Journal of Innovative and Creativity
Journal Homepage: https://joecy.org/index.php/joecy
e-mail: journaljoecy@gmail.com

Faculty of Education
University of Pahlawan Tuanku Tambusai
ISSN 2775-771X (Online)
ISSN 2962-570X **(Printed)**
5 (3) 2025, Page 13174-13178

Tinjauan Literatur Penerapan Metode Geofisika pada Eksplorasi Mangan di Pulau Timor, Indonesia

Lidia Paskalia Nipu[1], Chindy Mathelda Sartika Funay[2]
[12]Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang, Indonesia
Corresponding Author: Lidia Paskalia Nipu, E-Mail: nlidiapaskalia@gmail.com

Published: Oktober, 2025

ABSTRAK

Endapan mangan di Pulau Timor, Nusa Tenggara Timur, Indonesia, merupakan sumber daya mineral strategis dengan potensi tinggi. Studi ini berupa tinjauan literatur yang mengevaluasi penerapan metode geofisika dalam eksplorasi mangan, meliputi resistivitas, polarisasi terinduksi (IP), geomagnetik, dan gaya berat. Hasil kajian menunjukkan bahwa penelitian lokal sebagian besar masih terbatas pada resistivitas 2D dengan skala survei kecil. Sebaliknya, studi global menekankan bahwa integrasi metode geofisika, seperti kombinasi resistivitas–IP dan geomagnetik–struktur, meningkatkan akurasi interpretasi zona mineralisasi. Studi ini merekomendasikan penerapan survei terintegrasi dengan pemodelan 3D dan analisis struktural yang disesuaikan kondisi geologi kompleks Pulau Timor, guna meningkatkan efisiensi eksplorasi dan pemetaan sumber daya mangan.

Kata Kunci: Metode Geofisika, Eksplorasi Mangan

ABSTRACT

The manganese deposits on Timor Island, East Nusa Tenggara, Indonesia, represent a strategic mineral resource with high potential. This study examines the application of geophysical methods in manganese exploration, including resistivity, induced polarization (IP), geomagnetic, and gravity. The results indicate that local research is largely limited to 2D resistivity with small-scale surveys. In contrast, global studies emphasize that the integration of geophysical methods, such as a combination of resistivity-IP and geomagnetic-structure, improves the accuracy of mineralization zone interpretation. This study recommends the application of integrated surveys with 3D modeling and structural analysis, tailored to the complex geological conditions of Timor Island, to improve the efficiency of manganese resource exploration and mapping.

Keywords: Geophysical Methods, Manganese Exploration

© The Author(s). 2021 Open Access This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. To view a copy of this licence, visit http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

PENDAHULUAN

Mangan (Mn) merupakan logam strategis yang berperan penting dalam berbagai sektor industri dan teknologi modern. Dalam metalurgi, mangan berfungsi sebagai unsur paduan utama pada baja untuk meningkatkan kekuatan, ketahanan aus, dan mengurangi sifat magnetik logam . Selain itu, perkembangan teknologi energi terbarukan dan kendaraan listrik meningkatkan kebutuhan mangan sebagai material aktif pada katoda baterai lithium-ion, khususnya dalam bentuk spinel $LiMn_2O_4$, yang memiliki kestabilan termal tinggi, efisiensi elektrokimia baik, dan biaya produksi relatif rendah. Kondisi ini menjadikan

eksplorasi dan produksi mangan semakin strategis, termasuk di kawasan Asia Tenggara yang memiliki potensi sumber daya mineral logam besar.

Indonesia, khususnya Pulau Timor di Provinsi Nusa Tenggara Timur, memiliki cadangan mangan signifikan yang tersebar di Kabupaten Timor Tengah Selatan, Timor Tengah Utara, dan Belu. Endapan mangan di wilayah ini berasosiasi dengan batuan sedimen laut dalam Formasi Nakfunu dan Noele, tersusun atas batulempung merah, rijang (chert), dan batugamping napalan. Endapan umumnya berbentuk lensa atau lapisan tak teratur yang mengalami deformasi kuat akibat tektonik regional. Karakteristik mineral dan tekstur menunjukkan bahwa lapisan mangan kemungkinan dimodifikasi oleh aktivitas hidrotermal, terbukti dari rekristalisasi manganit sepanjang vein dan asosiasi dengan gangue mineral penyerta.

Secara geotektonik, Pulau Timor terletak pada zona kolisi aktif antara Lempeng Australia dan Busur Banda, yang menyebabkan pengangkatan sedimen laut dalam ke permukaan serta pembentukan struktur lipatan dan sesar berarah timur–barat . Deformasi ini menghasilkan jalur rekahan dan zona lemah batuan yang berperan sebagai saluran fluida hidrotermal dalam proses mineralisasi. Kondisi geologi yang kompleks menyebabkan variasi lateral dan vertikal pada distribusi endapan mangan, sehingga diperlukan metode eksplorasi bawah permukaan yang mampu menggambarkan heterogenitas struktur dan litologi secara akurat.

Metode geofisika terbukti efektif dalam mengidentifikasi dan memetakan distribusi bawah permukaan endapan mangan berdasarkan perbedaan sifat fisik batuan, seperti konduktivitas listrik, kemampuan polarisasi, dan suseptibilitas magnetik. Namun, eksplorasi mangan di Pulau Timor saat ini masih relatif terbatas dan dominan menggunakan survei geologi permukaan serta analisis laboratorium sederhana. Optimalisasi penerapan metode geofisika diperlukan mengingat kompleksitas geologi Pulau Timor.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan meninjau efektivitas berbagai metode geofisika dalam eksplorasi endapan mangan di Pulau Timor, serta membandingkannya dengan studi global terkini. Hasil tinjauan diharapkan memberikan rekomendasi strategis untuk pendekatan eksplorasi yang lebih akurat, efisien, dan sesuai dengan karakter geologi kawasan timur Indonesia.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan Systematic Literature Review (SLR) untuk mengidentifikasi, menilai, dan mensintesis penelitian terdahulu terkait eksplorasi endapan mangan dan penerapan metode geofisika. Kajian ini juga mempertimbangkan parameter geotektonik dan geokimia sebagai faktor pendukung interpretasi, karena keduanya memengaruhi migrasi fluida dan presipitasi mineral oksida mangan di zona retakan dan sesar . Integrasi data geologi, geokimia, dan geofisika memungkinkan pembentukan

gambaran bawah permukaan yang lebih akurat dan representatif terhadap kondisi lapangan yang kompleks.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Geologi dan Karakter Endapan Mangan

Secara geologi, endapan mangan di Pulau Timor berasosiasi erat dengan satuan batuan sedimen laut dalam yang terbentuk pada lingkungan pengendapan pelagik–hemipelagik. Endapan tersebut terutama dijumpai pada Formasi Nakfunu dan Formasi Noele yang tersusun atas batulempung merah, batupasir halus, batugamping napalan, serta sisipan batu rijang berwarna kelabu hingga kemerahan. Lapisan mangan umumnya berbentuk lensa atau lapisan tidak beraturan dan menunjukkan deformasi kuat akibat aktivitas tektonik kolisional antara Lempeng Australia dan Busur Banda.

Secara megaskopis, mineral mangan tampak sebagai oksida hitam mengilap yang mengisi rekahan atau lapisan pada batuan sedimen, sedangkan secara mikroskopis menunjukkan struktur kristalin halus hingga granular, dengan mineral utama berupa pirolusit, manganit, dan groutit. Analisis geokimia dari beberapa sampel batuan menunjukkan kadar Mn yang tinggi dan rasio Fe/Mn < 0,1, yang mengindikasikan lingkungan pengendapan reduktif-sedimenter. Berdasarkan kriteria genetik, endapan ini tergolong dalam tipe sedimentary manganese deposit, yaitu hasil presipitasi oksida mangan dari larutan laut dalam dengan kontribusi fluida hidrotermal yang termodifikasi oleh proses biokimia di dasar laut.

Aplikasi Metode Geofisika Lokal di Pulau Timor

Penerapan metode geofisika dalam eksplorasi mangan di Pulau Timor masih terbatas, tetapi telah menunjukkan hasil signifikan dalam mendeteksi zona mineralisasi serta menginterpretasikan kondisi bawah permukaan. Metode yang paling umum digunakan adalah metode geolistrik resistivitas dua dimensi (2D) dan polarisasi terinduksi (IP), sedangkan metode geomagnetik digunakan sebagai pendukung interpretasi struktur geologi dan keberadaan mineral ferromagnetik.

Penelitian di Desa Oetalus, Timor Tengah Utara, menggunakan konfigurasi Schlumberger dengan analisis geokimia (XRF dan XRD) mengidentifikasi lapisan mangan pada kedalaman 1–20 m dengan resistivitas 9–30 Ωm dan kandungan MnO 94,2%, mengonfirmasi keberadaan mineral pirolusit. Di Buraen, Amarasi Selatan, konfigurasi Wenner mendeteksi lapisan oksida mangan pada kedalaman 5–15 m dengan resistivitas 4–31,9 Ωm, berkorelasi dengan singkapan mangan dan anomali geokimia tinggi. Kombinasi resistivitas dan IP di Kupang menunjukkan lapisan bermuatan seperti pirolusit dan manganit pada resistivitas 4–25 Ωm dan chargeability 23–72 msec, dengan korelasi kuat terhadap anomali geokimia mangan.

Metode geomagnetik di Desa Tolnaku, Kupang, menunjukkan anomali magnetik –2056,50 hingga 925,51 nT, di mana anomali tinggi dikaitkan dengan mineral ferromagnetik seperti hematit. Survei geomagnetik di Naip, Timor Tengah Selatan, mengidentifikasi anomali tinggi di bagian utara yang

berasosiasi dengan batugamping mangan dan anomali rendah di bagian selatan terkait batulempung merah Formasi Nakfunu. Secara keseluruhan, metode resistivitas dan IP efektif mendeteksi lapisan mineralisasi mangan, sedangkan metode geomagnetik berperan penting memetakan struktur geologi dan zona retakan.

Perbandingan Global dan Implikasi Eksplorasi Mangan di Timor

Hasil eksplorasi di Pulau Timor sejalan dengan tren global. Di Malaysia, kombinasi Electrical Resistivity Tomography (ERT) dan IP dapat mendeteksi zona mineralisasi mangan dengan resistivitas rendah dan chargeability tinggi . Di Mesir, integrasi survei magnetik, resistivitas, dan IP efektif memetakan mineralisasi mangan-besi. Di Nigeria, integrasi aeromagnetik dengan pemetaan geologi meningkatkan akurasi identifikasi zona mineralisasi mangan.

Secara umum, kombinasi resistivitas, IP, geomagnetik, gaya berat, dan analisis geokimia memberikan interpretasi bawah permukaan yang lebih komprehensif dan akurat. Pendekatan ini direkomendasikan bagi eksplorasi mangan di Pulau Timor untuk meningkatkan ketelitian pemetaan, memperjelas kedalaman dan kontinuitas lateral, serta meminimalkan risiko eksplorasi.

KESIMPULAN

Endapan mangan di Pulau Timor memiliki karakteristik sedimen laut dalam yang kompleks akibat pengaruh tektonik kolisional. Metode geofisika yang telah diterapkan, terutama resistivitas dan IP, menunjukkan hasil menjanjikan namun masih terbatas dalam resolusi spasial dan kedalaman. Berdasarkan tinjauan global, integrasi metode seperti resistivitas-IP, geomagnetik, dan pemodelan 3D merupakan pendekatan terbaik untuk mendelineasi zona mineralisasi secara akurat. Diperlukan survei terintegrasi multidimensi dengan validasi geokimia dan geologi lapangan guna meningkatkan efisiensi eksplorasi dan keberlanjutan pemanfaatan sumber daya mangan di Pulau Timor.

DAFTAR PUSTAKA

United States Geological Survey (USGS). Mineral commodity summaries: Manganese. U.S. Department of the Interior; 2014.

Huang J, Xu Y, Zhang L. Advances in lithium manganese oxide cathode materials for lithium-ion batteries. J Power Sources. 2020;479:228833.

Bahri S, Sutaji P, Seran D. Sebaran endapan mangan di Pulau Timor, Nusa Tenggara Timur. J Geologi dan Sumberdaya Mineral. 2021;22(1):15–26.

Sutaji P, Bahri S, Ahmad A. Kajian geofisika dan geologi endapan mangan di Naip, TTS, Nusa Tenggara Timur. J Geologi Indonesia. 2020;15(3):201–215.

Idrus A, Warmada IW, Sapari H. Karakterisasi endapan mangan di Pulau Timor, Nusa Tenggara Timur. Indones J Geosci. 2013;8(2):101–116.

Harris R. The nature of the Banda Arc–continent collision in the Timor region. Geol Soc Lond Spec Publ. 2011;355(1):163–188.

Telford WM, Geldart LP, Sheriff RE. Applied Geophysics. 2nd ed. Cambridge University Press; 1990.

Reynolds JM. An Introduction to Applied and Environmental Geophysics. 2nd ed. Wiley-Blackwell; 2011.

Glasby GP. Manganese deposits in oceanic environments. Ore Geol Rev. 1988;3(1–3):99–144.

Seran D, Edi S. Identifikasi lapisan mangan menggunakan geolistrik konfigurasi Schlumberger di Desa Oetalus, TTU. J Eksplorasi Sumberdaya Alam. 2021;5(2):65–74.

Seran D. Analisis geolistrik metode Wenner untuk eksplorasi mangan di Buraen, Amarasi Selatan, Kupang. J Geosains. 2019;3(1):45–52.

Shella R. Penerapan metode resistivitas dan IP untuk eksplorasi mangan di Kabupaten Kupang. Skripsi. Universitas Nusa Cendana; 2017.

Ahmad A, Suryanegara E, Rahardjo T. Penerapan metode geomagnetik untuk identifikasi potensi mineral logam di Desa Tolnaku, Kupang. J Geofis Eksplorasi. 2019;7(2):55–62.

Zaid SM, Rahman AA, Ibrahim M. Geophysical characterization of manganese ore deposits in Malaysia using ERT and IP. Environ Earth Sci. 2022;81(6):245.

Araffa SA. Integrated geophysical approach for manganese–iron mineralization mapping in Egypt. J Afr Earth Sci. 2020;162:103732.

Okon EE, Oladele OA, Udo JE. Aeromagnetic interpretation for manganese mineralization in Nigeria. J Appl Geophys. 2022;201:104647.