

Distribusi Logam Berharga Pada Mineral Pembawa Ni-Cr Pada Batuan Lateritik *Metal Distribution Of Ni-Cr Bearing Mineral In Lateritic Rock*

Okki Verdiansyah

¹ Program Studi Teknik Geologi, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Korespondensi : okki.verdiansyah@itny.ac.id.

ABSTRAK

Perkembangan industri pertambangan di Indonesia mengalami peningkatan dalam segi jumlah dan juga karakteristik komoditasnya. Konawe Selatan berada pada jalur ultramafik yang menghasilkan deposit nikel laterit. Kehadiran batuan pembawa nikel pada daerah Sulawesi umumnya berupa laterit dengan horisonisasi pengkayaan pada zona saprolit. Penelitian ini bertujuan mengetahui pola sebaran nikel, besi, dan krom dengan analisis laboratorium berupa kimia batuan dengan XRF-fusion dan Elemental Mapping Mikro XRF Analysis (EMMA). Satuan batuan yang dijumpai adalah satuan ultramafik dan satuan batupasir-batulanau. Laterit yang berkembang pada lokasi penelitian berasosiasi dengan peridotit-serpentin. Hasil analisis bulk powder batuan dengan XRF (fusion) yaitu 2,5% Ni; 11,73 % Fe. Analisis mikro-XRF menunjukkan sebaran Fe dominan pada matriks, Ni - Si terlihat pada fragmen, dan Cr pada butiran disekitar matriks membentuk tiga kelompok mineral yang terbentuk yaitu Ni-limonit, Ni-serpentin, dan kromit. Mineralisasi nikel menunjukkan posisi nikel pada serpentin dan limonit, pada zona saprolit atau saprolitic bedrock dengan kemungkinan kehadiran garnierit. Pembawa nikel tertinggi adalah pada kelompok serpentin-smektit yang berasosiasi dengan silika, dengan nilai tertinggi setempat diinterpretasi sebagai FeNi mineral atau Kamasit yang membawa nikel mencapai 46,14% Ni. Pada limonit terbentuk dominan goetit-hematit yang membawa nikel mencapai 7,3%. Pada bijih kromium atau mineral kromit juga diinterpretasi membawa nikel mencapai 3,07 %. Kehadiran Ni-Fe-Cr pada batuan ini mengindikasikan penyebaran nikel intensif pada saat proses lateritisasi dan juga dipengaruhi proses overburden yang menyebabkan adanya pengorientasian ulang dan pengkayaan unsur setipe seperti Ni-Fe pada titik tertentu. Hasil penelitian ini dapat dijadikan acuan eksplorasi dan ekstraksi nikel atau logam berharga lainnya.

Kata kunci: logam, mineral ekonomis, tambang, sumberdaya mineral

ABSTRACT

The development of the mining industry in Indonesia has increased in terms of the number and characteristics of commodities. South Konawe is on an ultramafic belt that produces laterite nickel deposits. The presence of nickel-bearing rocks in the Sulawesi area is generally in the form of laterite with horizontal enrichment in the saprolite zone. This research aims to determine the distribution patterns of nickel, iron, and chrome using laboratory analysis in the form of rock chemistry with XRF-fusion and Elemental Mapping Micro XRF Analysis (EMMA). The rock units found are ultramafic units and sandstone-siltstone units. Laterite that develops at the research location is associated with peridotite-serpentinite. The results of the analysis of bulk rock powder with XRF (fusion) are 2.5% Ni; and 11.73 % Fe. Micro-XRF analysis shows that the distribution of Fe is dominant in the matrix, Ni - Si is visible in the fragments, and Cr in the grains around the matrix forms three groups of minerals, namely Ni-limonite, Ni-serpentine, and chromite. Nickel mineralization shows the position of nickel in serpentinite and limonite, in the saprolite or saprolitic bedrock zone with the possible presence of garnierite. The highest nickel carrier is in the serpentine-smectite group associated with silica, with the highest local value interpreted as FeNi mineral or Kamasite which carries nickel reaching 46.14% Ni. In limonite, goethite-hematite is dominantly formed, which contains up to 7.3% nickel. Chromium ore or chromite minerals are also interpreted to contain up to 3.07% nickel. The presence of Ni-Fe-Cr in this rock indicates the intensive distribution of nickel during the lateritization process and is also influenced by the overburden process which causes reorientation and enrichment of elements of the same type as Ni-Fe at certain points. The results of this research can be used as a reference for the exploration and extraction of nickel or other valuable metals.

Keywords: metals, economic mineral, mining, mineral resources

PENDAHULUAN

Perkembangan industri pertambangan di Indonesia mengalami peningkatan dalam segi jumlah dan juga karakteristik komoditasnya [1]. Sulawesi tenggara memiliki potensi yang telah dikembangkan secara konvensional dan massif yaitu nikel pada daerah Pomalaa – Konawe [2], emas orogenik di kompleks Bombana [3], serta mineral industry seperti silika [4]. Wilayah Konawe Selatan merupakan salah satu daerah penghasil nikel di Indonesia, dengan sebaran nikel mengikuti sebaran batuan ultramafik [5]. Konawe Selatan berada pada sisi selatan bawah lengan Sulawesi Tenggara, dengan yang telah diketahui sebagai jalur ultramafik dan metamorfik di Indonesia yang menghasilkan deposit nikel laterit normal dan juga nikel laterit tertimbun [6]. Daerah penelitian berada konsensi izin usaha pertambangan PT. Pandu Urane Perkasa, pada desa Wawowonua, Kecamatan Palangga Selatan, Kabupaten Konawe Selatan, Sulawesi Tenggara.

Daerah Konawe merupakan bagian yang memiliki morfologi perbukitan rendah dan pedataran. Morfologi perbukitan rendah melampar luas di Utara Kendari dan ujung selatan Lengan Tenggara Sulawesi. Satuan ini terdiri atas bukit kecil dan rendah dengan morfologi yang bergelombang. Batuan penyusun satuan ini terutama batuan sedimen klastika Mesozoikum dan Tersier. Morfologi dataran rendah dijumpai di bagian tengah ujung selatan Lengan Tenggara Sulawesi. Daerah Konawe Selatan masuk dalam bagian formasi peta geologi lembar Kolaka [7], yang memiliki litologi berumur Mesozoikum sampai Tersier, yang terdiri dari Kompleks metamorfik Pompangeo, Kompleks Ultramafik atau Ultrabasa, Formasi Langkowala, Formasi Boepingang, Formasi Eeimoko, dan Formasi Alangga.



Gambar 1. Lokasi penelitian berada pada desa Parasi, Kecamatan Palangga Selatan, Kabupaten Konawe Selatan, Sulawesi Tenggara

Kehadiran batuan pembawa nikel pada daerah Sulawesi umumnya berupa laterit dengan horisonisasi pengkayaan pada zona saprolit [2], [8], yang berada pada mineral primer pembawa nikel seperti piroksen, olivine forsterit, dan diikuti kehadiran krom pada spinel [6]. Studi elemental mapping dengan mikro-XRF sangat efektif untuk mengetahui tekstur, sebaran unsur dan evaluasi mineralisasi [9], [10]. Studi elemental mapping mengenai nikel belum banyak dilakukan, namun pada studi QEMSCAN di deposit nikel laterit diperoleh gambaran bahwa mineral utama pembawa logam adalah goetit yang membawa nikel, kromium, dan mangan [11]. Kehadiran nikel dan kromit pada batuan umumnya hanya diketahui pada analisis menyeluruh (bulk) batuan, namun tidak diketahui pola sebaran dan karakter kehadiran unsur nya. Penelitian ini bertujuan mengetahui pola sebaran nikel, besi, dan krom dengan metode *Elemental Mapping Mikro XRF Analysis (EMMA)* pada batuan pembawa nikel pada studi kasus laterit nikel Konawe Selatan, yang dapat dijadikan acuan dalam eksplorasi ataupun pengolahannya.

METODE PENELITIAN

Penelitian berfokus pada analisis sebaran dan komposisi kimia dari mineral pembawa nikel dan krom pada sampel laterit terpadatkan (batu laterit), yang diambil pada koordinat 436954, 9514530, elevasi 51 mdpl. Sampel tersebut kemudian dilakukan analisis berupa petrologi megaskopik, assay batuan dengan *X-Ray Fluorescence* (XRF-fusion) pada laboratorium komersil Carsurin di Kendari, dan pemetaan unsur (*elemental mapping*) dengan mikro-XRF / *Elemental Mapping Mikro XRF Analysis (EMMA)* dengan menggunakan alat Bruker M4-Tornado di Workshop PT. Dynatec.

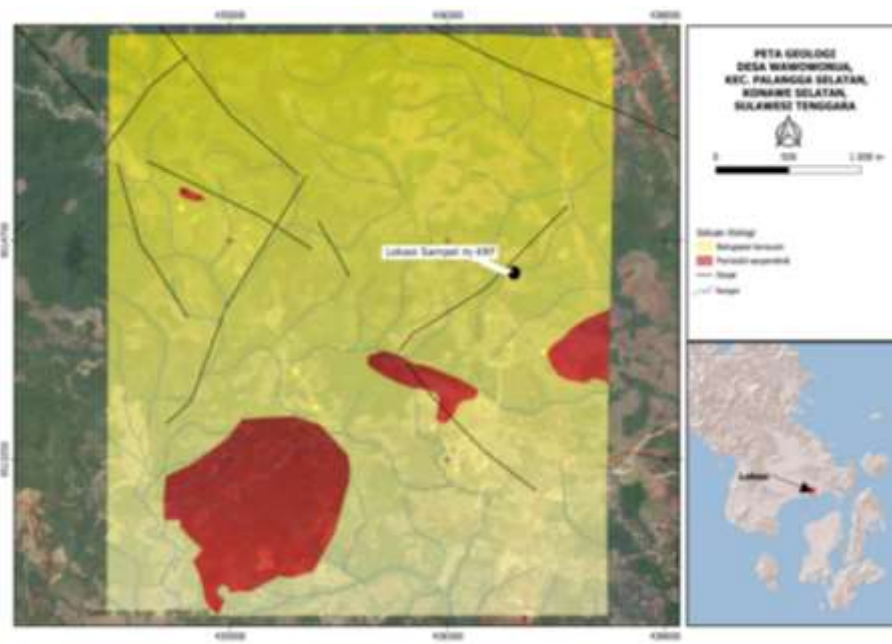


Gambar 2. Sampel yang dilakukan uji analisis mikro-XRF dengan kode KS-001, (a) sampel untuk analisis XRF bulk, (b) sayatan polosh untuk analisis mikro-XRF dengan batas *scan* kotak hijau.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Geologi lokal

Daerah Konawe Selatan, khususnya daerah Palangga dan Palangga Selatan, berdasarkan pengamatan lapangan ditemukan adanya beberapa satuan batuan. Satuan ini tidak semuanya tercerminkan dalam lembar peta geologi regional yang ada, namun dapat dibandingkan dengan formasi atau kompleks batuan secara regional. Satuan batuan yang dijumpai adalah satuan ultramafik dan satuan batupasir-batulanau (Gambar 3). Satuan batuan peridotit – serpentinit: litologi satuan ini terdiri dari peridotit, dunit dan setempat serpentinit. Satuan ini memiliki ciri massif sampai terkena tektonik sangat kuat membentuk retakan-retakan *parallel* dan *boxwork* yang terisi silika-serpentinit dan serpentinite-asbestos. Litologi ini merupakan batuan utama pembawa nikel pada daerah ini. Pada batuan ini terlihat hanya 1% dipermukaan, dikarenakan tertutup satuan batupasir yang lebih muda. Satuan batupasir-lanauan: litologi ini merupakan bagian dari formasi Langkowala yang berumur Tersier [7], sehingga tidak selaras berada di atas satuan filit dan dan batuan metamorfik. Litologi yang berkembang pada satuan ini adalah batupasir, batulanau, batubesi, napal, batulempung, serpih dan konglomerat. Pada beberapa lokasi batupasir ini terlihat memiliki lensa-lensa batubesi dengan ketebalan mencapai 0.5 m, serta beberapa sebagai nodul-nodul dalam pasir atau serpih. Litologi ini berada tidak selaras di atas satuan peridotit-serpentinit. Kontak ini menjadi parameter utama nantinya untuk mencari laterit yang tertimbun sedimen di daerah ini. Sebagaimana struktur geologi regional pada lengan tenggara Sulawesi, struktur utama yang terbentuk setelah tumbukan adalah sesar geser mengiri. Struktur ini sepola dengan termasuk sesar matarombeo, sistem sesar Lawanopo, sistem sesar Konawehea, sesar Kolaka, dan banyak sesar lainnya serta liniasi. Sesar dan liniasi menunjukkan sepasang arah utama tenggara-barat laut, dan timur laut barat daya. Arah tenggara barat laut merupakan arah umum dari sesar geser mengiri, yang dilapangan terlihat sebagai kontak dengan batuan filit.



Gambar 3. Peta geologi dan lokasi sampel.

Karakter laterit nikel daerah penelitian

Secara umum potensi nikel pada daerah Konawe Selatan terkait dengan model laterit nikel yang berasosiasi dengan sebaran peridotit atau serpentin. Laterit yang berkembang pada lokasi penelitian berasosiasi dengan peridotit-serpentin. Karakter laterit pada daerah ini adalah laterit yang terpadatkan akibat proses burial diagenesis atau pembebanan sedimen yang lebih muda di atasnya (Gambar 4). Hasil analisis *bulk powder* batuan dengan XRF (*fusion*) menunjukkan batuan tersebut memiliki kadar tinggi yaitu 2,5% Ni; 11,73 % Fe pada laterit terpadatkan (Tabel 1). Sebaran laterit permukaan dan bawah permukaan menjadi tantangan besarnya, karena hampir seluruh laterit berada tertutup 20-30 m dibawah batuan sedimen, serta dengan karakter yang kemungkinan heterogeny secara ketebalan dan kadar dibawah permukaan. Batuan pembawa nikel secara tekstural terlihat sebagai batuan fragmental dengan pengorientasian butiran (*lineation*) yang memisahkan fragmen sebagai kelompok mineral kaya silika dan matrisk sebagai kelompok mineral halus kaya besi atau limonit dan beberapa mineral lempung. Karakteristik sampel ini menandakan adanya proses penekanan (*burden, overpress*) yang mengakibatkan orientasi tersebut.

Tabel 1. Hasil analisis sampel KS-001 dengan metode XRF *fusion*.

KS- 001	Ni (%)	Fe (%)	Fe₂O₃ (%)	Co (%)	Na₂O (%)	MgO (%)
	2.19	24.92	35.64	0.10	<0.01	20.58
SiO₂ (%)	P₂O₅ (%)	SO₃ (%)	K₂O (%)	CaO (%)	TiO₂ (%)	Cr₂O₃ (%)
26.73	0.01	<0.01	0.01	0.16	0.04	1.74
MnO (%)	Al₂O₃ (%)	Cu (%)	Zn (%)	LOI (%)	MC	weight (kg)
0.29	2.25	<0.01	0.06	9.85	20.68	1.02



Gambar 4. Singkapan batu laterit yang berada di bawah batupasir, dan posisi sampel KS-001

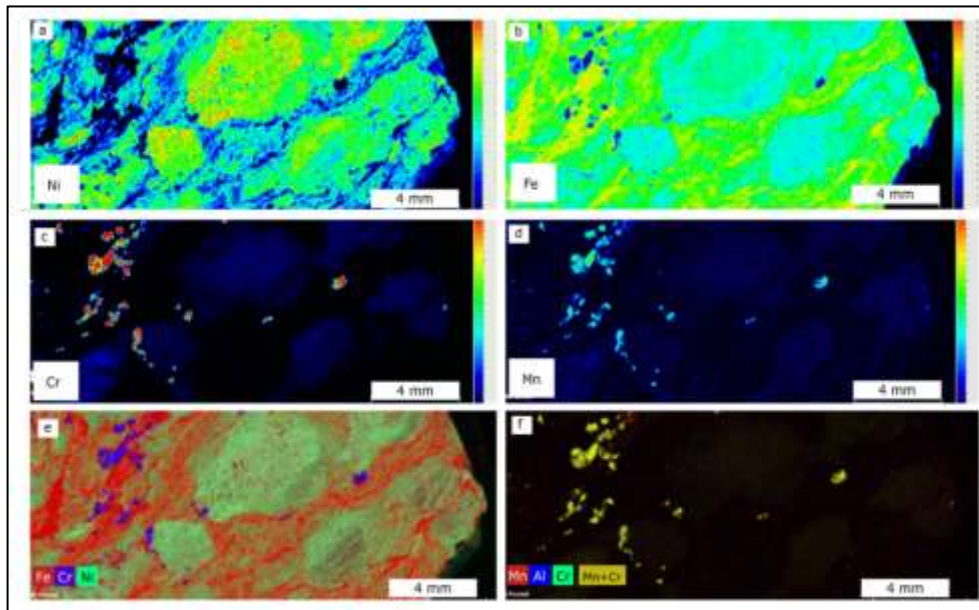
Hasil Studi mikro-XRF

Studi mikro-XRF berupa pemetaan pada area sebesar 3 cm x 2 cm dengan lebar titik 50 μm x 50 μm , yang menghasilkan sekitar 800.000 data. Hasil tersebut menghasilkan data berupa nilai komposisi unsur pada area keseluruhan, sebaran unsur, dan nilai unsur per titik atau zona yang terpilih. Berdasarkan metode tersebut maka diperoleh data karakteristik kimia pada sampel terpilih.

Analisis mikro-XRF pada sampel KS-001 menunjukkan kehadiran oksida utama sebesar 29 % MgO; 1,8 % Al_2O_3 ; 33,8 % SiO_2 ; 0,15 % CaO; 0,08 % TiO_2 ; 0,1 % S; 1,31 % Cr_2O_3 ; 27,39 % Fe_2O_3 ; 6,15% NiO dan 0,16% MnO. Hal tersebut menandakan kehadiran mineral pembawa nikel adalah kelompok mineral silikat seperti serpentin - smektit yang umumnya juga disebut sebagai kelompok Ni silikat-karbonat atau garnierit [12] dan mineral oksida seperti goetit atau hematit. Sebaran unsur utama pada sampel KS-001 terlihat adanya sebaran nikel (Ni) yang terakumulasi pada bentukan fragmen silikat (Gambar 5a), yang diselimuti oleh kelompok mineral dengan komposisi utama Fe yang tersebar merata pada matriks berupa limonit (Gambar 5b). Unsur lainnya yang terlihat kontras adalah kehadiran kromium (Cr) yang tersebar setempat sebagai butiran atau kristal Tunggal yang terkumpul bersama Mn pada bagian matriks limonit (Gambar 5c-d).

Asosiasi unsur terlihat adanya kehadiran bersama antara Fe dan Ni, namun dengan gradasi yang bertolak berlawanan seperti pengkayaan Fe pada matriks dengan tambahan nikel, dan pengkayaan nikel pada fragmen dengan sedikit Fe (Gambar 5e). Pada mineral mengandung kromit, terlihat asosiasi Mn dan Cr yang berada pada satu titik, dan beberapa dikelilingi mineral dengan alumina tinggi seperti smektit (Gambar 5f).

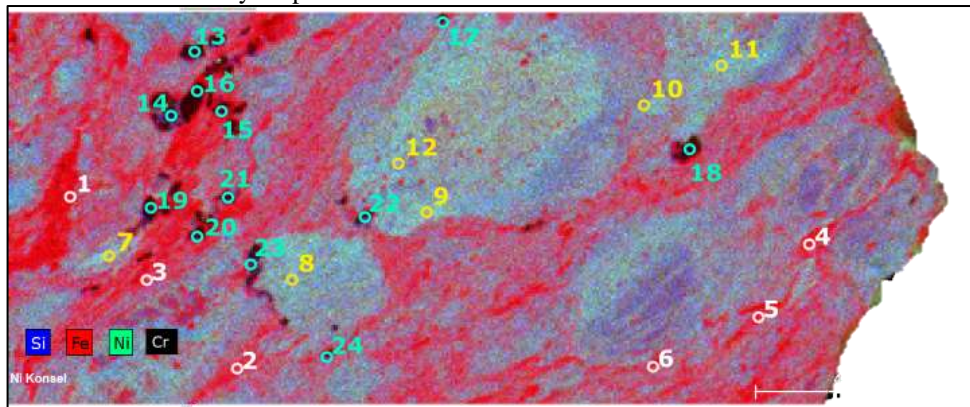
Pola sebaran unsur ini mengindikasikan adanya proses pengorientasian sebaran mineral Fe–Cr–Ni membentuk tekstur seperti *granular lineation* akibat tekanan *overburden* batuan yang lebih tua. Karakteristik tekstur secara kimiawi tersebut memperjelas perbedaan yang tampak secara megaskopik berupa perbedaan orientasi kelompok mineral berwarna kehijauan dan berwarna cenderung kemerahan, serta kehadiran kromit yang berwarna hitam.



Gambar 5. Sebaran unsur dan korelasi unsur pada sampel KS-001, (a) iso-konsentrasi sebaran unsur nikel/Ni, (b) iso-konsentrasi sebaran unsur besi/Fe, (c) iso-konsentrasi unsur kromium / Cr, (d) iso-konsentrasi unsur manganis / Mn, (e) Sebaran unsur dan posisi asosiasi antara Fe-Cr-Ni, (f) sebaran unsur Mn-Cr.

Mineral pembawa nikel (*Ni-bearing mineral*)

Sebaran unsur nikel, besi, dan kromit terlihat berbeda kontras dan terlihat tidak berasosiasi secara spasial, dimana sebaran Fe dominan pada matriks, Ni - Si terlihat pada fragmen, dan Cr pada butiran disekitar matriks. Pada analisis mendetil dengan data titik (*point*) sebagai 24 data memperlihatkan tiga kelompok mineral yang terbentuk yaitu Ni-limonit, Ni-serpentin, dan kromit (Gambar 6). Hampir keseluruhan mineral mengandung unsur Fe tinggi dengan variasi kehadiran Ni atau Cr secara dominan pada kelompok mineral tertentu, dan unsur minor lainnya seperti Mn-As.



Gambar 6. Posisi pengamatan titik (*point*) untuk mengetahui kimia mineral pada peta sebaran unsur Si-Fe-Ni-Cr

Pada analisis titik/*point analysis* (Tabel 2) memperlihatkan variasi nilai unsur Ni-Fe, yang terbagi menjadi beberapa kelompok yaitu

- Pada kelompok limonit, pada titik 1-6, teridentifikasi sebagai goetit-hematit dengan nilai Fe 92,26 – 99,31 % Fe dan diikuti <1,73 % Mn, <0,25 Cr, dan terbagi menjadi goetit-hematit murni dan goetit pembawa Ni sebesar 4,28 – 7,3 %. Karakteristik mineral ini berada sebagai matriks, dan kemungkinan juga terbentuk mineral lempung (smektit) kaya besi pada sekitarnya yang terlihat dari kehadiran sebaran silika.
- Pada kelompok serpentin, pada titik 7-12, teridentifikasi sebagai Ni-serpentin dan kemungkinan kelompok Ni-smektit seperti garnierit. Sebaran nikel pada kelompok ini berasosiasi dengan besi dan berkumpul pada beberapa titik membentuk mineral FeNi yang diinterpretasi sebagai kamasit atau bijih

nikel-besi (*ore*). Keterdapatn nikel pada kelompok mineral ini sangat tinggi atau mencapai kadar bijih konsentrat yaitu 30,59 – 46,14% Ni dan 37,19 – 56, 23 % Fe. Hal tersebut mengindikasikan adanya kembali proses pergerakan unsur logam berat dan berkumpul sebagai ikatan baru pada serpentin-smektit akibat penekanan (*burden*). Kehadiran arsen sebesar 0,88 % pada kelompok ini, dapat dijadikan acuan adanya proses keterlibatan fluida atau metasomatisme sebelum atau sesaat proses lateritisasi yang juga diikuti kehadiran sulfur (S) sebesar 0,1 % pada analisis keseluruhan area pengukuran mikro-XRF.

- Kelompok kromit, pada titik 13-24, dengan kandungan kromium (Cr) sebesar 42,7 – 68,48 % dan 27,78 – 49,52 % Fe yang teridentifikasi sebagai mineral kromit. Mineral kromit pada sampel dapat bertindak sebagai kromit, atau beberapa mengandung pengotor mangan (Mn) < 1,36 %, arsen <0,23 %, dan beberapa terlihat membawa nikel atau Ni-kromit dengan kandungan sebesar 1,81 – 3,07 % Ni.

Tabel 2. Nilai kadar kimia mineral dari hasil analisis titik analisis mikro-XRF

Titik	Si (wt%)	Cr (wt%)	Mn (wt%)	Fe (wt%)	Ni (wt%)	As (wt%)	Mineral	Kelompok
1		0.25	0.45	99.31			Goetit	limonit
2			1.13	94.03	4.84		Goetit	Ni-limonit
3				92.26	7.30		Goetit	Ni-limonit
4				95.33	4.53		Goetit	Ni-limonit
5				95.77	4.28		Goetit	Ni-limonit
6			1.73	98.27			Goetit	limonit
7	2.00			52.33	45.57		Kamasit	Fe-Ni ore
8	16.47	2.89	0.26	47.89	32.49		Serpentinit	Ni-serpentinit
9		1.18	0.75	54.57	43.49		Kamasit	Fe-Ni ore
10		2.77		56.23	41.00		Kamasit	Fe-Ni ore
11		3.44	0.84	48.7	46.14	0.88	Kamasit	Fe-Ni ore
12	29.56	2.06	1.73	37.19	30.59	0.33	Serpentinit	Ni-serpentinit
13		68.48		31.52			Kromit	Kromit
14		63.56	0.01	36.31		0.12	Kromit	Kromit
15		66.04	0.01	33.16			Kromit	Kromit
16		67.52	0.01	32.48			Kromit	Kromit
17		55.23		44.77			Kromit	Kromit
18		54.36		45.64			Kromit	Kromit
19		61.79	0.01	37.88	0.09	0.23	Kromit	Kromit
20		61.90		38.1			Kromit	Kromit
21		67.88		32.12			Kromit	Kromit
22		42.70	1.36	52.78	3.07		Ni-Kromit	Kromit
23		70.56		27.78	1.71		Ni-Kromit	Kromit
24		50.48		49.52			Kromit	Kromit

Sebaran unsur Fe-Ni-Cr terlihat jelas pada sampel laterit pembawa nikel, dimana terlihat sebaran nikel terbagi menjadi dua karakter yaitu bersama limonit / goetit dan serpentinite – bijih Fe-Ni. Kromit merupakan mineral primer yang relatif stabil terhadap pelapukan, dengan unsur asosiasi Cr-Fe±Mn ±Ni. Nikel terlihat terakumulasi besar pada serpentinite dengan nilai 30,6 – 40,6 wt% Ni dan hadir bersama dengan mineral bijih Fe-Ni yaitu kamasit, pada limonit atau goetit terlihat dengan nikel terkadang tidak hadir dan terkadang hadir sebesar 4,2 – 7,3 wt%. Unsur lainnya yang menjadi anomali adalah kehadiran mangan (Mn) dengan nilai tertinggi 1,74 % dan arsen (As) dengan nilai tertinggi 0,88 %. Mangan menandakan bahwa ultramafik pada wilayah Konawe Selatan dapat menjadi sumber endapan mangan sekunder yang dapat terakumulasi pada batuan sedimen yang lebih muda, seperti kehadiran lenda dan nodul mangan besi pada batupasir Formasi Langkowala. Kehadiran arsenik pada batuan mengindikasikan adanya sistem fluida kaya arsen dan sulfur sebagai proses pengkayaan nikel atau logam ikutannya seperti tembaga [13], sehingga dapat menjadikan target eksplorasi pada daerah lainnya.

Hasil penelitian ini dapat menyatakan bahwa mineralisasi nikel, pada sampel bijih nikel berkadar 2,1 wt% ini menunjukkan posisi nikel pada serpentinite dan limonit. Sehingga kemungkinan akumulasi nikel memang berada pada zona saprolit atau *saprolitic bedrock* dengan kemungkinan kehadiran garnierit [13], sedangkan pada zona pengkayaan bersama mineral oksida besi seperti goetit memang memiliki nilai bisa tinggi dan rendah [11]. Hal tersebut menandakan proses erosi dan pematatan laterit Konawe Selatan telah menghilangkan sebagian besar zona limonit yang seharusnya terbentuk di atasnya, dan terendapkan kembali bersama sedimentasi lebih muda. Dalam kaitannya dengan geodinamika maka dapat diinterpretasi bahwa proses lateritisasi pada daerah Konawe Selatan sudah terjadi sangat kuat sebelum Miosen, sehingga formasi sedimen seperti Langkowala telah mengerosi endapan nikel berkadar tinggi, bahkan kehadiran mineral logam

berharga lainnya seperti emas pada sistem yang lain [3], [14]. Dalam kaitannya dengan metalurgi maka diperoleh bahwa nikel Konawe Selatan berasosiasi dengan Cr-Fe-Ni yang terikat dalam mineral goetit dan serpentine, sedangkan unsur lainnya seperti kobalt (Co) tidak dijumpai dalam mineral sehingga 0.1 % Co kemungkinan sebganyak ikatan bebas dalam batuan atau laterit.

KESIMPULAN

Sampel penelitian merupakan bijih nikel kadar tinggi (>2% Ni) dengan kandungan nikel berada pada hamper keseluruhan mineral, namun dengan komposisi dan karakter penempatan yang berbeda. Pembawa nikel tertinggi adalah pada kelompok serpentin-smektit yang berasosiasi dengan silika, dengan nilai tertinggi setempat diinterpretasi sebagai FeNi mineral atau Kamasit yang membawa nikel mencapai 46,14% Ni. Pada limonit terbentuk dominan goetit-hematit yang membawa nikel mencapai 7,3%. Pada bijih kromium atau mineral kromit juga diinterpretasi membawa nikel mencapai 3,07 %. Kehadiran Ni-Fe-Cr pada batuan ini mengindikasikan penyebaran nikel intensif pada saat proses lateritisasi dan juga dipengaruhi proses *overburden* yang menyebabkan adanya pengorientasian ulang dan pengkayaan unsur setipe seperti Ni-Fe pada titik tertentu. Hasil penelitian ini dapat dijadikan acuan eksplorasi dan ekstraksi nikel atau logam berharga lainnya.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis ingin berterimakasih kepada manajemen PT. Pandu Urane Perkasa dan PT. Indika Resources atas akses sampel dan izin penelitian ini, PT. Dynatec atas workshop alatnya, serta saudara Affri Tri Kristanto atas kerjasamanya di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementrian ESDM, "Booklet tambang nikel 2020," 2020.
- [2] R. A. I. Kusuma, H. Kamaruddin, M. F. Rosana, dan E. T. Yuningsih, "Geokimia Endapan Nikel Laterit di Tambang Utara, Kecamatan Pomalaa, Kabupaten Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara," *J. Geol. dan Sumberd. Miner.*, vol. 20, no. 2, hal. 85–92, 2019.
- [3] A. Idrus, I. Nur, I. W. Warmada, dan F. Fadlin, "Metamorphic rock-hosted orogenic gold deposit type as a source of Langkowala placer gold, Bombana, Southeast Sulawesi," *Indones. J. Geosci.*, vol. 6, no. 1, hal. 43–49, 2011.
- [4] N. Muhammad, "Analisis Kinerja Screening Pada Pengolahan Tambang Pasir Silika PT . Mitra Prima Sulawesi," *J. GEOMining*, vol. 1, no. 1, hal. 1–9, 2020.
- [5] M. K. Amir dan M. I. Kadar, "Studi Pemetaan Distribusi Nikel Pada Kawasan Penambangan Di Kecamatan Palangga, Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara," *Min. Sci. Technol. J.*, vol. 1, no. 2, hal. 161–168, 2022.
- [6] A. Kadarusman, S. Miyashita, S. Maruyama, C. D. Parkinson, dan A. Ishikawa, "Petrology, geochemistry and paleogeographic reconstruction of the East Sulawesi Ophiolite, Indonesia," *Tectonophysics*, vol. 392, no. 1–4, hal. 55–83, 2004.
- [7] Simandjuntak, Surono, dan Sukido, "Peta geologi lembar Kolaka, Sulawesi." Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung, 1993.
- [8] E. Nukdin, "Geologi dan Studi Pengaruh Batuan Dasar terhadap Deposit Nikel Laterit Daerah Taringgo Kecamatan Pomalaa, kabupaten Kolaka Propinsi Sulawesi Tenggara," *J. Ilm. MTG*, vol. 5, no. 2, 2014.
- [9] O. Verdiansyah, A. Idrus, L. D. Setijadji, B. Sutopo, dan I. G. Sukadana, "Veins system and their mineralogical and microthermometric characteristics within The Humpa Leu East porphyry copper-gold mineralization at Hu'u district, Sumbawa island, Indonesia," *Teknologi*, vol. 84, no. September, 2022.
- [10] O. Verdiansyah, A. Idrus, L. D. Setijadji, B. Sutopo, dan I. G. Sukadana, "Elemental mapping and mineral distribution of the Humpa Leu East porphyry samples : An implication to understand the pattern of mineralization," 2023.
- [11] J. C. Ø. Andersen, G. K. Rollinson, B. Snook, R. Herrington, dan R. J. Fairhurst, "Use of QEMSCAN® for the characterization of Ni-rich and Ni-poor goethite in laterite ores," *Miner. Eng.*, vol. 22, no. 13, hal. 1119–1129, 2009, doi: 10.1016/j.mineng.2009.03.012.
- [12] Sufriadin Sufriadin, Arifudin Idrus, S. Pramumijoyo, I. W. Warmada, I. Nur , A. Imai, A. M. Imran, Kaharuddin Kaharuddin, "Thermal and Infrared Studies of Garnierite From the Soroako Nickeliferous Laterite Deposit, Sulawesi, Indonesia." Indonesian Journal on Geoscience, vol. 7, no. 2, 2012, pp. 77-85, doi:10.17014/ijog.7.2.77-85. [13] R. L. Thorne, "Nickel Laterites, Origin and Climate," University of Southampton, 2011.
- [14] Surono dan H. A. Tang, "Kemungkinan Keterdapatan Endapan Emas Primer Di Kabupaten Bombana , Sulawesi," *J. Teknol. Miner. dan Batubara*, vol. 5 nomor 4, hal. 163–170, 2009.