
ANALISIS DAN PERBANDINGAN KADAR Ni, Fe₂O₃, dan SiO₂ PADA BIJIH NIKEL LATERIT BERDASARKAN JENIS SAMPEL DI WILAYAH MALUKU UTARA

Analysis and Comparison of Ni, Fe₂O₃, and SiO₂ Contents in Laterite Nickel Ore Based on Sample Types in the North Maluku Region

Jane Aprilia Mege, Febriani Kadang, M. Saleh, Rosalia Sira Sarungallo*
Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar

*Email: rosalia_sira@ukipaulus.ac.id

<https://doi.org/10.63365/vxm1et10>

Published: 2026-02-26

Abstrak

Bijih nikel laterit merupakan sumber mineral yang berperan dalam industri pengolahan dan hilirisasi nikel di Indonesia, khususnya di kawasan Maluku Utara. Variasi kadar unsur nikel (Ni), besi oksida (Fe₂O₃), dan silika (SiO₂) pada bijih nikel laterit dipengaruhi oleh proses laterisasi dan jenis material, sehingga karakteristik kimia dibutuhkan untuk pengendalian kualitas bahan baku. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan kadar Ni, Fe₂O₃, dan SiO₂ pada bijih nikel laterit berdasarkan perbedaan jenis sampel, yaitu sampel batu, sampel tanah, dan sampel campuran yang berasal dari wilayah Maluku Utara, meliputi Ternate, kawasan industri pertambangan di Halmahera, dan pulau-pulau sekitarnya. Metode penelitian meliputi pengambilan sampel di lapangan, preparasi sampel melalui proses pengeringan, penghalusan ukuran 200 mesh, serta pembentukan pelet. Analisis kimia dilakukan menggunakan instrumen *Energy Dispersive X-Ray Fluorescence* (ED-XRF) untuk menentukan kadar Ni, Fe₂O₃, dan SiO₂. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar Ni dan Fe₂O₃ sampel tanah lebih tinggi serta kandungan SiO₂ yang lebih rendah dibandingkan sampel batu dan sampel campuran, sehingga menunjukkan kualitas bijih nikel laterit yang paling baik. Sampel campuran menunjukkan karakteristik campuran material dengan tingkat laterisasi yang berbeda, sedangkan sampel batu kualitas terendah karena sifat batuan ultramafik dan kandungan silika yang tinggi. Karakteristik bijih nikel laterit di Maluku Utara yang diperoleh dapat dimanfaatkan untuk pengendalian kualitas bijih serta perencanaan penambangan dan pengolahan yang lebih tepat dan berkelanjutan.

Kata kunci : Nikel laterit, Ni, Fe₂O₃, SiO₂

Abstract

Laterite nickel ore is a global source of nickel and plays a role in the nickel processing and downstream industry in Indonesia, especially in the North Maluku region. Variations in the levels of key elements such as nickel (Ni), iron oxide (Fe₂O₃), and silica (SiO₂) in nickel production are then influenced by the laterization process and the type of material, so chemical characteristics are needed to control the quality of raw materials. This study aims to analyze and compare the levels of Ni, Fe₂O₃, and SiO₂ in nickel laterite based on different types of samples, namely rock samples, soil samples, and mixed samples originating from the North Maluku region, including Ternate, the mining industrial area in Halmahera, and the surrounding islands. The research method includes sampling in the field, sample preparation through a drying process, refining to a size of 200 mesh, and pellet formation. Chemical analysis was carried out using an Energy Dispersive X-Ray Fluorescence (ED-XRF) instrument to determine the levels of Ni, Fe₂O₃, and SiO₂. The results of the study showed that the soil had relatively higher levels of Ni and Fe₂O₃ and lower SiO₂ content compared to the rock samples and mixed samples, thus indicating the best quality of nickel laterite production. The mixed samples showed intermediate characteristics due to the combination of materials with different levels of laterization, while the rock samples had the lowest quality because they were still dominated by ultramafic rock properties and high silica content. The characteristics of nickel laterite cables in North Maluku obtained can be used for quality control as well as more precise and sustainable mining and processing planning.

Keywords: *Laterite nickel, Ni, Fe₂O₃, SiO₂*

Pendahuluan

Bijih nikel laterit merupakan sumber mineral yang berperan dalam industri pengolahan dan hilirisasi nikel di Indonesia. Bijih nikel laterit digunakan untuk produksi nikel metal sebagai bahan baku pembuatan baja tahan karat, serta nikel sulfat yang merupakan komponen pada baterai kendaraan listrik berbasis lithium-ion (König, 2021). Kebutuhan material baterai berbasis nikel terus meningkat seiring dengan pertumbuhan industri kendaraan listrik dan pengembangan teknologi energi bersih. Kondisi tersebut menyebabkan peningkatan produksi dan pemanfaatan bijih nikel laterit sebagai sumber pasokan nikel bagi industri baterai (Golroudbary et al., 2023; Kalungi et al., 2024).

Peningkatan kebutuhan nikel berdampak pada aktivitas penambangan dan pengolahan bijih nikel laterit di negara-negara produsen, termasuk Indonesia. Pengolahan mineral karakteristik kimia bijih mempengaruhi kinerja proses metalurgi, demikian juga variasi komposisi unsur bijih dapat mempengaruhi hasil ekstraksi logam, stabilitas proses, serta konsumsi energi selama pengolahan. Oleh karena itu, karakteristik komposisi kimia bijih nikel laterit diperlukan untuk pengendalian kualitas bahan baku serta peningkatan kinerja proses pengolahan nikel (Mijatović et al., 2023).

Endapan nikel laterit di wilayah tersebut terbentuk melalui proses laterisasi yang menghasilkan distribusi unsur yang berbeda pada setiap zona endapan. Zona limonit umumnya dicirikan oleh kandungan besi oksida (Fe_2O_3) yang tinggi, sedangkan zona saprolit memiliki kandungan silika (SiO_2) serta kadar nikel (Ni) yang relatif lebih tinggi. Variasi komposisi kimia tersebut berpengaruh terhadap sifat metalurgi bijih dan menjadi salah satu faktor yang menentukan pemilihan teknologi pengolahan nikel (Guo et al., 2024).

Provinsi Maluku Utara, khususnya wilayah Halmahera, dan pulau-pulau sekitarnya, merupakan salah satu kawasan penghasil nikel laterit di Indonesia yang telah berkembang menjadi pusat kegiatan penambangan dan pengolahan nikel.

Endapan nikel laterit di wilayah Maluku Utara terbentuk melalui proses laterisasi yang menghasilkan distribusi unsur yang berbeda pada setiap zona endapan. Zona limonit memiliki kadar besi oksida (Fe_2O_3) yang tinggi, sedangkan zona saprolit kandungan silika (SiO_2) serta kadar nikel (Ni) yang tinggi. Variasi komposisi kimia tersebut berpengaruh terhadap sifat metalurgi bijih dan menjadi salah satu faktor yang menentukan pemilihan teknologi pengolahan nikel.

Kadar nikel (Ni) di industri pengolahan nikel digunakan sebagai parameter yang menentukan kelayakan ekonomi bijih nikel laterit. Kandungan Fe_2O_3 berpengaruh terhadap sifat metalurgi bijih dan faktor penentu pemilihan teknologi pengolahan, di mana bijih dengan kadar Fe_2O_3 tinggi lebih sesuai untuk proses hidrometalurgi, sedangkan bijih dengan kandungan besi yang lebih rendah diolah melalui proses pirometalurgi. Selain itu, kandungan SiO_2 berperan pada pembentukan *slag* selama proses peleburan yang dapat mempengaruhi konsumsi energi, stabilitas proses, dan biaya pengolahan nikel (Arifin et al., 2023). Oleh karena itu, informasi mengenai komposisi kimia bijih sangat diperlukan dalam perencanaan pengolahan mineral dan pengendalian kualitas bahan baku pada industri nikel.

Beberapa penelitian telah melaporkan karakteristik kimia bijih nikel laterit di berbagai wilayah Indonesia, khususnya di daerah Sulawesi dan Papua, yang menunjukkan adanya variasi distribusi unsur seperti Ni, Fe, dan SiO_2 pada setiap zona laterit. Penelitian-penelitian sebelumnya telah melaporkan karakteristik kimia bijih nikel laterit di wilayah Indonesia, khususnya di daerah Sulawesi dan Papua, yang menunjukkan adanya variasi distribusi unsur seperti Ni, Fe, dan SiO_2 pada setiap zona laterit (Hasria et al., 2024; Qi et al., 2024; Supit et al., 2025). Penelitian lain juga menunjukkan bahwa komposisi kimia bijih nikel laterit mempengaruhi kinerja proses pemisahan mineral serta tingkat perolehan nikel dalam proses flotasi (Rantang et al., 2025). Namun demikian, kajian yang membandingkan variasi kadar Ni, Fe_2O_3 , dan SiO_2 berdasarkan perbedaan jenis material hasil

penambangan, seperti batuan, tanah, dan material campuran, pada endapan nikel laterit di wilayah Maluku Utara masih terbatas. Informasi tersebut digunakan untuk pengendalian kualitas bijih dan formulasi pencampuran bahan baku (*blending*) dalam proses pengolahan nikel.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan kadar nikel (Ni), besi oksida (Fe_2O_3), dan silika (SiO_2) pada bijih nikel laterit yang berasal dari wilayah Maluku Utara berdasarkan perbedaan jenis sampel, yaitu batuan, tanah, dan material campuran.

Prosedur Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bijih nikel laterit basah (*wet nickel ore*) yang berasal dari wilayah Maluku Utara, meliputi Ternate, kawasan industri pertambangan di Pulau Halmahera, serta pulau-pulau sekitarnya. Sampel diklasifikasikan berdasarkan jenis material menjadi tiga kelompok, yaitu sampel batu (*rock sample*), sampel tanah (*soil sample*), dan sampel campuran (*mixed sample*).

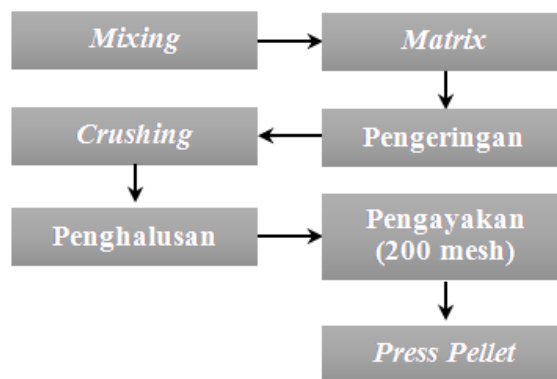
a. Alat dan bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi oven, *jaw crusher*, *double roll crusher*, pulverizer. Peralatan pendukung lainnya meliputi kompresor, alat pengayak (*screening*), talang, *scoop*, wadah dan kantong sampel serta label aluminium. Proses pembentukan pelet dilakukan menggunakan alat pellet press yang dilengkapi dengan die set dan aluminium cup. Analisis komposisi kimia dilakukan menggunakan instrumen *X-Ray Fluorescence* tipe Epsilon 4 dengan sistem *Energy Dispersive X-Ray Fluorescence* (ED-XRF). Sampel bijih dipreparasi hingga berukuran ± 200 mesh. Kalibrasi dan validasi hasil analisis digunakan *Certified Reference Materials* (CRM) bijih nikel komersial (OREAS).

b. Preparasi Sampel

Sebelum dilakukan analisis komposisi kimia, sampel bijih nikel laterit melalui tahapan preparasi untuk memperoleh homogenitas. Sampel batu dan sampel tanah terlebih dahulu dikeringkan pada suhu ruang, kemudian dihancurkan, digerus, dan diayak untuk memperoleh ukuran partikel yang seragam.

Serbuk sampel yang telah homogen kemudian dipreparasi dalam bentuk pelet menggunakan metode penekanan (*pressed pellet*) dengan bantuan alat press merk ATLAS. Tahapan preparasi sampel ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan preparasi sampel

c. Analisa XRF

Analisis kandungan unsur nikel (Ni), besi oksida (Fe_2O_3), dan silika (SiO_2) dilakukan menggunakan instrumen *X-Ray Fluorescence* (XRF) tipe Epsilon 4. Pengukuran dilakukan setelah instrumen mencapai kondisi operasi stabil sesuai dengan prosedur standar pabrika. Setiap pelet sampel ditempatkan pada sample holder dan dianalisis. Data spektrum yang dihasilkan kemudian diolah menggunakan perangkat lunak bawaan instrumen untuk memperoleh komposisi kimia dalam bentuk persentase berat (% berat) unsur Ni, Fe_2O_3 , dan SiO_2 .

d. Analisis Data

Data hasil analisis XRF dianalisis secara deskriptif dan komparatif untuk mengevaluasi perbedaan kadar Ni, Fe_2O_3 , dan SiO_2 berdasarkan jenis sampel (batu, tanah, dan campuran). Hasil analisis digunakan untuk mengkaji karakteristik kimia bijih nikel laterit dari wilayah Maluku Utara serta implikasinya terhadap pengendalian kualitas bahan baku dan potensi pemilihan jalur pengolahan pada industri pengolahan dan hilirisasi nikel.

Hasil dan Pembahasan

a. Karakteristik kimia bijih nikel laterit

Hasil analisis *X-Ray Fluorescence* (XRF) terhadap sampel batu, sampel tanah, dan sampel campuran menunjukkan adanya variasi pada

kadar nikel (Ni), besi oksida (Fe_2O_3), dan silika (SiO_2). Variasi komposisi kimia menunjukkan perbedaan tingkat pelapukan, dan karakteristik material penyusun. Data hasil analisis disajikan pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3.

Tabel 1. Hasil analisis XRF sampel batu

Sampel	%Ni	% Fe_2O_3	% SiO_2
A1	0,4570	8,4830	40,2360
A2	0,4910	8,9270	40,3190
A3	0,5210	8,9970	40,2360

Tabel 2. Hasil analisis XRF sampel tanah

Sampel	%Ni	% Fe_2O_3	% SiO_2
B1	2,1420	55,8830	11,2160
B2	3,0140	35,4610	25,4950
B3	2,7830	41,6190	21,9410

Tabel 3. Hasil analisis XRF campuran

Sampel	%Ni	% Fe_2O_3	% SiO_2
C1	1,9980	15,3770	37,1850
C2	1,1110	8,3320	39,0580
C3	1,6640	13,7600	38,3150

b. Sampel Batu

Sampel batu menunjukkan kadar Ni yang rendah, yaitu berkisar antara 0,4570-0,5210 %. Kisaran kadar tersebut merupakan karakteristik batuan ultramafik, di mana nikel masih terikat dalam struktur mineral olivin dan piroksen, serta belum mengalami pelepasan dan perpindahan unsur. Proses laterisasi yang melibatkan pelapukan, pelindian unsur-unsur yang mudah larut, dan pengayaan nikel, belum berlangsung optimal pada material tersebut. Kadar Fe_2O_3 pada sampel batu tergolong rendah, yaitu antara 8,4830-8,9970 %, yang menunjukkan bahwa pelapukan belum berlangsung cukup lama dan belum menyebabkan pembentukan serta pengendapan oksida besi dalam jumlah yang signifikan pada material tersebut.

Sebaliknya, kadar SiO_2 pada sampel batu relatif tinggi, sekitar 40 %. Mineral silikat, seperti olivin, piroksen, dan serpentin, yang umum ditemukan pada batuan ultramafik. Kandungan silika yang tinggi berkorelasi dengan kadar nikel yang rendah serta memberikan

masalah pada proses pengolahan, khususnya karena peningkatan pembentukan slag dan konsumsi energi pada proses pirometalurgi.

c. Sampel Tanah

Sampel tanah menunjukkan peningkatan kadar Ni yang signifikan, berkisar 2,1420-3,0140 %. Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa proses pelapukan telah berlangsung lebih lanjut, sehingga nikel mengalami pelepasan dari mineral primer dan terakumulasi pada fraksi halus hasil pelapukan. Pada mekanisme laterisasi, unsur nikel terkonsentrasi pada lapisan yang lebih terlapuk.

Kadar Fe_2O_3 pada sampel tanah juga relatif tinggi, yaitu antara 35,4610-55,8830 %, dengan kadar mineral oksida dan hidroksida besi, seperti goetit dan hematit yang tinggi. Karakteristik tersebut merupakan ciri khas zona limonit pada endapan nikel laterit. Sementara itu, kadar SiO_2 mengalami penurunan yang cukup signifikan, berada pada kisaran 11,2160-25,4950 %. Penurunan kadar silika mengindikasikan terjadinya pelindian silika selama proses laterisasi, yang berkontribusi terhadap pengayaan relatif Fe_2O_3 dan Ni pada zona tersebut.

d. Sampel campuran

Sampel campuran menunjukkan karakteristik komposisi kimia yang berada di antara sampel batu dan sampel tanah. Kadar Ni berada pada kisaran 1,1110-1,9980 %, sedangkan kadar Fe_2O_3 berkisar antara 8,3320-15,3770 %, dan kadar SiO_2 relatif tinggi, yaitu 37,1850-39,0580 %. Hal ini menunjukkan bahwa sampel campuran merupakan hasil pencampuran material dengan tingkat pelapukan yang berbeda, di mana material batuan masih memberikan kontribusi yang signifikan terhadap komposisi kimia sampel.

Karakteristik sampel campuran umum dijumpai dalam penambangan, khususnya pada tahap *blending*, yang bertujuan untuk menyesuaikan kadar bijih agar memenuhi spesifikasi bahan baku yang dipersyaratkan oleh proses pengolahan. Material campuran memberikan fleksibilitas operasional, namun memerlukan pengendalian kualitas yang ketat agar tidak menurunkan kinerja proses pengolahan (Noor et al., 2022).

Perbandingan ketiga jenis sampel menunjukkan adanya hubungan yang saling berkaitan antara kadar Ni, Fe₂O₃, dan SiO₂. Sampel dengan kadar Fe₂O₃ yang tinggi menunjukkan kadar SiO₂ yang lebih rendah, sedangkan sampel dengan kadar SiO₂ yang tinggi cenderung memiliki kadar Ni dan Fe₂O₃ yang lebih rendah. Pelapukan menyebabkan pelindian silika dan akumulasi oksida besi serta nikel pada lapisan yang lebih terlapuk (Fathoni & Mubarak, 2024).

Sampel batu dengan kadar Ni rendah dan SiO₂ tinggi cenderung kurang ekonomis dan memerlukan biaya pengolahan yang lebih tinggi. Sebaliknya, sampel tanah dengan kadar Ni dan Fe₂O₃ yang tinggi lebih sesuai untuk pengolahan hidrometalurgi, seperti *High Pressure Acid Leaching* (HPAL). Sementara itu, sampel campuran berpotensi dimanfaatkan melalui *blending* untuk memperoleh kadar yang sesuai dengan kebutuhan pengolahan tertentu (Qulub Al Asrori et al., 2022; F et al., 2024).

Kesimpulan

Hasil analisis ED-XRF menunjukkan bahwa karakteristik kimia terbaik sampel tanah sebagai bijih nikel laterit, dengan kadar Ni berkisar 2,14-3,01%, kadar Fe₂O₃ berkisar 35,46-55,88%, dan kadar SiO₂ relatif rendah pada kisaran 11,22-25,50%. Sampel campuran menunjukkan karakteristik menengah dengan kadar Ni 1,11-1,99%, Fe₂O₃ 8,33-15,38%, dan SiO₂ 37,19-39,06%. Sampel batu menunjukkan kualitas terendah, dengan kadar Ni hanya 0,46-0,52%, Fe₂O₃ 8,48-9,00%, dan SiO₂ tertinggi sekitar 40%.

Data karakteristik kimia bijih nikel laterit yang diperoleh dari wilayah Maluku Utara dapat dimanfaatkan sebagai pengendali kualitas bijih, perencanaan penambangan yang lebih tepat sasaran, serta penentuan jalur pengolahan yang sesuai dalam mendukung industri pengolahan dan hilirisasi nikel secara berkelanjutan.

Ucapan Terimakasih

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada PT Sucofindo Maluku Utara, Site Weda, atas dukungan melalui penyediaan fasilitas dan data yang diperlukan dalam pelaksanaan

penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh pihak yang telah memberikan bantuan dan kontribusi dalam proses penelitian serta penulisan artikel ini.

Daftar Pustaka

- Arifin, M., Bakhri, S., Juradi, M. I., Bakri, S., Nurhawaisyah, S. R., & Angga Mulia, M. I. (2023). Pengaruh Variasi Konsentrasi Asam Organik Terhadap Nilai Recovery Nikel Pada Proses Leaching Nikel Laterit. *Journal of Chemical Process Engineering*, 8(2), 81–88. <https://doi.org/10.33096/jcpe.v8i2.624>
- F, F., Thamsi, A. B., & Badduwahe, H. (2024). Korelasi MgO dan SiO₂ Terhadap Kadar Ni dan Fe Pada Endapan Nikel Laterit di PT MKAL. *Jurnal GEOSAPTA*, 10(1), 25. <https://doi.org/10.20527/jg.v10i1.15264>
- Fathoni, M. W., & Mubarak, M. Z. (2024). Studi perilaku pelindian bijih besi nikel limonit dari pulau halmahera dalam larutan asam nitrat. *Majalah Metalurgi*, 30(3), 115–124.
- Golroudbary, S. R., Kraslawski, A., Wilson, B. P., & Lundström, M. (2023). Assessment of environmental sustainability of nickel required for mobility transition. *Frontiers in Chemical Engineering*, Volume 4-, 1–11. <https://doi.org/10.3389/fceng.2022.978842>
- Guo, F., Liu, W., He, Y., Li, X., & Zhang, H. (2024). Study on the combustion characteristics and pollutant emissions of cold-pressed pellets and pellet powders in fluidized-bed. *Renewable Energy*, 220(September 2023). <https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.119689>
- Hasria, Jaya, R. I., Awadh, S. M., Riskiyanti, Deniyatno, Syahrul, & Septiana, S. (2024). Iraqi Geological Journal. *Iraqi Geological Journal*, 57(2C), 171–183. <https://doi.org/10.46717/igj.57.2C.13ms-2024-9-21>
- Kalungi, P., Yao, Z., & Huang, H. (2024). Aspects of Nickel, Cobalt and Lithium, the Three Key Elements for Li-Ion Batteries: An Overview on Resources, Demands, and Production. *Materials*, 17(17), 1–25. <https://doi.org/10.3390/ma17174389>

- König, U. (2021). Nickel Laterites—Mineralogical Monitoring for Grade Definition and Process Optimization. *Minerals*, 11(11), 1–16. <https://doi.org/10.3390/min11111178>
- Mijatović, N., Vasić, M., Miličić, L., Radomirović, M., & Radojević, Z. (2023). Fired pressed pellet as a sample preparation technique of choice for an energy dispersive X-ray fluorescence analysis of raw clays. *Talanta*, 252(August 2022). <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2022.123844>
- Qi, D.-R., Lan, T.-G., Shu, Q., Feng, Y., & Zhou, S.-H. (2024). Nickel enrichment during lateritization of ophiolitic ultramafic rocks: A case study from the Kelurahan Pondidrha laterite profile in Sulawesi, Indonesia. *Ore Geology Reviews*, 170, 106140. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2024.106140>
- Qulub Al Asrori, T., Nabila Putri, H., Ketut Sari Jurusan Teknik Kimia, N., Teknik, F., Pembangunan Nasional, U., Timur Jl Raya Rungkut Madya No, J., & Anyar, G. (2022). Ekstraksi Nikel Dari Bijih Nikel Laterit Sorowako Dengan Asam Nitrat. *Inovasi Teknik Kimia*, 7(2), 53–57.
- Rantang, C. K., Lestari, M. A., Y, P. Y., Rony, P. C., Tikupadang, I., & Sarungallo, R. S. (2025). Optimasi flotasi bijih nikel laterit menggunakan depresan pati singkong karet (Manihot glaziovii) dengan variasi konsentrasi pati dan pH terhadap recovery nikel. *Cassowary*, 8(4), 104–114.
- Supit, J. M., Idrus, A., Petrus, H. T. B. M., Sukadana, I. G., & Pratiwi, F. (2025). Nickel and Scandium-Bearing Minerals Associated with Limonitic Laterite Zone of the Lameruru Deposit in Southeast Sulawesi, Indonesia. *Indonesian Journal on Geoscience*, 12(2), 175–197. <https://doi.org/10.17014/ijog.12.2.175-197>