Jurnal Fisika Unand (JFU)
Vol. 15, No. 1, Januari 2026, hal.87 – 93
ISSN: 2302-8491 (Print); 2686-2433 (Online)
https://doi.org/10.25077/jfu.15.1.87-93.2026

Open Access

Identifikasi Potensi Mineral Nikel Laterit Menggunakan Data Geomagnetik EMM (*Enchanted Magnetic Model*) 2017 di Kecamatan Poli Polia

Keisyah Putri Islami, Arif Budiman*
Laboratorium Fisika Bumi, Departemen Fisika,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas,
Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163, Indonesia.

Info Artikel

Histori Artikel:
Diajukan: 19 November 2025
Direvisi: 23 Januari 2026
Diterima: 9 Februari 2026

Kata kunci:
Geomagnetik
Nikel Laterit
EMM 2017
Anomali Magnetik

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian memanfaatkan data geomagnetik sekunder *Enhanced Magnetic Model* (EMM) 2017. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi keberadaan serta sebaran lateral mineral nikel laterit di Kecamatan Poli Polia. Tahapan pengolahan data meliputi koreksi *International Geomagnetic Reference Field* (IGRF), transformasi *Reduce to Pole* (RTP), serta pemisahan anomali regional dan residual. Selanjutnya, analisis dan interpretasi dilakukan dengan membandingkan peta anomali residual terhadap peta geologi regional. Hasil transformasi RTP diperoleh nilai anomali magnetik residual berkisar antara -0,8 nT hingga 0,7 nT dengan nilai anomali tinggi berkisar dari 0,5 nT hingga 0,7 nT dan rendah berkisar antara -0,8 nT hingga -0,6 nT. Di bagian barat daya wilayah penelitian terdapat zona anomali magnetik rendah yang dikelilingi oleh zona anomali magnetik rendah, sedangkan di bagian utara sebaliknya. Hasil interpretasi data menunjukkan zona anomali tinggi di bagian barat daya berhubungan dengan keberadaan Kompleks Ultramafik (Ku) yang tersusun atas batuan peridotit dan serpentin, sedangkan zona anomali rendah diinterpetasikan sebagai area prospektif yang mengandung mineral nikel laterit. Sementara itu, di bagian utara zona anomali rendah berkorelasi dengan Kompleks Mekongga (Pzm) yang tersusun atas batuan metamorf dan batuan sedimen. Adanya zona anomali tinggi pada area ini mengidikasikan terdapatnya kelurusan geologi seperti sesar atau kekar yang memainkan peran penting dalam meningkatkan respon magnetik lokal.

Keywords:
Geomagnetic
Lateritic Nickel
EMM 2017
Magnetic Anomaly

Penulis Korespondensi:
arifbudiman@sci.unand.ac.id

A study has been conducted utilizing secondary geomagnetic data from the Enhanced Magnetic Model (EMM) 2017. This study aims to identify the potential presence and lateral distribution of laterite nickel minerals in Poli Polia District. The data processing stages include International Geomagnetic Reference Field (IGRF) correction, Reduce to Pole (RTP) transformation, and separation of regional and residual anomalies. Furthermore, analysis and interpretation are carried out by comparing the residual anomaly map to the regional geological map. The results of the RTP transformation obtained residual magnetic anomaly values ranging from -0.8 nT to 0.7 nT with high anomaly values ranging from 0.5 nT to 0.7 nT and low values ranging from -0.8 nT to -0.6 nT. In the southwest of the study area there is a low magnetic anomaly zone surrounded by a low magnetic anomaly zone, while in the north it is the opposite. The results of data interpretation indicate that the high anomaly zone in the southwest is related to the presence of the Ultramafic Complex (Ku) composed of peridotite and serpentine rocks, while the low anomaly zone is interpreted as a prospective area containing laterite nickel minerals. Meanwhile, in the northern part, the low anomaly zone correlates with the Mekongga Complex (Pzm), which is composed of metamorphic and sedimentary rocks. The presence of a high anomaly zone in this area indicates the presence of geological features such as faults or joints that play a significant role in enhancing the local magnetic response.

Copyright © 2026 Author(s)

I. PENDAHULUAN

Nikel (Ni) merupakan unsur logam transisi dengan nomor atom 28 yang berwarna putih keperakan, bersifat keras dan antikarat. Logam ini memiliki sejumlah keunggulan, antara lain titik leleh tinggi yaitu 1453°C, tahan terhadap oksidasi dan korosi, bersifat feromagnetik, mudah dibentuk dan dipadukan dengan logam lain, serta memiliki konduktivitas termal dan listrik yang baik sehingga fleksibel untuk berbagai kebutuhan industri (Zevgolis dkk., 2010). Kegunaan nikel yang luas ini menjadikannya salah satu logam strategis yang permintaannya terus mengalami peningkatan.

Indonesia merupakan negara dengan cadangan nikel terbesar di dunia, menyumbang sekitar 52% dari total cadangan global. Mayoritas cadangan nikel di Indonesia berupa deposit laterit. Nikel laterit adalah endapan nikel hasil dari pelapukan batuan ultramafik yang terjadi di iklim yang cukup lembab atau tropis dalam periode waktu yang lama (Dilshara dkk., 2024). Cadangan nikel Indonesia sekitar 90% tersebar di Sulawesi Tengah, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara dan Maluku Utara (Kementerian ESDM RI, 2020). Salah satu daerah di Sulawesi Tenggara yang diperkirakan memiliki potensi nikel belum banyak diteliti lebih lanjut adalah Kecamatan Poli Polia Kabupaten Kolaka Timur. Wilayah ini berada di lengan tenggara Pulau Sulawesi, yang secara geografis bersebelahan dengan daerah seperti Pomalaa dan Lambadia, yang telah dikembangkan sebagai lokasi tambang nikel laterit dan diketahui berada pada satuan sabuk ultramafik. Informasi mengenai kondisi bawah permukaan dan potensi mineral nikel di Poli Polia masih sangat terbatas. Oleh karena itu, diperlukan kajian lebih lanjut guna mengidentifikasi potensi nikel laterit di wilayah ini .

Salah satu metode geofisika yang bisa digunakan dalam eksplorasi mineral adalah metode magnetik. Metode magnetik didasarkan pada perbedaan tingkat magnetisasi suatu material yang diinduksi oleh medan magnet utama bumi ((Telford dkk., 1990). Pada umumnya, pengumpulan data magnetik dilakukan melalui pengukuran langsung di lapangan. Namun, metode konvensional ini memiliki keterbatasan terutama dalam cakupan wilayah yang luas (Reynolds, 1990). Data geomagnetik sekunder yang disediakan oleh berbagai lembaga internasional dantaranya *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), *British Geological Survey* (BGS), *European Space Agency* (ESA), serta *International Association of Geomagnetism and Aeronomy* (IAGA) dapat dijadikan alternatif. Salah satu model yang tersedia secara global adalah *Enhanced Magnetic Model* (EMM) 2017 yang merupakan model terbaru yang dikembangkan oleh NOAA dan dapat diakses secara mudah dan tidak berbayar (Langel and Hinze, 2011; Meyer dkk., 2017; Vervelidou dkk., 2018).

Beberapa peneliti telah melakukan penelitian untuk mengidentifikasi potensi nikel diantaranya baik dan data geomagnetik EMM 2017 diantaranya Hermanto dkk. (2017) menggunakan data geomagnetik dari pengukuran langsung di lapangan di Desa Tambale Kecamatan Mamosalato Kabupaten Morowali Utara Sulawesi Tengah. Hasil dari penelitian ini menunjukan sebaran endapan nikel laterit pada lokasi penelitian berada di bagian selatan hingga utara dan cenderung menyebar ke arah timur lokasi penelitian dengan kedalaman rata-rata kurang lebih 60 meter yang terdapat pada batuan ultramafik yakni peridotite dan dunit serta batuan metamorf yakni serpentine. Selanjutnya Priambodo, (2024) melakukan penelitian untuk menentukan persebaran nikel laterit menggunakan data satelit gravitasi GMMPlus2013 dan data satelit magnetik EMM 2017 di salah satu lokasi tambang di Kabupaten Morowali Sulawesi Tengah. Hasil dari penelitian menunjukan terdapat dua zona persebaran nikel laterit yaitu tipis dan tebal. Zona nikel laterit tipis mempunyai nilai anaomali gravitasi tinggi dan nilai anomali magnetik rendah dan sebaliknya untuk zona nikel laterit tebal. Melalui pemanfaatan data EMM2017 dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengidentifikasi potensi keberadaan serta sebaran lateral mineral nikel laterit di Kecamatan Poli Polia.

II. METODE

II.1 Akusisi Data Geomagnetik

Tahap akuisisi data diawali dengan tahap persiapan berupa pembuatan *grid* berukuran 0,5 km × 0,5 km untuk menentukan titik-titik datum di daerah penelitian. Sistem koordinat yang digunakan pada pembuatan *grid* adalah WGS84 (*World Geodetic System* 1984). Pada masing-masing titik datum ditentukan parameter spasial berupa *latitude*, *longitude* dan elevasi yang diekstraksi dari *Digital Elevation Model Shuttle Radar Topography Mission* 30 meter (DEM SRTM 30m) berformat *GeoTIFF*, melalui pemrograman Python dalam lingkungan *Visual Studio Code*, dengan memanfaatkan pustaka

seperti *rasterio*, *numpy*, dan *geopandas*. Data spasial *latitude*, *longitude* dan elevasi pada masing-masing titik datum merupakan data input yang diperlukan untuk akuisisi data medan magnetik total pada titik-titik tersebut. Selanjutnya data medan magnetik total pada masing-masing datum diperoleh dengan menggunakan *Magnetic Field Calculator* model EMM 2017 yang dapat diakses pada NCEI *Geomagnetic Calculators*. Data magnetik total yang diperoleh merupakan data magnetik total yang telah terkoreksi oleh variasi harian (*diurnal correction*).

II.2 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan beberapa tahap yaitu:

1. Penentuan Anomali Magnetik Total
   Nilai anomali magnetik total (ΔH_T) di setiap titik datum diperoleh dari hasil pengurangan antara medan magnetik total diperoleh dengan menggunakan *Magnetic Field Calculator* model EMM 2017 (ΔH_D) dengan nilai medan magnetik utama bumi (H_{IGRF}) dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\Delta H_T = \Delta H_D - H_{IGRF} \quad (1)$$

   Nilai IGRF diperoleh melalui *Magnetic Field Calculator* berbasis model EMM 2017 yang dapat diakses pada NCEI-NOAA. Hasil perhitungan nilai ΔH_T pada setiap titik grid selanjutnya ditampilkan dalam bentuk peta kontur untuk menunjukkan distribusi spasial anomali magnetik total di wilayah penelitian.
2. Transformasi *Reduce to Pole* (RTP)
   Reduksi ke kutub atau *Reduction to Pole* (RTP) dilakukan dengan mengubah parameter medan magnetik bumi pada daerah penelitian yang awalnya dipole menjadi monopole. Perubahan parameter ini dilakukan agar anomali magnetik semakin terlihat jelas. Proses ini melibatkan pengubahan sudut inklinasi medan magnetik bumi menjadi 90° dan deklinasi menjadi 0°. Proses reduksi ke kutub ini dilakukan dengan menggunakan *software Geosoft Oasis Montaj*.
3. Pemisahan Anomali Magnetik Total
   Pemisahan anomali bertujuan untuk menganalisis kontribusi medan magnetik total pada berbagai kedalaman yaitu regional (sumber dalam), residual (sumber dangkal) dan *noise*. Proses ini dilakukan menggunakan perangkat lunak *Oasis Montaj* dengan pendekatan *Radial Average Power Spectrum* (RAPS) untuk menganalisis distribusi energi spektral berdasarkan panjang gelombang (Mohamed dkk., 2022). Berdasarkan hasil spektrum, diterapkan *bandpass* filter yang membedakan sinyal frekuensi rendah dan tinggi. Anomali regional diekstraksi menggunakan *low-pass* filter, yang merepresentasikan respon dari struktur geologi berskala luas dan dalam, sedangkan anomali residual diperoleh melalui *high-pass* filter, yang menonjolkan kontribusi sumber dangkal atau lokal.

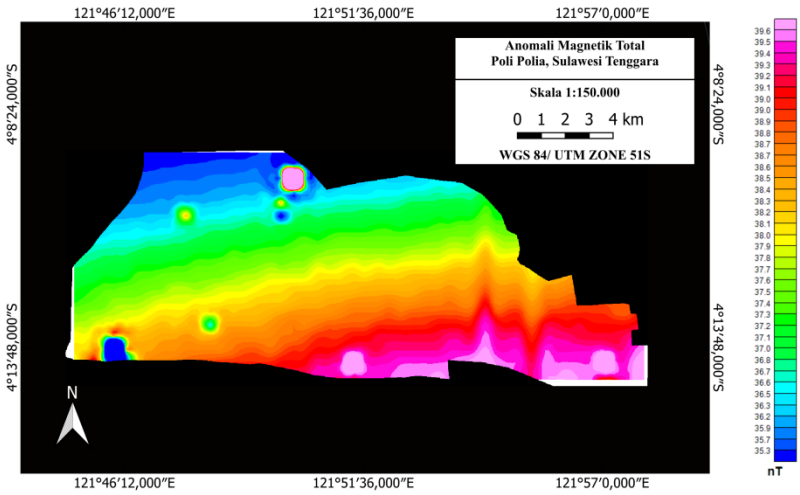
II.3 Interpretasi Data

Interpretasi data dilakukan dengan melakukan analisis yang mendalam antara peta anomali residual dengan peta geologi regional daerah penelitian.

III. HASIL DAN DISKUSI

III.1 Anomali Magnetik Total

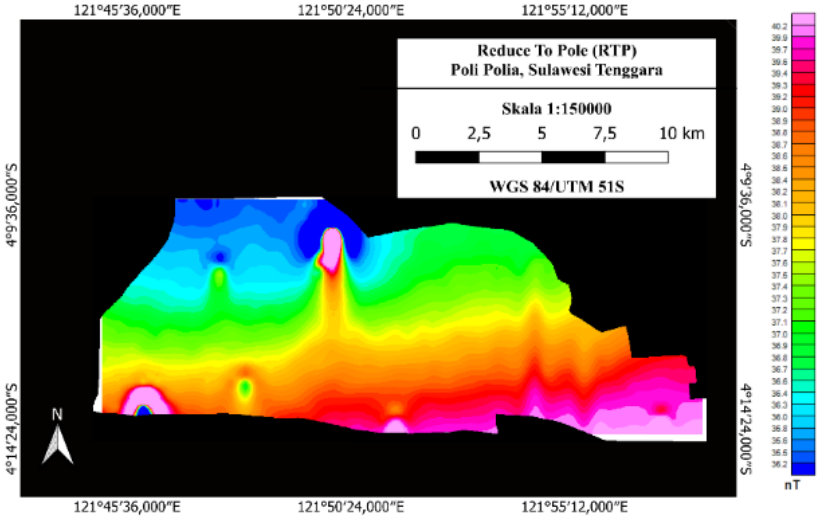
Proses *gridding* wilayah penelitian menghasilkan 646 titik datum yang terdistribusi secara teratur di seluruh area penelitian Pada penelitian ini, nilai anomali magnetik total di daerah penelitian berkisar antara 35,5 nT hingga 39,6 nT yang digambarkan dengan warna biru hingga merah muda (Gambar 1). Rentang nilai anomali magnetik cukup kecil yaitu 4,1 nT dan distribusi anomali memperlihatkan pola yang menurun secara mulus (*smooth*) dari bagian selatan dan bagian utara daerah penelitian. Kedua hal tersebut dapat disebabkan oleh sumber magnetik yang terletak jauh di bawah permukaan bumi (dalam) atau batuan yang memiliki suseptibilitas magnetik homogen (seragam) dalam area yang luas. Pada penelitian ini data data geomagnetik yang digunakan adalah EMM2017 yang merupakan model medan magnet bumi total yang mencakup medan inti (*core*) dan medan kerak (*crustal*). Jadi penyebab kecilnya rentang anomali magnetik dan mulusnya distribusi anomali magnetik pada daerah penelitian ini disebabkan sumber magnetik yang terlalu dalam (Chulliat dkk., 2020) .



Gambar 1 Peta Kontur Anomali Magnetik Total

III.2 Anomali Magnetik RTP

Proses *Reduce To Pole* (RTP) dilakukan untuk mengoreksi pengaruh inklinasi dan deklinasi medan magnet bumi sehingga anomali magnetik yang dihasilkan berada tepat di atas sumbernya. Proses ini dilakukan dengan mengubah sudut deklinasi daerah penelitian yang awalnya 0,7° menjadi 0°, dan sudut inklinasi -24,3° menjadi 90° sesuai dengan kondidi di kutub. Pada penelitian ini selain perubahan bentuk kontur, terjadi pula peningkatan rentang nilai intensitas anomali. Sebelum dilakukan RTP, nilai anomali magnetik total berada pada kisaran 35,5 nT hingga 39,6 nT, sedangkan setelah transformasi RTP nilai anomali meningkat menjadi 35,2 nT hingga 40,2 nT. Pada peta anomali magnetik RTP yang ditujukan oleh Gambar 2 terlihat bahwa beberapa zona anomali mengalami pergeseran posisi. Pada bagian barat daya memperlihatkan adanya zona kecil dengan anomali rendah (ditunjukkan oleh warna biru).



Gambar 2 Peta Kontur Anomali Magnetik RTP

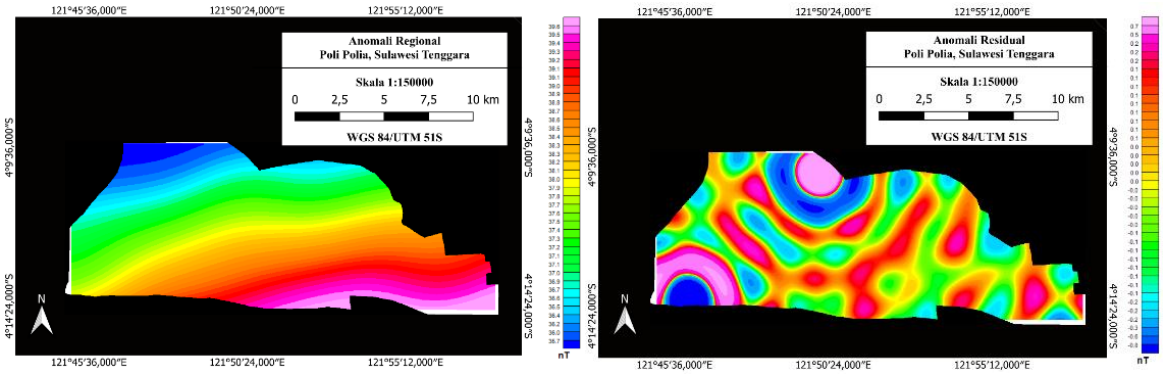
Setelah dilakukan RTP, anomali tinggi (ditunjukan oleh warna merah muda) yang sebelumnya berada di bawah zona biru mengalami pergeseran ke atas sehingga posisi anomali tersebut menjadi lebih simetris terhadap keberadaan sumber anomali. Selain itu, Pada bagian barat laut menunjukan zona kecil dengan anomali tinggi yang ditandai dengan warna merah muda, setelah dilakukan RTP zona ini mengalami pergeseran dan memanjang ke arah selatan. Sementara itu, bagian tengah wilayah penelitian didominasi oleh anomali menengah hijau–kuning yang cenderung stabil setelah transformasi. Pola

simetris yang diperoleh melalui RTP sangat membantu dalam mengurangi bias akibat pengaruh inklinasi dan deklinasi.

III.3 Anomali Magnetik Regional dan Residual

Berdasarkan peta anomali magnetik regional yang ditunjukkan pada Gambar 3a, terlihat bahwa anomali regional membentuk gradasi nilai yang teratur dari barat laut menuju tenggara. Bagian barat laut wilayah penelitian didominasi oleh nilai anomali rendah yang ditampilkan dengan warna biru hingga hijau, sedangkan bagian tenggara menunjukkan nilai anomali tinggi yang ditandai oleh warna merah hingga merah muda. Pola kontur yang tampak relatif halus dengan arah gradasi barat laut–tenggara mengindikasikan pengaruh struktur geologi berskala besar pada kedalaman lebih dalam maupun variasi litologi yang bersifat regional. Secara keseluruhan, karakteristik anomali regional tersebut mencerminkan tren medan magnet yang berasal dari sumber-sumber geologi dalam.

Peta anomali residual yang merepresentasikan respon magnetik dari sumber-sumber dangkal yang berada dekat permukaan yang ditunjukan oleh Gambar 3b. Pada penelitian ini, nilai anomali magnetik residual berkisar antara -0,8 nT hingga 0,7 nT. Berdasarkan peta anomali residual, teridentifikasi dua zona utama dengan nilai anomali tinggi (0,5 nT hingga 0,7 nT) yang berwarna merah muda dan anomali rendah (-0,8 nT hingga -0,6 nT) yang berwarna biru. Zona dengan anomali tinggi diindikasikan zona dengan batuan yang mengandung mineralisasi lokal yang memiliki sifat magnetik tinggi, sedangkan zona anomali rendah diinterpretasikan sebagai zona dengan batuan yang mengalami pelapukan yang menyebabkan berkurangnya sifat kemagnetannya (Hunt dkk., 1995). Terdapat zona dengan pola anomali magnetik yang unik dimana zona anomali rendah dikelilingi oleh zona anomali tinggi di bagian barat daya dan zona anomali tinggi dikelilingi oleh zona anomali rendah di bagian utara daerah penelitian. Bentuk anomali yang cenderung terlokalisasi serta memiliki batas spasial yang jelas mengindikasikan adanya zona target yang potensial untuk ditelusuri lebih lanjut.



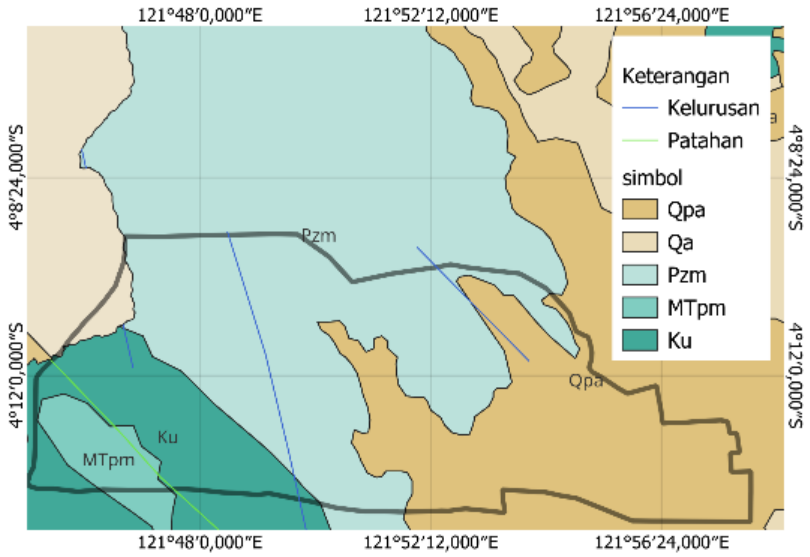
Gambar 3 Peta Kontur (a) Anomali Magnetik Regional (b) Anomali Magnetik Residual

III.4 Interpretasi Data

Berdasarkan peta geologi yang ditunjukan oleh Gambar 4, zona dengan anomali rendah yang dikelilingi zona anomali tinggi di bagian barat daya berkorelasi dengan keberadaan Kompleks Ultramafik (Ku) yang tersusun atas batuan peridotit dan serpentinit (Simanjuntak dkk., 1994). Batuan ultramafik, seperti peridotit dan serpentinit, umumnya menunjukkan anomali magnetik tinggi (positif) karena kandungan mineral ferromagnetik (Fe dan Mg) serta oksida besi yang tinggi, terutama magnetit, yang terbentuk selama proses serpentinisasi. Secara umum endapan nikel laterit terbentuk akibat proses pelapukan batuan ultramafik seperti peridotit yang disebabkan oleh pengaruh perubahan cuaca (iklim). Profil Nikel laterit pada umumnya terdapat pada zona limonit (atas) dan zona saprolit (bawah) (Ahmad, 2009). Proses pelapukan ini menyebabkan menurunya sifat kemagnetan mineral yang berasosiasi dengan anomali magnetik rendah. Oleh karena itu zona dengan anomali rendah dan tinggi antara dua satuan batuan yang berdekatan ini diintepretasikan sebagai zona yang berpotensi mengandung Nikel.

Di bagian utara wilayah penelitian secara litologi adalah zona ini didominasi oleh Kompleks Mekongga (Pzm) yang tersusun atas batuan metamorf dan batuan sedimen berderajat metamorf rendah

(Simanjuntak dkk., 1994). Jenis batuan ini tidak mengandung mineral magnetik dalam jumlah signifikan dan sifat kemagnetan yang rendah akibat proses pelapukan dari batuan beku, sehingga memiliki anomali magnetik rendah (Hunt dkk., 1995). Namun, pada peta anomali residual tampak adanya nilai anomali yang tinggi pada zona ini. Fenomena tersebut mengindikasikan adanya kelurusan geologi seperti sesar atau kekar yang memainkan peran penting dalam meningkatkan respon magnetik lokal. Struktur geologi dapat membawa batuan dasar (basement) yang kaya mineral magnetik lebih dekat ke permukaan melalui mekanisme pengangkatan (*uplift*), sehingga menghasilkan respon anomali yang lebih kuat dibandingkan area sekitarnya (Telford dkk., 1990).



Gambar 4 Peta Geologi (Simanjuntak dkk., 1994)

IV. KESIMPULAN

Dari peta kontur anomali magnetik residual terlihat nilai anomali magnetik berkisar antara -0,8 nT hingga 0,7 nT dengan nilai anomali tinggi berkisar dari 0,5 nT hingga 0,7 nT dan rendah berkisar antara -0,8 nT hingga -0,6 nT. Terdapat zona dengan pola anomali magnetik yang unik dimana zona anomali rendah dikelilingi oleh zona anomali tinggi di bagian barat daya dan zona anomali tinggi dikelilingi oleh zona anomali rendah di bagian utara daerah penelitian. Berdasarkan korelasi dengan data geologi, zona anomali tinggi di bagian barat daya berhubungan dengan keberadaan Kompleks Ultramafik (Ku) yang tersusun atas batuan peridotit dan serpentin dan zona anomali rendahnya merupakan area prospektif yang berpotensi mengandung mineral nikel laterit. Sementara itu, di bagian utara zona anomali rendah berkorelasi dengan Kompleks Mekongga (Pzm) yang tersusun atas batuan metamorf dan batuan sedimen. Adanya zona anomali tinggi pada area ini mengindikasikan terdapatnya kelurusan geologi seperti sesar atau kekar yang memainkan peran penting dalam meningkatkan respon magnetik lokal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tidak ada.

KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menyatakan tidak terdapat konflik kepentingan.

PERNYATAAN PENDANAAN

Penelitian ini tidak memperoleh pendanaan khusus.

PERNYATAAN PENGGUNAAN AI GENERATIF DAN TEKNOLOGI BERBASIS AI

GPT hanya digunakan untuk mengoreksi kesalahan tata bahasa dan tipografi. Penulis bertanggung jawab penuh atas isi dan integritas publikasi.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, W., 2009, Fundamentals of Chemistry Mineralogi,Weathering Process and Laterit Formation., PT. Vale Inco, Sorowako.

Chulliat, A., Alken, P., Nair, M., Woods, A., Meyer, B., Paniccia, M., Brown, W., Beggan, C., Cox, G., Macmillan, S., 2020, The US/UK World Magnetic Model, Hal. 2020–2025, DOI: 10.25923/ytk1-yx35.

Dilshara, P., Abeysinghe, B., Premasiri, R., Dushyantha, N., Ratnayake, N., Senarath, S., Ratnayake, A.S., Batapola, N., 2024, The role of nickel (Ni) as a critical metal in clean energy transition: applications, global distribution and occurrences, production-demand and phytomining, Journal of Asian Earth Sciences, Vol. 259, Hal. 105912.

Hermanto, Y., Efendi, R., Abdullah, 2017, Interpretasi Sebaran Mineral Nikel Menggunakan Metode Geomagnet di Desa Tambale Kecamatan Mamosalato Interpretation of Distribution of Nickel Using Geomagnet Methods in Tambale Village, Sub-district of Mamosalato, Gravitas, Vol. 16, Hal. 15–22.

Hunt, C.P., Moskowitz, B.M., Banerjee, S.K., 1995, Magnetic Properties of Rocks and Minerals: A Handbook of Physical Constants, Rock Physics & Phase Relations, Vol. 3, Hal. 189–204.

Kementerian ESDM RI, 2020, Peluang Investasi Nikel Indonesia, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia.

Langel, R.A., Hinze, W.J., 2011, The Magnetic Field of the Earth's Lithosphere: The Satellite Perspective, Cambridge University Press.

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, Vol. 18, Hal. 4522–4537, DOI: 10.1002/2017GC007280.

Mohamed, A., Abdelrady, M., Alshehri, F., Mohammed, M.A., Abdelrady, A., 2022, Detection of Mineralization Zones Using Aeromagnetic Data, Applied Sciences (Switzerland), Vol. 12, DOI: 10.3390/app12189078.

Priambodo, Y.T., 2024, Interpretasi Data Satelit Gravitasi dan Data Satelit Magnetik Dalam Menentukan Persebaran Endapan Nikel di Kabupaten Morowali, Sulawesi Tengah, , Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Reynolds, 1990, An Introduction to Applied and Environmental Geophysics, European Space Agency, (Special Publication) ESA SP.

Simanjuntak, T., Surono, Sukido, 1994, Peta Geologi Lembar Kolaka, Sulawesi, Skala 1:250.000, Badan Geologi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.

Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E., Keys, D.A., 1990, Applied Geophysics, Cambridge University Press.

Vervelidou, F., Thébault, E., Korte, M., 2018, A high-resolution lithospheric magnetic field model over southern Africa based on a joint inversion of CHAMP, Swarm, WDMAM, and ground magnetic field data, Solid Earth, Vol. 9, Hal. 897–910, DOI: 10.5194/se-9-897-2018.

Zevgolis, E., Zografidis, C., Halikia, I., 2010, The reducibility of the Greek nickeliferous laterites: a review, Mineral Processing and extractive metallurgy, Vol. 119, Hal. 9–17.