

Analisis Perbandingan Kadar MgO Dan SiO₂ Pada Endapan Nikel Laterit Di Daerah Boedingi, Sulawesi Tenggara

Comparative Analysis of MgO and SiO₂ in Nickel Laterite Deposits, Boedingi, Southeast Sulawesi

Adriansyah Wuriadin Lantapi¹, Gina Audina P Alhabsyi², Raivel¹, Sara Septiana¹, Alwan Satapona¹, Winarno¹

1. Teknik Geologi, Universitas Sulawesi Tenggara, adrianlantapi@gmail.com
2. Teknik Pertambangan, Universitas Pejuang Republik Indonesia

ABSTRAK

Sulawesi Tenggara merupakan salah satu wilayah prospektif pembentukan endapan nikel laterit yang berkembang pada batuan ultramafik dan mengalami proses lateritisasi intensif. Perbedaan kadar MgO dan SiO₂ menjadi parameter penting dalam menafsirkan karakter geokimia, tipe endapan, serta kualitas bijih nikel laterit. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbandingan kadar MgO dan SiO₂ pada endapan nikel laterit di Daerah Boedingi, Sulawesi Tenggara, khususnya pada Pit A dan Pit E. Metode yang digunakan adalah metode deskriptif-analitik melalui observasi geologi lapangan, identifikasi litologi, pengambilan sampel bijih laterit, preparasi sampel, serta analisis geokimia menggunakan instrumen X-Ray Fluorescence (XRF) Epsilon 4. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Pit A memiliki kadar MgO sebesar 30,28% dan SiO₂ sebesar 40,29%, lebih tinggi dibandingkan Pit E yang memiliki kadar MgO sebesar 17,05% dan SiO₂ sebesar 36,33%. Perbedaan tersebut menunjukkan variasi karakter lateritisasi dan litologi batuan induk, dimana Pit A yang berasosiasi dengan litologi dunit cenderung memiliki karakter lebih magnesian dan siliceous, sedangkan Pit E yang berasosiasi dengan harzburgit menunjukkan kecenderungan lebih ferruginous dan aluminous. Berdasarkan karakter geokimianya, Pit A diinterpretasikan sebagai tipe endapan laterit oxide deposit, sedangkan Pit E lebih mencerminkan tipe hydrous silicate deposit. Dengan demikian, perbandingan kadar MgO dan SiO₂ dapat digunakan sebagai dasar dalam interpretasi karakter endapan, kualitas bijih, dan arahan kegiatan eksplorasi maupun penambangan nikel laterit secara lebih selektif.

Kata kunci: MgO, SiO₂, Nikel Laterit, Geokimia, Boedingi.

ABSTRACT

Southeast Sulawesi is one of the prospective regions for nickel laterite deposit formation, developed on ultramafic rocks under intensive lateritization processes. The variation of MgO and SiO₂ contents is an important parameter for interpreting geochemical characteristics, deposit type, and nickel laterite ore quality. This study aims to analyze the comparison of MgO and SiO₂ contents in nickel laterite deposits in the Boedingi area, Southeast Sulawesi, particularly at Pit A and Pit E. The research applied a descriptive-analytical method through geological field observation, lithological identification, laterite ore sampling, sample preparation, and geochemical analysis using an X-Ray Fluorescence (XRF) Epsilon 4 instrument. The results show that Pit A contains 30.28% MgO and 40.29% SiO₂, which are higher than those of Pit E, with 17.05% MgO and 36.33% SiO₂. These differences indicate variations in lateritization characteristics and parent rock lithology, where Pit A, associated with dunite, tends to show a more magnesian and siliceous character, while Pit E, associated with harzburgite, shows a more ferruginous and aluminous tendency. Based on its geochemical characteristics, Pit A is interpreted as an oxide laterite deposit type, whereas Pit E reflects a hydrous silicate deposit type. Therefore, the comparison of MgO and SiO₂ contents can be used as a basis for interpreting deposit characteristics, ore quality, and supporting more selective exploration and mining strategies for nickel laterite deposits.

Keywords: MgO, SiO₂, Nickel Laterite, geochemistry, Boedingi.

PENDAHULUAN

Indonesia, khususnya Sulawesi Tenggara, merupakan salah satu wilayah penting pembentuk endapan nikel laterit di Asia Tenggara karena berkembang pada sabuk ofiolit yang tersusun oleh batuan ultramafik dan mengalami pelapukan intensif di iklim tropis. Dalam sistem laterit,

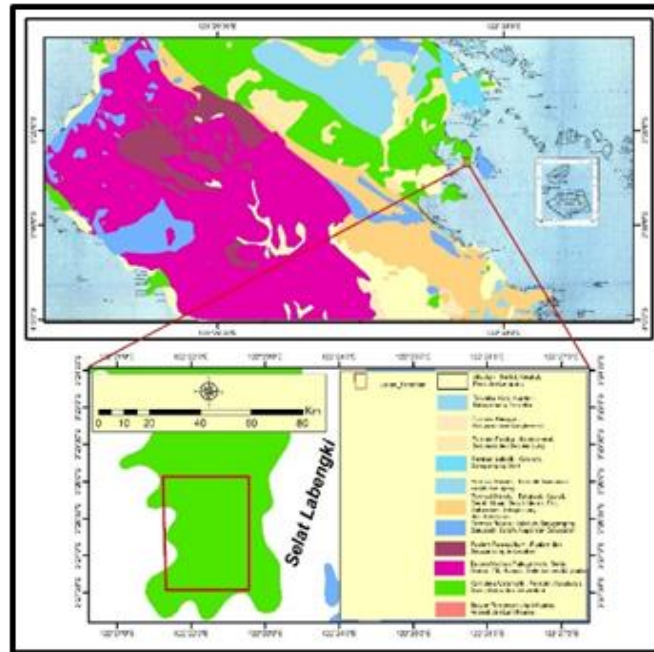
perbedaan komposisi kimia antar zona pelapukan menjadi kunci untuk memahami kualitas bijih, karakter mineralisasi, dan implikasinya terhadap proses pengolahan. Unsur MgO dan SiO_2 termasuk parameter geokimia yang penting karena umumnya meningkat pada zona saprolit, berasosiasi dengan mineral silikat terhidrasi, serta berpengaruh terhadap klasifikasi tipe endapan dan perilaku bijih saat diproses. Pada sisi metalurgi, rasio dan kelimpahan $MgO-SiO_2$ juga memengaruhi pembentukan fase silikat, kebutuhan bahan tambahan, dan tingkat perolehan nikel, terutama pada bijih saprolit (Nurjaman dkk, 2021). Selain itu, tinjauan regional menunjukkan bahwa endapan $Ni(Co)$ laterit di Asia Tenggara, terutama Indonesia, dikontrol oleh litologi batuan dasar, topografi, iklim, struktur, dan derajat serpentinisasi, sehingga variasi geokimia lokal perlu dikaji secara rinci (Soh Tamehe dkk, 2024).

Sejumlah penelitian terdahulu telah menegaskan pentingnya hubungan geokimia MgO dan SiO_2 dalam endapan nikel laterit (Hasria dkk, 2024) pada endapan laterit Wiwirano, Sulawesi Tenggara, menunjukkan bahwa zona limonit dicirikan oleh pengayaan Fe_2O_3 , Al_2O_3 , dan Co , sedangkan zona saprolit memperlihatkan kandungan SiO_2 dan MgO yang tinggi serta pengayaan Ni . Menurut Qi dkk, (2024) di Sulawesi juga memperlihatkan bahwa selama lateritisasi batuan ultramafik, kandungan MgO cenderung menurun ke arah zona yang lebih melapuk, sementara pengayaan nikel banyak terkait dengan adsorpsi sekunder pada lapisan saprolitik. Pada skala operasi tambang, Lestari dan Sufriadin (2023) menemukan perbedaan kadar SiO_2 dan MgO yang nyata antar blok penambangan dan menegaskan bahwa variasi tersebut berimplikasi langsung pada kebutuhan blending serta kesesuaian bijih terhadap spesifikasi peleburan. Sementara itu, Firdaus dkk (2024) menunjukkan bahwa MgO berkorelasi terbalik terhadap Ni dan Fe , sedangkan SiO_2 memperlihatkan kecenderungan meningkat bersama pemekatan bijih pada profil laterit tertentu. Berdasarkan kajian tersebut, masih terdapat celah penelitian pada skala pit yang secara khusus membandingkan kadar MgO dan SiO_2 untuk menafsirkan perbedaan karakter endapan dalam satu area tambang yang sama. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada perbandingan kadar MgO dan SiO_2 pada endapan nikel laterit di Daerah Boedingi, Sulawesi Tenggara, guna mengidentifikasi perbedaan karakter geokimia antara dua pit serta keterkaitannya dengan tipe endapan laterit. Kebaruan penelitian ini terletak pada pendekatan komparatif antar-pit dalam satu wilayah prospek, penggunaan data XRF pada sampel front penambangan, dan penautan langsung antara variasi $MgO-SiO_2$ dengan interpretasi tipe *oxide deposit* dan *hydrous silicate deposit*. Dengan demikian, hasil penelitian diharapkan dapat memperkuat dasar evaluasi kualitas bijih dan mendukung pengambilan keputusan eksplorasi maupun penambangan yang lebih selektif.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan metode deskriptif-analitik melalui tahapan kerja lapangan dan laboratorium untuk mengevaluasi perbandingan kadar MgO dan SiO_2 pada endapan nikel laterit di Daerah Boedingi, Sulawesi Tenggara. Tahap persiapan meliputi studi pustaka, pengumpulan data sekunder, interpretasi peta geologi, serta penentuan titik pengamatan dan lokasi pengambilan sampel pada di area penelitian. Kegiatan lapangan dilakukan melalui observasi geologi dan profil lateritisasi, disertai identifikasi batuan ultramafik. Pengambilan sampel bijih laterit dan sampel batuan di lakukan pada daerah penelitian. Sampel bijih laterit dipreparasi melalui di laboratorium, preparasi sampel bijih laterit di mulai dari tahap preparasi wet hingga preparasi dry serta pengayakan sampai ukuran 200 mesh. Analisis geokimia dilakukan menggunakan instrumen X-Ray Fluorescence (XRF) Epsilon 4. Data hasil analisis selanjutnya

diolah secara deskriptif-komparatif untuk menginterpretasikan variasi kadar MgO dan SiO₂ serta keterkaitannya dengan batuan induk dan karakter endapan laterit.



Gambar 1. Peta Geologi daerah penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisa Geokimia Sampel Bijih Nikel Laterit

Hasil analisis X-Ray Fluorescence (XRF) pada sampel bijih nikel laterit dari Pit A dan Pit E menunjukkan adanya perbedaan komposisi geokimia yang mencerminkan variasi tingkat pelapukan dan karakter batuan induk. Berdasarkan hasil analisa dengan menggunakan instrumen Epsilon 4 pada sampel di front penambangan yang berasal dari Pit A dan Pit E, diketahui bahwa kadar MgO sampel nikel yang berasal dari Pit A menunjukkan nilai persentase di angka 30,28%, dibandingkan dengan kadar MgO sampel nikel yang berasal dari Pit E yang menunjukkan angka 17,05%. Sedangkan untuk kadar SiO₂ sampel nikel yang berasal dari Pit A menunjukkan nilai persentase di angka 40,29%, dibandingkan dengan kadar SiO₂ sampel nikel berasal dari Pit E yang menunjukkan di angka 36,33%.

Tabel 1. Hasil Analisa Epsilon 4 Area Pit A

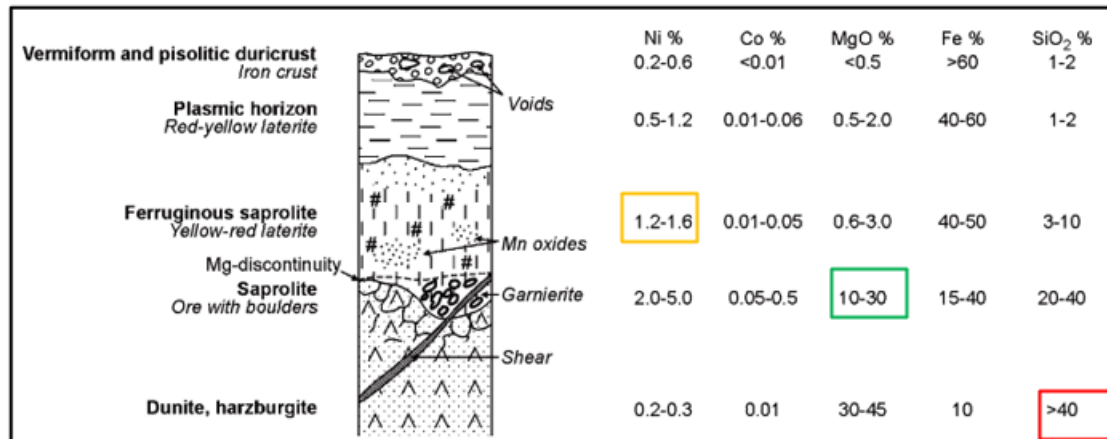
Area	Ni (%)	Fe (%)	Co (%)	MgO (%)	SiO ₂ (%)	CaO (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Cr ₂ O ₃ (%)	MnO (%)
PIT A	1.44	10.44	0.04	31.18	39.59	0.28	1.32	0.70	0.20
	1.33	11.16	0.04	31.36	39.17	0.22	1.05	0.65	0.19
	1.50	10.84	0.04	31.93	41.80	0.26	1.35	0.72	0.20
	1.89	13.48	0.04	26.65	40.61	0.42	3.00	0.90	0.28

Tabel 2. Hasil Analisa Epsilon 4 Area Pit E

Area	Ni (%)	Fe (%)	Co (%)	MgO (%)	SiO ₂ (%)	CaO (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Cr ₂ O ₃ (%)	MnO (%)
PIT E	1.33	17.12	0.07	14.73	35.75	0.98	8.33	1.29	0.40
	1.16	12.89	0.06	19.65	40.65	1.45	5.97	0.96	0.26
	1.14	18.50	0.08	14.63	30.67	1.00	8.28	1.36	0.48
	1.14	13.65	0.06	19.17	38.26	1.50	5.65	1.04	0.29

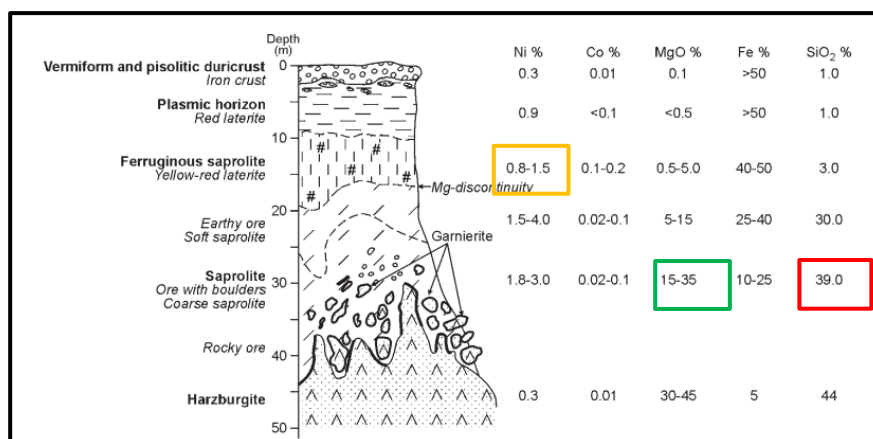
Hasil Analisa Geokimia Kadar MgO dan SiO₂

Pada Pit A kandungan MgO dengan hasil analisa di angka 30.28%, dengan kondisi MgO terbentuk di angka tersebut menurut Freyssinet, dkk (2005) bahwa pembentukkannya berada di kedalaman 10-20 meter dibawah permukaan pada batuan ultramafik dengan tipikal *ferruginous saprolite*, dalam proses pembentukkannya Mg teroksidasi oleh air tanah dan membentuk material saprolit yang bongkahnya bersifat masif. Pada kandungan SiO₂ dengan hasil analisa 40.29% dimana Si akan di gantikan oleh *pseudomorf goethit* yang akan terbentuk pada batuan **Dunite** yang akan mengalami perselingan antara *boulder – boulder* dan *saprolite* pada zona *saprolite* (Gambar 2).



Gambar 2. Tipe Endapan Laterit *Oxides Deposit* (Freyssinet, dkk, 2005)

Kandungan MgO dan SiO₂ pada Pit E di pengaruhi oleh tipe endapan laterit *Hydrous Silicate Deposit* (Gambar 3). Pada endapan tipe *hydrous silicate* bagian bawah zona *saprolite* (horizon bijih) didominasi oleh mineral-mineral *hydrous* Mg-Ni silikat setempat pada zona saprolit, urat-urat halus dan *box-work* dapat terbentuk (Elias, 2002). Pada profil laterit *Hydrous silicate deposit* oleh Freyssinet, dkk., 2005 kadar MgO di angka 17.05% dan SiO₂ di angka 36.33% menunjukkan bahwa terbentuk pada kedalaman kurang lebih 30 meter di bawah permukaan pada batuan *ultramafik* yang pada batuan tersebut mengalami pengayaan pada zona *saprolite*.



Gambar 3. Type Endapan Laterit *Hydrous silicate deposit, New Caledonia* (Freyssinet, dkk., 2005)

Litologi Daerah Penelitian

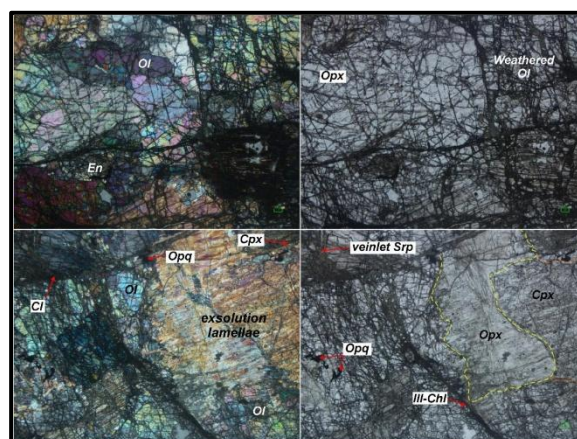
Pada Pit A di jumpai litologi berupa **Dunite** dengan kenampakan lapangan berwarna hijau kehitaman, hipokristalin, faneritik bentuk euhedral-subhedral, relasi inequigranular, struktur massif. Batuan ini kaya dengan olivine dan beberapa bagian menunjukkan rekahan (Gambar 4). Secara mikroskopis (Gambar 5), **Dunite** tersusun oleh mineral *orthopyroxene*, *clinopyroxene*, *olivine*, dan *Cr-spinel*. Batuan ini membentuk beberapa tekstur dengan tekstur khusus berupa *protogranular*. *Olivine* berwarna hijau hingga keunguan, *birefringence* tinggi, beberapa tampak dalam bentuk butiran kecil (0.05 - 0.8 mm) akibat dipisahkan oleh *veinlet* yang berisi mineral ubahan seperti *serpentine*, namun beberapa ukuran kristal masih dapat ditentukan hingga 3.15 mm. Mineral *orthopyroxene* berwarna putih hingga coklat kelabu, *parallel extinction*, *birefringence* rendah, warna orde I, bentuk subhedral-anhedral dengan ukuran butir mineral hingga 2 mm. *Clinopyroxene exsolution* pada *olivine* berwarna hijau kekuningan hingga orange kemerahan, relief sedang dan *oblique extinction*. *Opaque minerals* tersebar di antara *olivine* dan Sebagian terpotong oleh *vein*. Mineral ini sebagian besar terlihat pada mineral *pyroxene* dan di antara kristal, beberapa di antaranya berbentuk kubik sebagai inklusi utama.



Gambar 4. Kenampakan singkapan **Dunite** pada Pit A

X-Nikol

//-Nikol



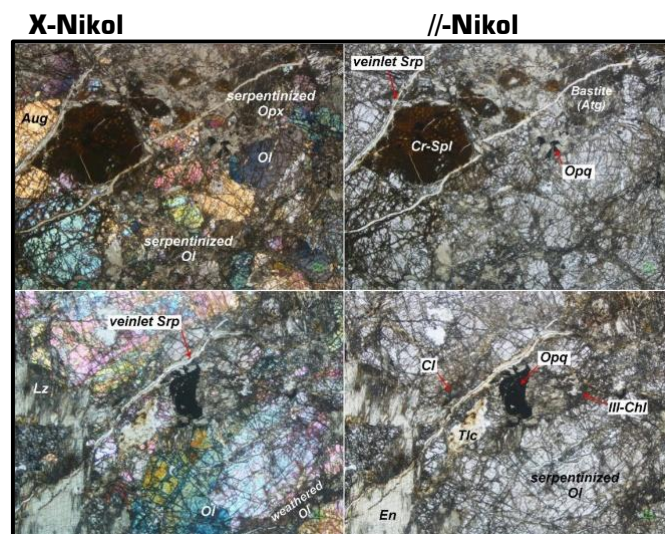
Gambar 5. Kenampakan secara mikroskopis

Litologi yang di jumpai pada Pit E berupa singkapan **Hazburgite** dengan kenampakan lapangan berwarna abu-abu kehitaman, hipokristalin, faneritik, euhedral-subhedral, relasi inequigranular (Gambar 6).



Gambar 6. Kenampakan singkapan *Hazburgite* pada Pit A

Melalui pengamatan mikroskop (Gambar 7) *Hazburgite* tersusun oleh mineral *orthopyroxene*, *clinopyroxene*, *olivine*, dan *opaque minerals* yang diindikasikan sebagai *Cr-spinel*, *magnetite*, dan/atau *hematite*. Batuan ini membentuk beberapa tekstur dengan tekstur khusus berupa *protogranular* dan *exsolution lamellae* (khususnya pada mineral *pyroxene group*). *Olivine* berwarna hijau hingga keunguan, *birefringence* tinggi, beberapa tampak dalam bentuk butiran kecil (0.02 - 1 mm) akibat dipisahkan oleh *veinlet* yang berisi mineral ubahan seperti *serpentine*, namun beberapa ukuran kristal masih dapat ditentukan hingga 5 mm. Mineral *orthopyroxene* berwarna putih hingga coklat kelabu, *parallel extinction*, *birefringence* rendah, warna orde I, bentuk subhedral-anhedral dengan ukuran butir mineral hingga 1.24 mm. Beberapa kristal *orthopyroxene* digantikan oleh *serpentine* khususnya di bagian tepi dan permukaan mineral. *Clinopyroxenes exsolution* pada *olivine* berwarna hijau kekuningan hingga orange kemerahan, relief sedang dan *oblique extinction*. *Opaque minerals* tersebar di antara *olivine* dan beberapa terpotong oleh *vein*. *Spinel vermicular* sebagian besar terlihat pada mineral *pyroxene* dan di antara kristal, beberapa di antaranya berbentuk kubik sebagai inklusi utama.



Gambar 7. Kenampakan secara mikroskopis

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Terdapat perbedaan yang signifikan dalam kadar MgO dan SiO₂ antara sampel bijih nikel yang diambil dari Pit A dan Pit E. Pada Pit A, kadar MgO lebih tinggi (30,28%) dan SiO₂ juga lebih tinggi (40,29%) dibandingkan dengan Pit E, yang memiliki kadar MgO (17,05%) dan SiO₂ (36,33%) lebih rendah. Pit A lebih dipengaruhi oleh material saprolitik yang masih mempertahankan komponen magnesian-silikat, sedangkan Pit E menunjukkan kecenderungan pengayaan unsur residu sebagai hasil pelapukan yang lebih intensif.
2. Perbedaan kadar MgO dan SiO₂ ini menunjukkan bahwa karakteristik geokimia endapan pada kedua pit berbeda, dengan Pit A didominasi oleh tipe endapan laterit *oxide* deposit, sementara Pit E lebih dominan dengan tipe endapan laterit *hydrous silicate* deposit.
3. Pit A memiliki karakter geokimia yang lebih *magnesian* dan *siliceous*, sedangkan Pit E memperlihatkan kecenderungan lebih *ferruginous* dan *aluminous*. Perbedaan ini mengindikasikan bahwa kedua pit terbentuk pada kondisi lateritisasi yang berbeda dan dipengaruhi oleh variasi litologi batuan induk ultramafik. Oleh karena itu, perbandingan kadar MgO dan SiO₂ pada daerah Boedingi dapat digunakan sebagai dasar untuk menafsirkan kualitas bijih, karakter endapan laterit, serta hubungan antara proses pelapukan dengan komposisi geokimia batuan dasar.

DAFTAR PUSTAKA

- Firdaus, F., Thamsi, A.B. dan Badduwahe, H., 2024. Korelasi MgO dan SiO₂ Terhadap Kadar Ni dan Fe Pada Endapan Nikel Laterit di PT MKAL. *Jurnal GEOSAPTA*, 10(1), pp. 25–30.
- Freyssinet, P., Butt, C.R.M., Morris, R.C. dan Piantone, P., 2005. *Ore-Forming Processes Related To Lateritic Weathering. Economic Geology 100th Anniversary Volume*, 1, pp. 681–722.
- Hasria, Jaya, R.I.M.C., Awadh, S.M., Riskiyanti, Deniyatno, Syahrul dan Septiana, S., 2024. *Mineralogy And Geochemical Characteristics Of Lateritic Nickel Deposit In Wiwirano District, North Konawe, SE Sulawesi, Indonesia. Iraqi Geological Journal*, 57(2C), pp. 171–183.
- Lestari, A. dan Sufriadin, S., 2023. Analisis Perbandingan Kadar Bijih Laterit Antara *East Block dan West Block* PT Vale Indonesia Tbk. *Mining Science and Technology Journal*, 2(3), pp. 147–155.
- Nurjaman, F., Astuti, W., Bahfie, F. dan Suharno, B., 2021. *Study Of Selective Reduction In Lateritic Nickel Ore: Saprolite Versus Limonite. Materials Today: Proceedings*, 44, pp. 1488–1494.
- Qi, D.-R., Lan, T.-G., Shu, Q., Feng, Y. dan Zhou, S.-H., 2024. *Nickel Enrichment During Lateritization Of Ophiolitic Ultramafic Rocks: A Case Study From The Kelurahan Pondidaha Laterite Profile In Sulawesi, Indonesia. Ore Geology Reviews*, 170, 106140.
- Rusmana, E., Sukido, Sukarna, D., Haryono, E., Simanjuntak, T., 1993. Peta Geologi Lembar Lasusua-Kendari Skala 1:250000. Pusat Penelitian Pengembangan Geologi, Bandung.
- Soh Tamehe, L., Zhao, Y., Xu, W. and Gao, J., 2024. Ni(Co) *Laterite Deposits Of Southeast Asia: A Review And Perspective. Minerals*, 14(2), 134.
- Surono., 2013. Geologi Lengan Tenggara Sulawesi, Badan Geologi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Bandung.
- Tonggiroh, A., 2019., Geokimia Serpentinisasi, Ultramafik, dan Potensi Sumberdaya Mineral di Sulawesi Selatan – Sulawesi Tenggara. Makassar: CV. Social Politic Genius (SIGn Art).
- Tonggiroh, A., Irfan, U.R., Maulana, B.R., Burhanuddin, M.S., Samara, W., Bur, I. dan Lantapi, A., 2025. *Multivariate Analysis Of Nickel High Grade At Dunite Boulder Lateritization In Marombo, North Konawe, Southeast Sulawesi. Engineering Headway*, 20, pp. 17–21. ISSN 2813-8333.