



Vol. 08, No. 02, Tahun 2026: 01–10

OPHIOLITE: Jurnal Geologi Terapan

[e-ISSN 2715-4440]

Program Studi Teknik Geologi, Universitas Halu Oleo



[Research Article]

Asosiasi Skandium dan Potensi Logam Tanah Jarang pada Profil Laterit Nikel di Daerah Palangga Selatan, Konawe Selatan, Sulawesi Tenggara

Syahrul¹, Riska¹, Muh. Sabir Syabana¹, Nur Atika, Masri²

¹ Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Sembilanbelas November Kolaka, Sulawesi Tenggara, Indonesia

² Program Studi Teknik Geologi, Universitas Halu Oleo, Kendari, Sulawesi Tenggara, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received: March 31, 2026

Accepted: June 28, 2026

Published: July 30, 2026

Keywords:

scandium
logam tanah jarang
nikel laterit
limonit
korelasi pearson

Corresponding author:

Syahrul

Email: arulexplorer14@gmail.com

Read online:



Scan this QR code with your smart phone or mobile device to read online.

Copyright © 2026 Authors



This work is licensed under a Creative Commons

Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

ABSTRAK

Penelitian ini mengkaji asosiasi skandium (Sc) dan logam tanah jarang (LTJ) pada profil nikel laterit di wilayah IUP PT Generasi Agung Perkasa, Desa Watumbohoti, Palangga Selatan, Konawe Selatan, Sulawesi Tenggara. Sembilan sampel diambil dari enam titik pengamatan pada muka pit, mewakili lapisan batugamping, lempung, limonit, saprolit, dan batuan dasar pada kedalaman 5 sampai 35 m. Kadar Sc dan 14 unsur LTJ ditentukan dengan ICP-MS dan ICP-OES, kadar oksida utama dengan XRF, lalu hubungan antarvariabel diuji dengan korelasi Pearson. Kadar Sc berkisar 0,9 sampai 76 ppm dan kadar total LTJ berkisar 4,4 sampai 60,1 ppm. Kadar Sc tertinggi terdapat pada zona limonit, yaitu 76 ppm pada USN LP06 dan 71 ppm pada USN LP04, sedangkan kadar total LTJ tertinggi pada zona lempung, yaitu 60,1 ppm pada USN LP02 dan 60,0 ppm pada USN LP03. Sc berkorelasi kuat dengan Cr_2O_3 ($r = 0,952$), Fe ($r = 0,949$), dan Co ($r = 0,917$), sedangkan $\sum \text{LTJ}$ hanya berkorelasi dengan Al_2O_3 ($r = 0,771$; $p < 0,05$). Korelasi Sc terhadap total LTJ ($r = 0,161$) dan terhadap Ni ($r = 0,158$) tidak signifikan, sementara Ni berkorelasi dengan MgO ($r = 0,707$; $p < 0,05$). Hasil ini menegaskan dua pengontrol pengayaan yang terpisah pada satu profil, yaitu fraksi oksida besi pada Sc dan mineral lempung kaya alumina pada $\sum \text{LTJ}$. Kadar LTJ terlalu rendah untuk dijadikan sasaran eksplorasi tersendiri, sedangkan Sc pada zona limonit layak diuji lanjut sebagai produk samping nikel melalui pengeboran berspas detail dan analisis mineralogi lanjutan.

ABSTRACT

This study examines the association between scandium (Sc) and rare earth elements (REE) in a nickel laterite profile within the concession of PT Generasi Agung Perkasa, Watumbohoti Village, South Palangga, Southeast Sulawesi. Nine samples were collected from six observation points on the pit face, representing limestone, clay, limonite, saprolite, and bedrock layers between 5 and 35 m depth. Sc and fourteen REE were determined by ICP-MS and ICP-OES, major oxides by XRF, and relationships among variables were tested using Pearson correlation. Sc ranges from 0.9 to 76 ppm and total REE from 4.4 to 60.1 ppm. The highest Sc contents occur in the limonite zone, 76 ppm in USN LP06 and 71 ppm in USN LP04, whereas the highest total REE occur in the clay zone, 60.1 ppm in USN LP02 and 60.0 ppm in USN LP03. Sc correlates strongly with Cr_2O_3 ($r = 0.952$), Fe ($r = 0.949$), and Co ($r = 0.917$) at $p < 0.001$, while $\sum \text{REE}$ correlates significantly only with Al_2O_3 ($r = 0.771$, $p < 0.05$). Sc correlates with neither $\sum \text{REE}$ ($r = 0.161$) nor Ni ($r = 0.158$), whereas Ni correlates with MgO ($r = 0.707$, $p < 0.05$). These results confirm two separate enrichment controls within one profile, the iron oxide fraction for Sc and aluminium-bearing clay for $\sum \text{REE}$. REE contents are too low to justify exploration in their own right, whereas Sc in the limonite zone merits testing as a nickel by-product through regularly spaced drilling and mineralogical analysis.

How to cite: Syahrul, Riska, Syabana, M.S., Atika, N., dan Masri. (2026). Asosiasi Skandium dan Potensi Logam Tanah Jarang pada Profil Laterit Nikel di Desa Watumbohoti, Palangga Selatan, Konawe Selatan, Sulawesi Tenggara. OPHIOLITE: Jurnal Geologi Terapan, 8(2), pp. 01-10. <https://doi.org/10.56099/ophi.v8i2.p1-10>

1 Pendahuluan

Indonesia menempatkan logam tanah jarang (LTJ) sebagai mineral strategis dalam kebijakan hilirisasi mineral. Perubahan Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009 melalui Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2020 beserta peraturan pelaksanaannya membuka ruang pemanfaatan LTJ sebagai komoditas bernilai tambah (Agung, 2024). Perhatian terhadap kelompok unsur ini meningkat karena perannya dalam magnet permanen, perangkat elektronik, dan paduan logam khusus, sementara data dasar kadar LTJ pada endapan di Indonesia masih tersebar dan belum merata antardaerah (Putri dan Lesmana, 2022).

Skandium menempati posisi tersendiri dalam kelompok tersebut. Industri penerbangan dan otomotif memakai paduan aluminium-skandium karena paduan ini ringan, kuat, tahan korosi, dan memperbaiki kinerja pengelasan. Permintaan yang terus naik mendorong pencarian sumber Sc di luar jalur produksi konvensional, termasuk dari aliran proses bijih lain (Lei dkk., 2026, Putri dan Lesmana, 2022).

Laterit nikel menjadi salah satu sasaran pencarian tersebut. Selain Ni dan Co, profil laterit menyimpan Sc dan LTJ dengan kadar yang bervariasi menurut tingkat pelapukan dan mineralogi tiap zona (Putrananda dkk., 2024). Setiawan dkk. (2024) melaporkan pengayaan Sc pada endapan laterit Pomalaa, Kolaka. Fauzi dkk. (2024) memperoleh kadar Sc 5,9–48 ppm pada lapisan limonit hingga batuan dasar di Pulau Sebu. Abidin dkk. (2022) menunjukkan bahwa pengayaan LTJ pada laterit Pulau Gebe dikendalikan oleh mineral Fe dan Al. Paskarino dkk. (2022) juga mencatat indikasi skandium pada zona limonit Blok Tapunopaka, Konawe Utara.

Palangga Selatan menyimpan endapan laterit nikel yang aktif ditambang, tetapi kadar Sc dan LTJ pada profil vertikalnya belum dilaporkan. Lintjewas dkk. (2019) mendeskripsikan profil laterit daerah Palangga tanpa menyertakan analisis Sc maupun LTJ, sedangkan Choi dan Kim (2023) membahas variasi kedalaman batuan dasar tanpa data unsur jejak. Selisih kadar Sc antara Tapunopaka dan Pulau Sebu. memperlihatkan bahwa angka dari satu blok tidak dapat dipindahkan ke blok lain, sehingga pengukuran langsung pada tiap lokasi tetap diperlukan.

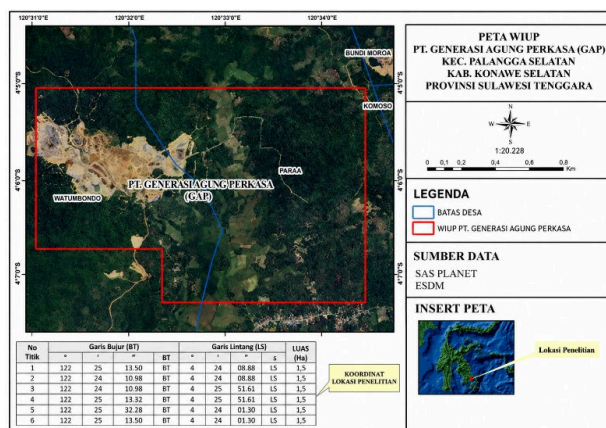
Penelitian ini bertujuan menentukan kadar Sc dan empat belas unsur LTJ pada setiap lapisan profil laterit nikel di Desa Watumbohote, menelusuri hubungan kadar tersebut dengan kadar oksida utama untuk mengetahui lapisan pengayaannya, asosiasi unsur mayor penyerta, dan menilai rentang kadar yang diperoleh terhadap nilai ambang yang dipakai sebagai acuan kelayakan eksplorasi.

2 Nikel Laterit dan Skandium (Sc)

Nikel laterit terbentuk melalui pelapukan dan pengonsentrasian mineral pada batuan ultramafik. Batuan ultramafik mengandung olivin dan piroksen yang mudah lapuk serta menyediakan lingkungan pengendapan yang sesuai bagi nikel. Morfologi, jenis batuan induk, dan tingkat pelapukan menentukan ketebalan serta kadar tiap zona pada profil yang terbentuk (Lintjewas dkk., 2019).

Skandium pada endapan laterit berasal dari pelapukan batuan ultramafik yang sama. Setiawan dkk. (2024) melaporkan bahwa Sc terperangkap dan terkonsentrasi dalam goetit yang baru terbentuk di zona limonit endapan Pomalaa. Fauzi dkk. (2024) memperoleh Sc 5,9–48 ppm dan yttrium yang terkayakan pada lapisan limonit Pulau Sebu. Abidin dkk. (2022) menemukan bahwa pengayaan LTJ pada endapan Pulau Gebe mengikuti sebaran mineral kaya Fe dan Al. Ketiga laporan tersebut menunjukkan bahwa posisi pengayaan Sc dan LTJ pada suatu profil bergantung pada mineral yang terbentuk di tiap zona pelapukan, sehingga penentuan lapisan pengayaan menuntut analisis per lapisan, bukan analisis sampel gabungan.

Penelitian ini dilaksanakan di Kecamatan Palangga Selatan, Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.



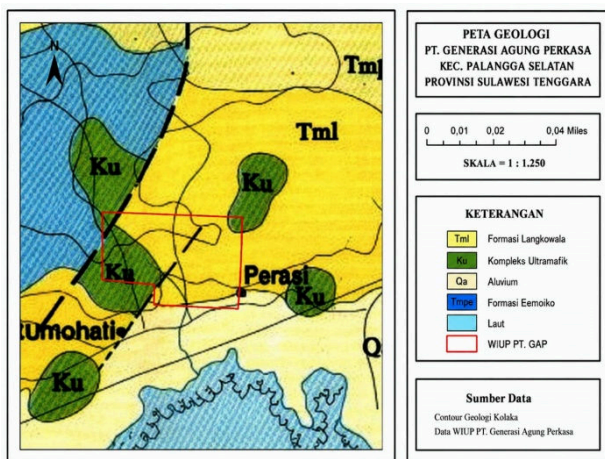
Gambar 1 Peta lokasi penelitian

3 Geologi Regional

Stratigrafi regional daerah Palangga Selatan meliputi lima satuan batuan. Urutan dari yang termuda sampai yang tertua adalah sebagai berikut (Leeuwen dan Maulana, 2025, Simandjuntak dkk., 1993). Aluvium (Qa) terdiri atas lumpur, lempung, pasir, dan kerikil yang berasal dari endapan sungai, lahan basah, serta pesisir, dan berumur Holosen. Satuan Buara (Ql) terdiri atas batugamping dan pasir, berumur Holosen, dan terbentuk di lingkungan laut dangkal. Formasi Boepinang (Tmptb) terdiri atas

lempung pasir, napal, dan batupasir, diperkirakan berumur Pliosen, serta terakumulasi di lingkungan laut dangkal. Formasi Eemoiko (Tmpe) terdiri atas batugamping koral, kalkarenit, batupasir, dan napal yang berasal dari Pliosen dan terbentuk di lingkungan laut dangkal (Hasria dkk., 2023). Kompleks Ultramafik (Ku) meliputi harzburgit, dunit, werlit, serpentinit, gabro, basal, dan diorite berumur Kapur.

Batugamping Formasi Eemoiko dan Formasi Langkowala menindih takselaras batuan ultrabasa Kompleks Ultramafik di bawahnya. Kompleks Ultramafik inilah yang menjadi batuan induk endapan laterit nikel di lokasi penelitian, sedangkan batugamping Formasi Eemoiko membentuk tudung yang menutupi sebagian profil laterit. Endapan laterit yang terbentuk dicirikan oleh oksida logam berwarna coklat kemerahan yang mengandung Ni dan Fe. Sebaran satuan batuan pada wilayah izin usaha pertambangan PT Generasi Agung Perkasa ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Peta geologi WIUP PT Generasi Agung Perkasa, Daerah Palangga Selatan, Sulawesi Tenggara

4 Metode Penelitian

Penelitian ini menggabungkan tinjauan pustaka, pengamatan lapangan, dan analisis laboratorium. Tinjauan pustaka menyediakan landasan teori serta pembandingan dari penelitian terdahulu mengenai skandium dan logam tanah jarang pada nikel laterit. Pengamatan geologi dan pengambilan sampel dikerjakan langsung di lokasi penelitian. Hasil analisis laboratorium kemudian diolah dalam bentuk tabel dan grafik kedalaman terhadap kadar untuk menilai potensi Sc dan LTJ di lokasi penelitian.

Pengambilan sampel dilakukan di dalam pit pada wilayah izin usaha pertambangan PT Generasi Agung Perkasa, tepatnya di wilayah administrasi Desa Watumbohoti. Koordinat titik pengamatan direkam dengan GPS dalam sistem proyeksi UTM zona 51S, datum WGS 84, lalu kedalaman tiap lapisan diukur

dengan meteran pada muka pit. Sampel diambil dari setiap lapisan yang teridentifikasi, diberi kode, dan disimpan dalam kantong terpisah untuk menghindari kontaminasi antarsampel maupun dengan lingkungan luar. Cara ini menghasilkan sembilan sampel dari enam titik pengamatan, dengan koordinat, elevasi, kedalaman, dan lapisan tercantum pada Tabel 1, sedangkan sebaran titiknya ditunjukkan pada Gambar 3.

Keenam titik tersebut tersebar pada muka pit dengan jarak antartitik puluhan sampai ratusan meter dan masing-masing mewakili rentang kedalaman yang berbeda, sehingga profil yang disusun merupakan gabungan beberapa titik yang mewakili urutan kedalaman 5 sampai 35 m, bukan satu lubang bor tunggal. Sampel terdiri atas satu sampel batugamping berkode LP01, dua sampel lempung berkode LP02 dan LP03, tiga sampel limonit berkode LP04, LP05, dan LP06, dua sampel saprolit berkode LP07 dan LP08, serta satu sampel batuan dasar berkode LP09. Pembagian lapisan mengacu pada variasi dan kekompakan litologi, porositas, dan warna yang teramati di lapangan.

Preparasi sampel dilakukan dalam empat tahap. Sampel batuan dikeringkan dalam oven pada suhu sekitar 105°C hingga tiga jam sesuai kadar airnya. Sampel kering diremuk menggunakan *jaw crusher* dan dilanjutkan dengan *double-roll crusher* untuk memperkecil ukuran material. Material hasil peremukan digerus menggunakan *pulverizer* hingga mencapai ukuran 200 mesh, yaitu ukuran yang lazim digunakan untuk analisis geokimia dengan ICP-MS, ICP-OES, dan XRF. Pencampuran dan pembagian sampel menggunakan *riffle divider* serta metode *cone and quarter* dikerjakan dua kali, yaitu setelah peremukan dan setelah penggerusan, sehingga menghasilkan sampel pulp yang siap dikirim ke laboratorium.

Analisis geokimia dilaksanakan di PT Intertek Utama Services. Sampel dicampur dengan fluks campuran asam kuat dan litium borat. ICP-MS dipakai untuk menentukan kadar skandium dan unsur jejak berkadar rendah, ICP-OES dipakai untuk menentukan kadar empat belas unsur LTJ, sedangkan XRF dipakai untuk menentukan kadar oksida utama. Nilai yang dilaporkan sebagai kurang dari batas deteksi (<LOD) seperti pada Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4 diperlakukan sebagai nol dalam penghitungan jumlah LTJ.

Pengolahan data mencakup penyusunan kurva kedalaman terhadap kadar untuk Ni, Sc, dan unsur LTJ terpilih, penghitungan total unsur LTJ untuk tiap sampel, serta pembandingan pola tersebut terhadap kadar oksida utama hasil XRF guna mengenali lapisan pengayaan. Hubungan antara Sc, jumlah LTJ, dan sembilan variabel oksida utama diuji dengan koefisien korelasi Pearson, dengan nilai signifikansi <0,05.

Tabel 1 Koordinat, kedalaman, dan lapisan sampel

No.	Titik	Koordinat X (m)	Koordinat Y (m)	Elevasi (m)	Kedalaman (m)	Lapisan
1	TP-1 / LP01	432740,237	9512986,375	0,132	5,0	Batugamping
2	TP-2 / LP02	432815,581	9513042,044	2,181	10,5	Lempung
3	TP-3 / LP03	432781,449	9513068,030	0,450	25,2	Lempung
4	TP-4 / LP04	432749,350	9513180,372	2,068	26,0	Limonit
5	TP-4 / LP05	432749,350	9513180,372	2,068	27,9	Limonit
6	TP-4 / LP06	432749,350	9513180,372	2,068	29,2	Limonit
7	TP-5 / LP07	432681,080	9513020,211	12,260	30,0	Saprolit
8	TP-5 / LP08	432681,080	9513020,211	12,260	33,5	Saprolit
9	TP-6 / LP09	432715,247	9512912,445	18,143	35,0	Batuan dasar

**Gambar 3** Lokasi pengambilan sampel pada muka pit

5 Hasil dan Pembahasan

5.1 Distribusi Vertikal Scandium dan Logam Tanah Jarang pada Profil Laterit

Kadar oksida utama pada Tabel 2 memisahkan kelima lapisan profil secara tegas. Sampel LP01 pada kedalaman 5 m mengandung CaO 60,021% dengan Fe 0,319%, penciri batugamping penutup Formasi Eemoiko. Sampel LP02 dan LP03 pada 10,5 dan 25,2 m mengandung Al_2O_3 18,777% dan 13,286% serta SiO_2 38,734% dan 54,451%, penciri zona lempung. Sampel LP04 sampai LP06 pada 26 sampai 29,2 m mengandung Fe 34,531 sampai 47,703% dengan MgO di bawah 2,2%, sebagai zona limonit. Sampel LP07 hingga LP09 pada 30 sampai 35 m mengandung MgO 17,255 sampai 19,825%, sesuai zona saprolit dan batuan dasar (Gambar 4).

Konsentrasi puncak Ni dan Fe terakumulasi pada zona yang berbeda. Kadar Ni mengalami pengayaan dari 0,065% pada kedalaman 5 m menjadi 1,963% pada 30 m, tepat di zona saprolit, lalu turun menjadi sekitar 1% pada 33,5 dan 35 m. Kadar Fe tertinggi pada

kedalaman lebih dangkal, yaitu 47,703% pada 29,2 m di limonit bawah, lalu jatuh menjadi 4,614% pada batuan dasar. Sc mengikuti perubahan Fe, bukan Ni. Kadarnya melonjak dari 7 ppm pada 25,2 m menjadi 71, 50, dan 76 ppm sepanjang zona limonit, lalu turun menjadi 19 dan 20 ppm pada saprolit dan 11 ppm pada batuan dasar. Puncak Sc pada kedalaman 29,2 m terletak sekitar 0,8 m di atas kadar Ni tertinggi.

Pola empat usur LTJ juga menunjukkan pola yang seragam, dan berbeda dengan Sc. Ce, La, Nd, dan $\sum\text{LTJ}$ semuanya meningkat pada lapisan lempung, dengan Ce 22,2 dan 22,4 ppm, La 10,8 dan 10,6 ppm, Nd 10,8 dan 10,5 ppm, serta $\sum\text{LTJ}$ 60,1 dan 60,0 ppm pada kedalaman 10,5 dan 25,2 m. Keempatnya jatuh ke nilai terendah pada saprolit dan batuan dasar, yaitu $\sum\text{LTJ}$ 6,6 sampai 4,4 ppm. Perubahan Al_2O_3 bergerak searah dengan keempat LTJ, dari 18,777% pada lapisan lempung menjadi 0,721 dan 0,729% pada zona saprolit. Ce memperlihatkan puncak kedua sebesar 23,4 ppm pada kedalaman 29,2 m yang berimpit dengan puncak Fe, dan hal ini terbaca pula pada

jumlah LTJ yang naik kembali menjadi 46,3 ppm pada kedalaman yang sama.

Grafik pada Gambar 4 menunjukkan tiga mekanisme pengayaan yang terpisah pada profil laterit. Ni terkayakan dan berasosiasi pada silikat magnesium zona saprolit, Sc pada fraksi oksida besi zona limonit, dan LTJ pada mineral lempung kaya

alumina. Pemisahan Sc dari Ni sejalan dengan [Onggang dkk. \(2021\)](#) yang melaporkan Sc pada zona limonit laterit Pomalaa terkonsentrasi dalam goetit, sedangkan kontrol alumina terhadap LTJ disebabkan oleh peran mineral kaya Fe dan Al seperti pada endapan laterit Pulau Gebe ([Abidin dkk., 2022](#)).

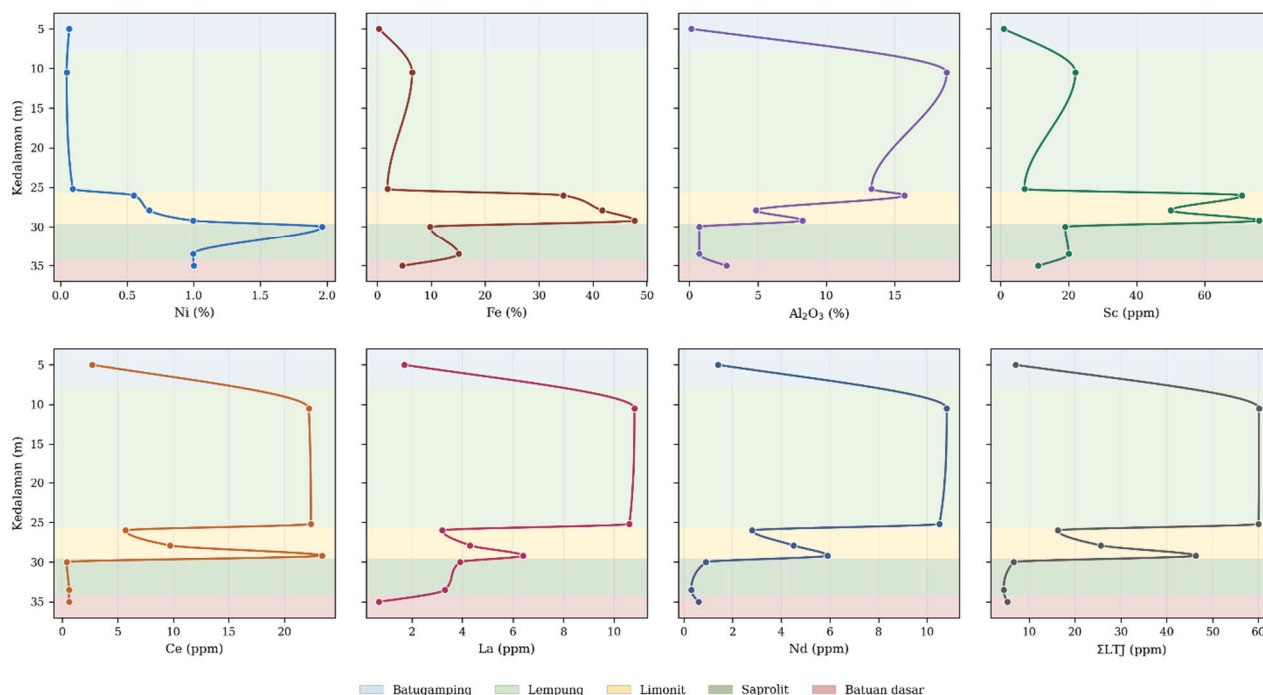
Tabel 2 Hasil analisis XRF pada variasi kedalaman profil nikel laterit

No.	Kode Sampel	Kedalaman (m)	Kadar (%)								
			Ni	Fe	MgO	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	Co	P
1	LP01	5,0	0,065	0,319	0,129	0,630	60,021	0,146	0,035	0,003	0,008
2	LP02	10,5	0,046	6,450	1,318	38,734	0,487	18,777	0,389	0,017	<LOD
3	LP03	25,2	0,091	1,882	1,695	54,451	1,728	13,286	0,029	0,004	0,006
4	LP04	26,0	0,549	34,531	0,881	7,798	0,952	15,690	2,293	0,064	0,003
5	LP05	27,9	0,666	41,730	2,183	3,151	3,606	4,867	1,784	0,065	0,005
6	LP06	29,2	0,995	47,703	0,394	4,507	0,711	8,257	2,120	0,103	0,003
7	LP07	30,0	1,963	9,805	17,255	26,028	0,261	0,729	0,719	0,030	0,001
8	LP08	33,5	0,996	15,085	18,082	27,042	0,611	0,721	1,190	0,052	0,003
9	LP09	35,0	0,999	4,614	19,825	25,203	7,960	2,714	0,522	0,011	0,006

Tabel 3 Kadar skandium dan logam tanah jarang pada profil laterit

Parameter	Batu-gamping	Lempung			Limonit		Saprolit		Batuan dasar
	LP01	LP02	LP03	LP04	LP05	LP06	LP07	LP08	LP09
Sc	0,9	22	7	71	50	76	19	20	11
La	1,7	10,8	10,6	3,2	4,3	6,4	3,9	3,3	0,7
Ce	2,7	22,2	22,4	5,7	9,7	23,4	0,4	0,6	0,6
Pr	0,36	2,69	2,75	0,74	1,19	1,49	0,25	0,12	0,09
Nd	1,4	10,8	10,5	2,8	4,5	5,9	0,9	0,3	0,6
Sm	0,3	2,3	2,4	0,5	0,9	1,4	0,1	<LOD	0,3
Eu	<LOD	0,5	0,5	0,1	0,2	0,3	<LOD	<LOD	<LOD
Gd	0,3	2,6	2,5	0,7	1,1	1,5	0,2	<LOD	0,5
Tb	<LOD	0,41	0,43	0,13	0,18	0,29	<LOD	<LOD	0,11
Dy	0,2	2,7	2,7	0,8	1,2	1,9	0,3	<LOD	0,8
Ho	<LOD	0,6	0,6	0,2	0,3	0,4	<LOD	<LOD	0,2
Er	<LOD	1,8	1,9	0,6	0,9	1,4	0,2	<LOD	0,6
Tm	<LOD	0,3	0,3	<LOD	0,1	0,2	<LOD	<LOD	<LOD
Yb	<LOD	2,0	2,1	0,6	0,9	1,5	0,3	0,1	0,6
Lu	<LOD	0,37	0,34	0,11	0,13	0,24	<LOD	<LOD	0,10
ΣLREE (La–Eu)	6,46	49,29	49,15	13,04	20,79	38,89	5,55	4,32	2,29
ΣHREE (Gd–Lu)	0,50	10,78	10,87	3,14	4,81	7,43	1,00	0,10	2,91
ΣLTJ	6,96	60,07	60,02	16,18	25,60	46,32	6,55	4,42	5,20
LREE/HREE	t.d	4,57	4,52	4,15	4,32	5,23	t.d	t.d	0,79
La/Yb	t.d.	5,40	5,05	5,33	4,78	4,27	t.d	t.d	1,17

Keterangan: LTJ disusun menurut nomor atom. <LOD kadar di bawah batas deteksi dan diperlakukan sebagai nol dalam penjumlahan. ΣLREE mencakup La hingga Eu, ΣHREE mencakup Gd hingga Lu. t.d (tidak dihitung) karena banyak unsur LTJ <LOD.



Gambar 4 Sebaran kadar Ni, Fe, Al_2O_3 , Sc, Ce, La, Nd, dan ΣLTJ terhadap kedalaman pada profil nikel laterit. Pita warna menandai zona batugamping, lempung, limonit, saprolit, dan batuan dasar.

5.2 Kontrol Oksida Utama terhadap Pengayaan Skandium dan Logam Tanah Jarang

Tabel 4 memuat matriks korelasi Pearson antara Sc, ΣLTJ , dan sembilan variabel oksida utama. Empat pasangan berkoefisien tertinggi disajikan sebagai scatter plot pada Gambar 5. Sc berkorelasi kuat dengan Cr_2O_3 ($r = 0,952$; $p < 0,001$), Fe ($r = 0,949$; $p < 0,001$), dan Co ($r = 0,917$; $p < 0,001$). Gambar 5a hingga 5c memperlihatkan ketiga hubungan tersebut sebagai garis kecenderungan positif dengan sebaran titik yang rapat di sekitar garis. Korelasi Sc terhadap MgO ($r = -0,387$), SiO_2 ($r = -0,531$), dan CaO ($r = -0,429$) bernilai

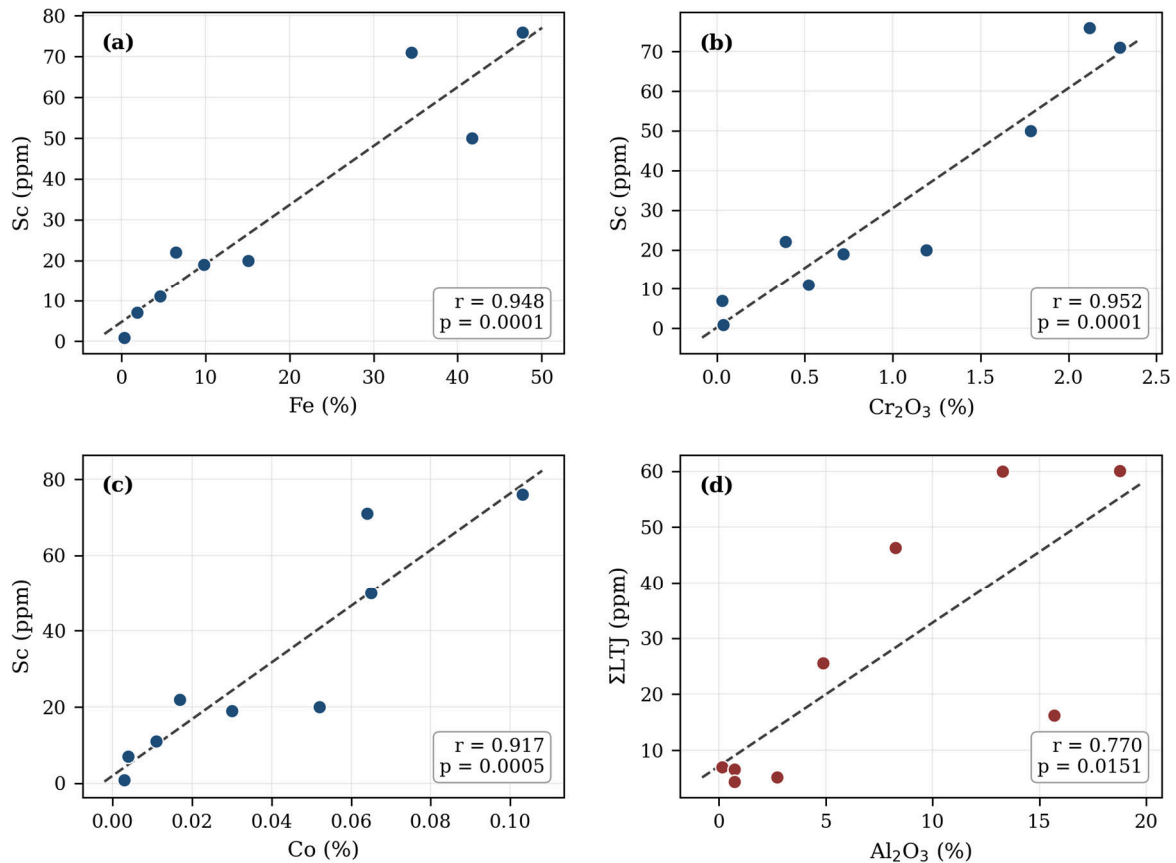
negatif dan tidak signifikan. Pola ini menunjukkan Sc terakumulasi pada fraksi residual yang kaya besi, bukan pada fraksi silikat magnesium maupun karbonat.

Sc dan Ni hampir tidak berkorelasi ($r = 0,158$), demikian pula Sc dan ΣLTJ ($r = 0,161$). Keduanya tidak signifikan pada $p < 0,05$. Ni justru berkorelasi positif dengan MgO ($r = 0,707$; $p < 0,05$), yang menunjukkan pengayaan Ni berlangsung pada mineral silikat magnesium di zona saprolit. Korelasi ini menguatkan pengamatan distribusi vertikal bahwa Sc, Ni, dan LTJ terkayakan pada zona yang berbeda dalam satu profil yang sama.

Tabel 4 Matriks korelasi Pearson antarvariabel geokimia senyawa mayor, Sc, dan LTJ ($n = 9$)

Variabel	Sc	ΣLTJ	Ni	Fe	Co	MgO	SiO_2	CaO	Al_2O_3	Cr_2O_3
Sc	—									
ΣLTJ	0,161	—								
Ni	0,158	-0,516	—							
Fe	0,949***	0,094	0,207	—						
Co	0,917***	0,041	0,334	0,954***	—					
MgO	-0,387	-0,622	0,707*	-0,336	-0,189	—				
SiO_2	-0,531	0,466	-0,131	-0,607	-0,548	0,243	—			
CaO	-0,429	-0,332	-0,385	-0,380	-0,424	-0,244	-0,418	—		
Al_2O_3	0,343	0,771*	-0,542	0,136	0,054	-0,593	0,359	-0,408	—	
Cr_2O_3	0,952***	-0,087	0,292	0,945***	0,935***	-0,176	-0,587	-0,436	0,138	—

Keterangan: * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$.



Gambar 5 Scatter plot korelasi Sc terhadap Fe (a), Cr₂O₃ (b), dan Co (c), serta ΣLTJ terhadap Al₂O₃ (d).

ΣLTJ hanya berkorelasi kuat dengan Al₂O₃ ($r = 0,771$; $p < 0,05$), sebagaimana ditunjukkan Gambar 5d. Korelasi ΣLTJ terhadap Fe ($r = 0,094$) dan Co ($r = 0,041$) mendekati nol, sedangkan terhadap MgO ($r = -0,622$) dan Ni ($r = -0,516$) bernilai negatif dan tidak signifikan. Korelasi ini memisahkan pengayaan LTJ dari mineral pembawa Sc. Alumina pada mineral lempung mengontrol sebaran LTJ, sedangkan besi pada oksida mengontrol pengayaan Sc. Hasil tersebut sejalan dengan [Abidin dkk. \(2022\)](#) yang melaporkan kontrol mineral Fe dan Al terhadap pengayaan LTJ pada laterit Pulau Gebe, dan memberi dasar kuantitatif bagi pola vertikal yang diuraikan sebelumnya.

Rasio LTJ (LREE/HREE) meningkat dari 0,79 pada batuan dasar menjadi 4,2 hingga 5,2 pada zona limonit dan lempung, disertai kenaikan rasio La/Yb dari 1,17 menjadi 4,3 hingga 5,4. Kedua rasio ini menunjukkan fraksinasi LTJ ringan (LREE) terhadap LTJ berat (HREE) selama pelapukan, dengan LTJ berat cenderung tercuci ke profil bagian bawah sementara LTJ ringan tertahan pada profil bagian atas.

Pola serupa juga dilaporkan pada profil laterit di atas kompleks ofiolit. [Al-Khirbash dkk. \(2014\)](#) memperoleh pola ternormalisasi kondrit yang hampir datar pada zona saprolit Ofiolit Oman, tetapi LTJ ringan terkayakan pada zona oksida dan lempung, dengan

profil vertikal yang sama dengan profil daerah penelitian. [Braun dkk. \(1990\)](#) menjelaskan mekanismenya melalui pengamatan bahwa produk pelapukan residual terkayakan oleh unsur La hingga Eu dan unsur Gd hingga Lu terdepleksi, sedangkan air yang disampel pada profil yang sama justru kaya LTJ berat. Kestabilan kompleks karbonat yang lebih tinggi pada LTJ berat ([Cantrell dan Byrne, 1987](#)) menjadikan kelompok unsur tersebut lebih mudah tercuci. Profil laterit daerah penelitian tertutup batugamping Formasi Eemoiko, sehingga air tanah yang melewatinya diperkirakan kaya karbonat dan memperkuat pemisahan LTJ. [Asfar dkk. \(2026\)](#) juga melaporkan kadar Sc 19-87 ppm pada profil laterit Blok Tinanggea yang juga tertutupi batugamping, sehingga peran tudung karbonat di Palangga Selatan layak dianalisis lebih lanjut.

[Ito dkk. \(2021\)](#) menguraikan temuan yang lebih rinci untuk laterit Sulawesi. LTJ yang terlepas dari pelarutan silikat primer, terutama piroksen, terserap pada oksihidroksida Fe dan Mn pada tahap awal pelapukan, lalu terlepas kembali dari goetit di bagian atas profil dan terkumpul kembali pada oksihidroksida Mn di zona peralihan saprolit-limonit. Peningkatan ΣLTJ menjadi 46,3 ppm pada LP06 di dasar zona limonit, yang berbeda dengan kadar

maksimal pada zona lempung, sesuai dengan interpretasi tersebut.

5.3 Implikasi terhadap Eksplorasi Skandium dan Logam Tanah Jarang

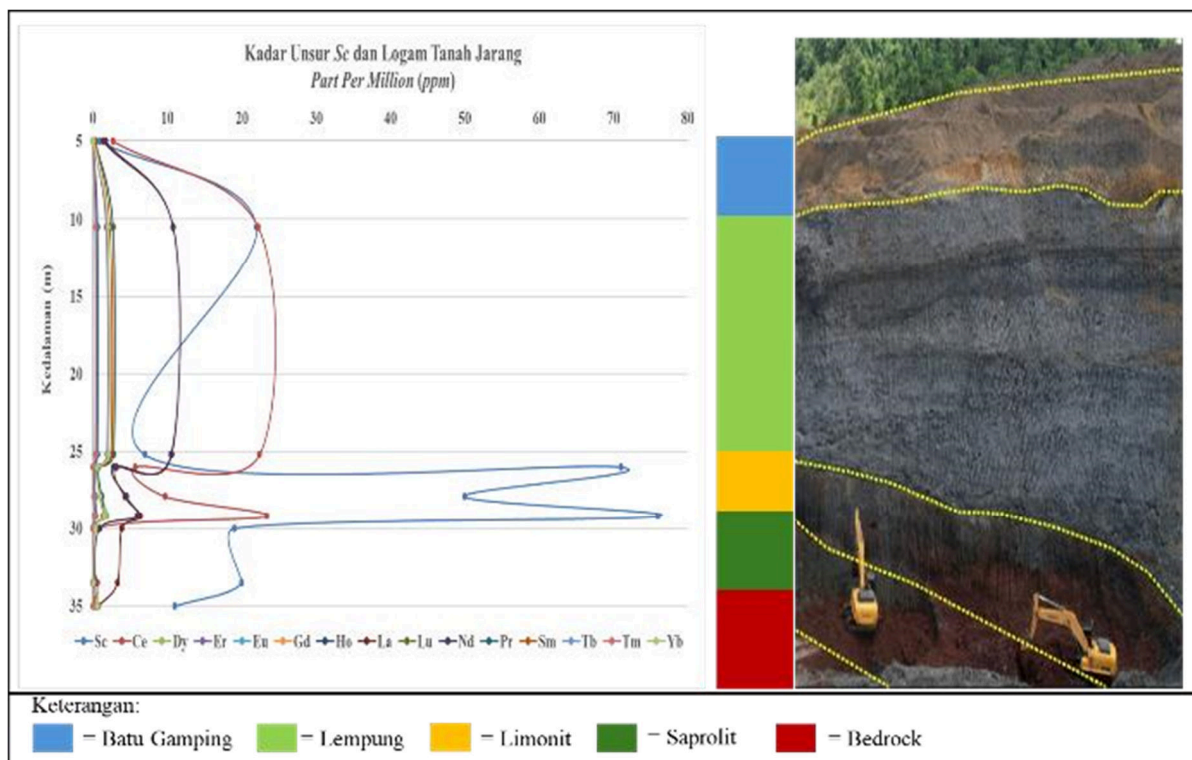
Akumulasi kadar Sc pada zona limonit menentukan cara unsur ini dapat dimanfaatkan. Gambar 6 menunjukkan lonjakan kadar Sc tepat pada zona limonit, terpisah dari interval saprolit yang menjadi sasaran utama penambangan nikel di lokasi penelitian. Kadar Sc 76 ppm pada LP06 dan 71 ppm pada LP04 berada di atas kadar limonit Pulau Sebuk yang dilaporkan Fauzi dkk. (2024) sebesar 48 ppm dan mendekati angka 91 ppm yang dicatat Paskarino dkk. (2022) pada zona limonit Blok Tapunopaka, Konawe Utara. Perbandingan ini menunjukkan bahwa kadar Sc pada laterit Sulawesi Tenggara berada pada kisaran beberapa ppm sampai mendekati ratusan ppm dan bervariasi pada setiap blok, sehingga tiap wilayah memerlukan pengukuran lebih rinci.

Kadar ambang yang umumnya dipakai sebagai acuan prospek Sc pada endapan laterit adalah 70 hingga 100 ppm (Teitler dkk., 2019, Aiglsperger dkk., 2016). Kadar 76 ppm pada LP06 masuk ke dalam kisaran tersebut, tetapi satu titik conto tidak serta merta dapat menunjukkan potensi sumberdaya. Penilaian sumberdaya memerlukan pengeboran

detail, penentuan ketebalan zona limonit, dan estimasi tonase. Kadar Sc pada penelitian ini sebaiknya dianggap sebagai indikasi awal yang memerlukan estimasi sumberdaya lanjutan dengan lebih banyak data.

Pemanfaatan skandium melalui pengolahan lanjutan menjadi Sc_2O_3 atau paduan Sc-Al sebelum masuk ke industri penerbangan, otomotif, dan pertahanan (Lei dkk., 2026). Karena Sc pada profil ini terkonsentrasi di zona limonit, ekstraksi paling mungkin ditempuh melalui proses pengolahan limonit, bukan melalui proses ekstraksi nikel laterit, sebab limonit yang berkadar Ni rendah justru menunjukkan kadar Sc tinggi.

Di sisi lain, LTJ pada seluruh lapisan tergolong rendah. Serium (Ce) tertinggi 23,4 ppm dan lantanum (La) tertinggi 10,8 ppm berada jauh di bawah kadar endapan LTJ yang biasa dijadikan sasaran eksplorasi tersendiri. Nilai LTJ pada penelitian ini lebih berguna sebagai penanda geokimia zona pelapukan daripada sebagai target unsur ekonomis. Pola vertikal LTJ tetap diperlukan karena menunjukkan bahwa mineral lempung, bukan oksida besi, yang mengontrol sebaran LTJ pada profil ini, meskipun analisis mineralogi dan kimia mineral lanjutan masih diperlukan.



Gambar 6 Penampang nikel laterit dan kurva kadar Sc serta LTJ terhadap kedalaman

6 Kesimpulan

Analisis ICP-MS, ICP-OES, dan XRF terhadap sembilan sampel dari profil laterit nikel di Desa

Watumbohoti menghasilkan beberapa poin kesimpulan:

1. Kadar scandium pada profil berkisar 0,9 hingga 76 ppm. Kadar tertinggi terdapat pada zona limonit, pada kedalaman 29,2 m dan 71 ppm pada kedalaman 26 m. Uji korelasi Pearson menempatkan skandium pada fraksi residual kaya besi, dengan r 0,952 terhadap Cr_2O_3 , 0,949 terhadap Fe, dan 0,917 terhadap Co pada nilai $p < 0,001$.
2. Kadar total logam tanah jarang (ΣLTJ) berkisar 4,4 sampai 60,1 ppm dengan serium (Ce) tertinggi 23,4 ppm dan lantanum (La) tertinggi 10,8 ppm. Kadar total tertinggi terdapat pada zona lempung, dan satu-satunya korelasi yang terukur adalah terhadap Al_2O_3 dengan r 0,771 pada $p < 0,05$. Untuk itu, skandium dan logam tanah jarang terkayakan pada zona yang berbeda dalam satu profil yang sama melalui mineral pembawa yang berbeda.
3. Kadar skandium tertinggi pada kedalaman 29,2 m tidak berimpit dengan konsentrasi kadar nikel sebesar 1,963% pada kedalaman 30 m, dan korelasi keduanya tidak signifikan ($r = 0,158$). Kadar logam tanah jarang pada seluruh lapisan berada di bawah nilai ambang sebagai target eksplorasi tersendiri, sedangkan kadar skandium pada zona limonit masuk ke dalam kisaran 70 sampai 100 ppm yang menjadi acuan prospek *by product* nikel laterit.
4. Rasio LREE/HREE meningkat dari 0,79 pada batuan dasar menjadi 4,2 hingga 5,2 pada zona lempung

dan limonit, dan rasio La/Yb turut naik dari 1,17 menjadi 4,3 sampai 5,4. Kedua rasio menunjukkan terjadi fraksinasi LTJ ringan terhadap LTJ berat selama pelapukan,

Penelitian ini terbatas hanya pada satu profil dengan sembilan sampel, tanpa analisis mineralogi dan kimia mineral lanjutan. Korelasi yang kuat Sc terhadap Fe, Cr_2O_3 , dan Co juga menunjukkan potensi goetit, kromit, dan oksida mangan sebagai pembawa skandium. Kenaikan kadar LTJ pada lapisan lempung juga belum dapat disimpulkan sebagai penambahan konsentrasi atau sisa pencucian magnesium dan silika, karena normalisasi terhadap unsur immobile seperti titanium (Ti) tidak dilakukan pada penelitian ini. Pengeboran lanjutan dengan spasi rapat, model estimasi zona limonit, serta analisis XRD dan SEM-EDS diperlukan untuk memahami mineral pembawa scandium pada daerah penelitian.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada manajemen PT Generasi Agung Perkasa atas izin dan pendampingan selama pengambilan sampel di lapangan, serta kepada PT Intertek Utama Services atas pelaksanaan analisis laboratorium.

Referensi

- Abidin, R. R., Sulaeman & Wicaksono, H. M. H. 2022. Karakteristik endapan nikel laterit dan unsur tanah jarang pada Daerah Pulau Gebe, Halmahera Tengah, Maluku Utara. *Buletin Sumber Daya Geologi*, 17(2), pp. 65–79. <https://doi.org/10.47599/bsdg.v17i2.345>
- Agung, M. H. B. 2024. Analisa Hukum Terhadap Pemanfaatan Logam Tanah Jarang Berdasarkan UU No. 3 Tahun 2020 Tentang Perubahan Atas Undang-Undang No. 4 Tahun 2009 Tentang Pertambangan Mineral dan Batubara JO. PP No. 96 Tahun 2021 Tentang Pelaksanaan Kegiatan Usaha Pertambangan. *UNES Law Review*, 6(2), pp. 6739–6752. <https://doi.org/10.31933/unesrev.v6i2.1532>
- Aiglsperger, T., Proenza, J. A., Lewis, J. F., Labrador, M., Svojtka, M., Rojas-Purón, A., Longo, F. & Ďurišová, J. 2016. Critical metals (REE, Sc, PGE) in Ni laterites from Cuba and the Dominican Republic. *Ore Geology Reviews*, 73, pp. 127–147. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2015.10.010>
- Al-Khribash, S., Semhi, K., Richard, L., Nasir, S. & Al-Harthy, A. 2014. Rare earth element mobility during laterization of mafic rocks of the Oman ophiolite. *Arabian Journal of Geosciences*, 7(12), pp. 5443–5454. <https://doi.org/10.1007/s12517-013-1189-6>
- Asfar, S., Maulana, A., Irfan, U. R. & Sufriadin 2026. A Conceptual Model for Nickel Laterite Evolution beneath Sedimentary Cover: Case from Southeast Sulawesi, Indonesia. *The Iraqi Geological Journal*, 59(1D), pp. 129–160. <https://doi.org/10.46717/igj.2026.59.1d.9>
- Braun, J.-J., Pagel, M., Muller, J.-P., Bilong, P., Michard, A. & Guillet, B. 1990. Cerium anomalies in lateritic profiles. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 54(3), pp. 781–795. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0016-7037\(90\)90373-S](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0016-7037(90)90373-S)
- Cantrell, K. J. & Byrne, R. H. 1987. Rare earth element complexation by carbonate and oxalate ions. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 51(3), pp. 597–605. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0016-7037\(87\)90072-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0016-7037(87)90072-X)
- Choi, Y. & Kim, B. 2023. Characteristics and Controlling Factors on Nickel Laterite Deposits in Sulawesi, Indonesia. *Economic and Environmental Geology*, 56(3), pp. 343–363. <https://doi.org/10.9719/eeg.2023.56.3.343>

- Fauzi, M., Wiki Utama, H. & Morsa Said, Y. 2024. Pengkayaan Unsur Tanah Jarang Sc-Y pada Endapan Laterit Pulau Sebuku Provinsi Kalimantan Selatan. *JTK (Jurnal Teknik Kebumihan)*, 8(1), pp. 41–56. <https://doi.org/10.22437/jtk.v8i01.23139>
- Hasria, La Ode Muhamad, A., Masri, Muliddin & Muhammad Arba, A. 2023. Lingkungan Pengendapan Formasi Eemoiko Daerah Palangga Selatan, Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 24(4), pp. 215–224. <https://doi.org/10.33332/jgsm.geologi.v24i4.694>
- Ito, A., Otake, T., Maulana, A., Sanematsu, K., Sufriadin & Sato, T. 2021. Geochemical constraints on the mobilization of Ni and critical metals in laterite deposits, Sulawesi, Indonesia: A mass-balance approach. *Resource Geology*, 71(3), pp. 255–282. <https://doi.org/10.1111/rge.12266>
- Leeuwen, T. v. & Maulana, A. 2025. *Geology of the Sulawesi Region*. Makassar, Unhas Press.
- Lei, Z., Zhang, X., Li, W. & Han, Y. 2026. Rare Earth Processing in China. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review*, 47(2), pp. 254–277. <https://doi.org/10.1080/08827508.2024.2449254>
- Lintjewas, L., Setiawan, I. & Kausar, A. A. 2019. Profil Endapan Nikel Laterit di Daerah Palangga, Provinsi Sulawesi Tenggara. *RISSET Geologi dan Pertambangan*, 29(1), pp. 91–104. <https://doi.org/10.14203/risetgeotam2019.v29.970>
- Onggang, S., Maulana, A., Sufriadin & Irfan, U. R. 2021. Preliminary Study of Scandium Enrichment in Lateritic Profile from Weathered Ultramafic Rock in Lapaopao Area Kolaka Regency of Southeast Sulawesi. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 921(1), pp. 012040. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/921/1/012040>
- Paskarino, Y. H., Sutarto, Soesilo, J. & Sutopo, B. 2022. Indikasi Potensi Skandium di Zona Limonit Blok Tapunopaka, Konawe Utara, Sulawesi Tenggara. *SEMITAN: Jurnal Sumberdaya Bumi Berkelanjutan*, 1(1), pp. 308–318. <https://doi.org/10.31284/j.semitan.j.2022.v1i1.4954>
- Putrananda, A. F., Rosana, M. F. & Yuningsih, E. T. 2024. Asosiasi Skandium dan Potensi Keberadaan Unsur Tanah Jarang pada Profil Laterit Nikel pada Daerah Wasile, Halmahera Timur, Maluku Utara. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 25(4), pp. 235–247. <https://doi.org/10.33332/jgsm.geologi.v25i4.792>
- Putri, A. R. H. & Lesmana, A. D. 2022. Analisis potensi dan arah strategi kebijakan logam tanah jarang di Indonesia. *Prosiding Temu Profesi Tahunan PERHAPI*, pp. 101–112.
- Setiawan, E., Rizal, Y., Basuki, N. I. & Wildani, M. P. 2024. Karakteristik pengayaan logam skandium (Sc) pada endapan nikel laterit daerah Pomalaa, Kabupaten Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara. *Bulletin of Geology*, 8(2), pp. 1367–1379. <https://doi.org/10.5614/bull.geol.2024.8.2.5>
- Simandjuntak, T. O., Surono & Sukido 1993. *Peta Geologi Lembar Kolaka, Sulawesi*. Bandung, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Teitler, Y., Cathelineau, M., Ulrich, M., Ambrosi, J. P., Munoz, M. & Sevin, B. 2019. Petrology and geochemistry of scandium in New Caledonian Ni-Co laterites. *Journal of Geochemical Exploration*, 196, pp. 131–155. <https://doi.org/10.1016/j.jgexplo.2018.10.009>