal ini sesuai dengan pengamatan geologi oleh Verdiansyah dkk. (2020) yang menemukan retas diorit setempat di Summersari, selatan area penelitian, Intrusi yang sama juga telah diambil sampelnya di lokasi yang berbeda pada penelitian ini. Analisa mineral pada sampel tersebut menunjukkan tekstur porfiritik dengan fenokris biotit serta diseminasi pirit. Meskipun berada di luar area yang terpetakan anomali magnetiknya, namun secara korelatif dapat diinterpretasikan bahwa tubuh magnetik tinggi tersebut merupakan tubuh intrusif yang bisa jadi merupakan tubuh porfiri seperti yang disebut dalam Verdiansyah dkk. (2020), seperti ditunjukkan pada model geologi pada Gambar 6c. Model tersebut menunjukkan eksistensi tubuh intrusi yang tidak terpetakan secara geologi,



Gambar 6. Anomali magnetik regional: (a) 500m dan (b) 1000m. Titik putih menunjukkan temuan urat kuarsa. (c) Model geologi berdasarkan data magnetik.

yang mendukung dugaan potensi mineralisasi di sisi barat laut area studi. Model tersebut merupakan penggambaran perbedaan antara intrusi andesit dengan batuan lava andesit dari waktu terbentuk dan teksturnya (Verdiansyah, 2019).

Mineralisasi logam berharga seperti emas terbukti teramati dalam penelitian yang dilakukan oleh Sulistyono dkk. (2019) dalam bentuk elektor pada alterasi bertipe filik di kawasan Kokap. Alterasi tipe filik umumnya ditemukan sebagai susunan mineral kuarsa-serisit-pirit. Mineral kuarsa dan pirit telah teridentifikasi pada penelitian ini dalam sampel batuan dioritik dan andesitik di beberapa aliran sungai (titik putih pada peta-peta magnetik), sementara mineral serisit secara mikroskopis teramati pada penelitian seperti oleh Setiyawan dan Verdiansyah (2021) di area Kaligono. Sayangnya pada beberapa sampel yang telah diambil dalam penelitian ini mineral tersebut tidak dijumpai, namun didominasi nilai anomali magnetik yang rendah pada area sekitar lokasi pengambilan sampel batuan menunjukkan korelasi yang positif terhadap dugaan tersebut, mengingat aktivitas termal yang tinggi cenderung melemahkan magnetisme batuan. Menggunakan asumsi tersebut, klosur anomali rendah di sisi barat-daya juga dimungkinkan memiliki sistem mineralisasi yang sama, di mana beberapa batuan yang mengandung urat kuarsa juga ditemukan di area tersebut. Penelitian ini juga mengonfirmasi temuan mikrodiorit oleh Verdiansyah dkk. (2020) yang disebutkan memiliki asosiasi dengan *stockwork vein* tipe A, meskipun temuan tersebut berada di luar area pengukuran magnetik, namun masih dalam satu kelurusan interpretasi patahan yang sama dengan temuan urat kuarsa di sisi barat laut.

5 KESIMPULAN

Berdasarkan interpretasi data magnetik dan data gravitasi satelit, ditemukan bahwa kelurusan struktur patahan di area penelitian memiliki orientasi timurlaut-baratdaya serta baratlaut-tenggara, yang dipengaruhi oleh struktur regional. Tubuh intrusif andesit yang ditemukan di area penelitian ini dikonfirmasi melalui anomali magnetik di sisi tengah area penelitian, yang kemudian diketahui bergeser ke arah selatan melalui anomali magnetik regional. Pada satuan vulkanik Gunung Gajah yang menjadi fokus area penelitian, anomali tinggi dengan pola radial ditemukan di area Kaligesing-Jonggrangan (Gambar 6 a-b), yang menguatkan dugaan bahwa area ini merupakan fasies sentral/pusat gunung api tersebut. Sedangkan area baratlaut penelitian berdasarkan temuan geologi yang dikonfirmasi oleh studi literatur terkait menunjukkan kecenderungan sebagai mineralisasi bertipe epitermal sulfida tinggi – rendah (Verdiansyah dkk., 2020) dan divalidasi dengan pengamatan geologi dilapangan dengan dugaan tipe porfiri yang muncul di sisi selatan, yang mana keduanya didukung oleh nilai anomali magnetik yang sama-sama rendah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian ini. Terkhusus kepada Sekar Indraswari, Rizal Miftahurrochim, Perla Hanun Aprilarosanti, Rayhan Amiaji, dan Winda Ummi Ristantri selaku tim ABW Lembu, Bapak Paingun selaku Lurah Purbowono, serta Bapak Wrego Seno Giamboro selaku pembimbing selama pelaksanaan penelitian ini.

Pustaka

- Armandita, C., Mukti, M.M. Satyana, A.H. (2009): Intra-arc trans-tension duplex of majalengka to banyumas area : prolific petroleum seeps and opportunities in west-central java border. *Proceedings, Indonesian Petroleum Association, 33rd Annual Convention & Exhibition*.
- Baranov, V. Naudy, H. (1964): Numerical calculation of the formula of reduction to the magnetic pole. *Geophysics*, **29**(1), 67–79, doi:10.1190/1.1439334.
- Baxter, P. (2022): Euler deconvolution of satellite gravity and magnetic data for the area around the rio de la plata. *Journal of South American Earth Sciences*, **119**, 104012, ISSN 0895-9811, doi:https://doi.org/10.1016/j.jsames.2022.104012.
- Dzulfikar, A. dkk (2018): Porphyry body and geological structure identification as control of low sulphidation epithermal system in sangon, kokap sub-district, kulonprogo regency, special region of yogyakarta, indonesia. *Jurnal Fisika Indonesia*, **22**(3), 14–22.
- Eldosouky, A.M., Pham, L.T., Mohamed, H. Pradhan, B. (2020): A comparative study of thg, as, ta, theta, tdx and lthg techniques for improving source boundaries detection of magnetic data using synthetic models: A case study from g. um monqul, north eastern desert, egypt. *Journal of African Earth Sciences*, **170**, 103940, ISSN 1464-343X, doi:https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2020.103940.

- Hall, R. Smyth, H.R. (2008): Cenozoic arc processes in indonesia: Identification of the key influences on the stratigraphic record in active volcanic arcs. In: *Formation and Applications of the Sedimentary Record in Arc Collision Zones*. Geological Society of America, ISBN 9780813724362, doi:10.1130/2008.2436(03).
- Hamilton, W.B. (1979): Tectonics of the Indonesian region. Tech. rep., doi:10.3133/pp1078.
- Harjanto, A. (2011): Vulkanostratigrafi di daerah kulon progo dan sekitarnya, daerah istimewa yogyakarta. *Jurnal Ilmiah Magister Teknik Geologi*, 4(8).
- Harjanto, A. (2021): Karakteristik mangan (mn) di daerah kliripan dan sekitarnya, desa hargorejo, kecamatan kokap, kabupaten kulon progo, propinsi daerah istimewa yogyakarta. *Jurnal Geosains dan Teknologi*, 4(1), 30–37, ISSN 2620-634X.
- Hartono, H. (2010): Peran Paleovolkanisme Dalam Tataan Produk Batuan Gunung Api Tersier di Gunung Gajahmungkur, Wonogiri, Jawa Tengah. Ph.D. thesis, Universitas Padjadjaran.
- Indranadi, V.B., Prasetyadi, C. Toha, B. (2011): Yogyakarta pull-apart basin. *The 36th HAGI and 40th IAGI Annual Convention and Exhibition*.
- Katili, J.A. (1975): Volcanism and plate tectonics in the indonesian island arcs. *Tectonophysics*, 26(3), 165–188, ISSN 0040-1951, doi:https://doi.org/10.1016/0040-1951(75)90088-8.
- Maryono, A., Harrison, R.L., Cooke, D.R., Rompo, I. Hoshcke, T.G. (2018): Tectonics and geology of porphyry copper deposits along the eastern sunda magmatic arc, indonesia. *Economic Geology*, 113(1), 7–38, ISSN 0361-0128, doi:10.5382/econgeo.2018.4542.
- Pham, L.T., Oksum, E. Do, T.D. (2019): Edge enhancement of potential field data using the logistic function and the total horizontal gradient. *Acta Geodetica et Geophysica*, 54(1), 143–155, ISSN 2213-5820, doi:https://doi.org/10.1007/s40328-019-00248-6.
- Pham, L.T. dkk. (2022): Determination of structural lineaments of northeastern laos using the lthg and ehga methods. *Journal of King Saud University - Science*, 34(3), 101825, ISSN 1018-3647, doi:https://doi.org/10.1016/j.jksus.2022.101825.
- Pringgoprawiro, H. Riyanto, B. (1987): Formasi andesit tua suatu revisi. *PIT IAGI XVI. Bandung*.
- Rahardjo, W., Sukandarrumidi, S. Rosidi, H. (2012): Peta geologi lembar yogyakarta, jawa (3rd ed.) [geological map]. *Pusat Survei Geologi*.
- Rajagopalan, S. (2003): Analytic signal vs. reduction to pole: Solutions for low magnetic latitudes. *ASEG Extended Abstracts*, 2003(2), 1–4, doi:10.1071/ASEG2003ab136.
- Rumahorbo, G., Muhammad, A. Setiaji, T. (2019): Aplikasi metode geomagnetik untuk mengidentifikasi struktur geologi bawah permukaan sebagai pengontrol adanya mineralisasi pada desa kaligono, kecamatan kaligesing, kabupaten purworejo, jawa tengah. *Prosiding Seminar Nasional Kebumihan*, vol. 12, 1247–1261.
- Satyana, A. (2005): Structural indentation of central java: A regional wrench segmentation. *The 30th HAGI, The 34th IAGI, and The 14th PERHAPI Annual Conference and Exhibition*.
- Satyana, A. (2007): Central java, indonesia – a ‘terra incognita’ in petroleum exploration: New considerations on the tectonic evolution and petroleum implications. *Proceedings, Indonesian Petroleum Association, Thirty-First Annual Convention & Exhibition*, doi:https://doi.org/10.29118/IPA.1211.07.G.085.
- Satyana, A. Purwaningsih, M. (2002): Lekukan struktur jawa tengah: Suatu segmentasi sesar mendatar. *Indonesian Association of Geologists (IAGI), Yogyakarta – Central Java Section: ‘Geology of Yogyakarta and Central Java’*.
- Setijadji, L.D., Kajino, S., Imai, A. Watanabe, K. (2006): Cenozoic island arc magmatism in java island (sunda arc, indonesia): Clues on relationships between geodynamics of volcanic centers and ore mineralization. *Resource Geology*, 56(3), 267–292, doi:https://doi.org/10.1111/j.1751-3928.2006.tb00284.x.
- Setiyawan, R.A. Verdiansyah, O. (2021): Mineralogi batuan alterasi hidrotermal daerah kaligono, kecamatan kaligesing, kabupaten purworejo, jawa tengah. *Prosiding Nasional Rekayasa Teknologi Industri Dan Informasi XIII*, 471–478.
- Situmorang, E., Siswoyo, S., Thajib, E. Paltrinieri, F. (1976): Wrench fault tectonics and aspects of hydrocarbon accumulation in java. *Proceedings, Indonesian Petroleum Association, 5th Annual Convention & Exhibition*, 53–67.
- Smyth, H., Hall, R., Hamilton, J. Kinny, P. (2005): East java: Cenozoic basins, volcanoes and ancient basement. *Proceedings, Indonesian Petroleum Association, Thirtieth Annual Convention & Exhibition*.
- Soeria-Atmadja, R., Maury, R., Bellon, H., Pringgoprawiro, H., Polve, M. Priadi, B. (1994): Tertiary magmatic belts in java. *Journal of Southeast Asian Earth Sciences*, 9(1), 13–27, ISSN 0743-9547, doi:https://doi.org/10.1016/0743-9547(94)90062-0, symposium on the Dynamics of Subduction and its Products.
- Sopaheluwakan, J. (1994): Critiques and a new perspective on basement tectonic studies in indonesia: A review of current results and their significance in geological exploration. *Prosiding Tridasawarsa Puslitbang Geoteknologi LIPI*.
- Sulistyo, F., Assidhiqie, A.I. Maulana, A.D. (2019): Integrasi metode pemetaan geologi permukaan dan data geomagnetik pada studi analisa zona alterasi dan struktur pengontrol mineralisasi endapan emas primer tipe sulfida rendah di daerah plampang, kalirejo, kokap, kabupaten kulonprogo, yogyakarta. *Prosiding Seminar Nasional Kebumihan*, vol. 12, 894–938.
- Suyanto, F. Roskamil (1977): The geology and hydrocarbon aspects of southern central java.
- van Bemmelen, R. (1949): The Geology of Indonesia. v. 1, U.S. Government Printing Office, ISBN 9789024711727.
- Verdiansyah, O. (2019): A desktop study to determine mineralization using lineament density analysis at kulon progo mountains, yogyakarta and central java province, indonesia. *Indonesian Journal of Geography*, 51(1), 31–41, doi:http://dx.doi.org/10.22146/ijg.37442.
- Verdiansyah, O., Muharif, D. Sukadana, I.G. (2020): Indikasi mineralisasi tipe porfiri di daerah sumbersari, kompleks pengunungan kulon progo, purworejo, indonesia. *EKSPLORIUM*, 41(2), 115–128, doi:10.17146/eksplorium.2020.41.2.5959.
- Widagdo, A., Pramumijoyo, S. Harijoko, A. (2018): Tectonostratigraphy-volcanic of gajah-ijo-menoreh ter-

tiary volcanic formations in kulon progo mountain area, yogyakarta-indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, **212**(1), 012052, [doi:10.1088/1755-1315/212/1/012052](https://doi.org/10.1088/1755-1315/212/1/012052).

Wijono, S. Haryoprasetyo, H. (2011): The influence of hydrothermal alteration in the land formation process for the making of zonation of vulnerability of land movement in purwosari-kebonharjo region, girimulyo-samigaluh district, kulon progo regency, yogyakarta. *Proceedings of the 4th National Seminar on Earth Sciences, Geological Engineering*.

Yatini, Y., Zakaria, M.F. Suyanto, I. (2022): Identification of gold mineralization zones using magnetic data at gunung gupit area, magelang, central java. *RSF Conference Series: Engineering and Technology*, **1**(1), 305–312, [doi:10.31098/cset.v1i1.384](https://doi.org/10.31098/cset.v1i1.384).