

**KARAKTERISTIK FISIK, GEOKIMIA DAN SEBARAN ENDAPAN NIKEL LATERIT
DAERAH LOJI BEACH, PULAU OBI, KABUPATEN HALMAHERA SELATAN,
PROVINSI MALUKU UTARA****PHYSICAL, GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS AND DISTRIBUTION OF NICKEL
LATERITE DEPOSITS IN THE LOJI BEACH AREA, OBI ISLAND,
SOUTH HALMAHERA DISTRICT, NORTH MALUKU PROVINCE****Eliana Trisusanti¹, Aton Patonah¹, Adi Hardiyono¹, dan Alan Matano²**¹Universitas Padjadjaran, Bandung, Indonesia²PT Trimegah Bangun Persada, Halmahera Selatan, IndonesiaEmail korespondensi: eliana19001@mail.unpad.ac.id

Diterima: 29 November 2024; Direvisi: 10 April 2025; Disetujui: 21 Mei 2025

DOI: <https://doi.org/10.47599/bsdg.v20i1.523>**ABSTRAK**

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil nikel terbesar di dunia. Salah satu daerah penghasil nikel di Indonesia berada di daerah *Loji Beach* yang menjadi daerah penelitian. Daerah penelitian ini terletak di Pulau Obi, Kabupaten Halmahera Selatan, Provinsi Maluku Utara. Secara geologi, daerah penelitian tersusun oleh batuan ultramafik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik nikel laterit dan hubungannya dengan kondisi geologi di daerah penelitian dengan menggunakan metode petrografi sampel batuan dan geokimia XRF (*X-Ray Fluorescence*) sampel hasil pemboran. Data geokimia berupa kadar Ni dari data bor diinterpolasi dengan metode IDW menggunakan *software ArcGIS*. Berdasarkan hasil penelitian, Ni-laterit melimpah pada morfologi perbukitan landai dengan kemiringan lereng 0-7%. Batuan dasar pembawa Ni-laterit diduga berasal dari serpentin dari hasil serpentinisasi harzburgit dan dunit. Berdasarkan analisis petrografi, batuan dasar tersusun oleh serpentin >85%, sisanya adalah relik mineral olivin dan ortopiroksen, serta mineral-mineral lainnya seperti talc, mineral oksida dan opak. Hasil analisis geokimia menunjukkan bahwa pada zona limonit terdapat kelimpahan unsur Fe sedangkan pada zona saprolit unsur Ni terkayakan dengan kadar 1,5%-2,8%.

Kata kunci: Pantai Loji, nikel laterit, geokimia, batuan dasar, morfologi**ABSTRACT**

Indonesia is one of the largest nickel producing countries in the world. One of the nickel producing areas in Indonesia is in the *Loji Beach* area. This research area is located on Obi Island, South Halmahera Regency, North Maluku Province. Geologically, the research area is composed of ultramafic rocks. This research aims to determine the characteristics of nickel laterite and its relationship with geological conditions in the research area using petrographic methods of rock samples and XRF (*X-Ray Fluorescence*) geochemistry of drilling samples. Geochemical data in the form of Ni content from drill data was interpolated using the IDW method using *ArcGIS* software. Based on research results, Ni-laterite is abundant in the morphology of gentle hills with a slope of 0-7%. The base rock bearing Ni-laterite is thought to be serpentine from the serpentinization of harzburgite and dunit. Based on petrographic

analysis, the bedrock is composed of >85% serpentine, the rest is relict minerals olivine and orthopyroxene, as well as other minerals such as talc, oxide minerals and opaque. The results of geochemical analysis show that in the limonite zone there is an abundance of Fe elements, while in the saprolite zone the Ni element is enriched with levels of 1.5% -2.8%.

Keywords: *Loji Beach, nickel laterite, geochemistry, bedrock, morphology*

PENDAHULUAN

Nikel merupakan salah satu komoditi tambang yang sangat dibutuhkan di berbagai industri di dunia. Nikel dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan elemen paduan, pelapis, baterai, dan beberapa penggunaan lain, seperti peralatan dapur, telepon seluler, peralatan medis, transportasi, bangunan, pembangkit listrik, dan perhiasan. Penggunaan nikel didominasi oleh produksi feronikel untuk baja tahan karat (66%). Hal ini menunjukkan bahwa kebutuhan nikel dunia akan terus meningkat ditambah dengan isu penggunaan transportasi listrik di masa mendatang. Oleh karena itu, eksplorasi dan pengolahan cadangan nikel yang baru harus terus dilakukan.

Keberadaan nikel di alam ada dua jenis yaitu nikel sulfida dan nikel laterit. Menurut Mudd (2009), nikel sulfida terbentuk dari fraksinasi dan kristalisasi magma atau aliran lava purba yang melibatkan logam tembaga, kobal, emas dan paladium. Keterdapatn nikel sulfida berasosiasi dengan intrusi ultramafik-mafik (Vaughan dan Corkhill, 2017). Sedangkan nikel laterit terbentuk sebagai hasil dari proses pelapukan kimiawi (laterisasi) yang intensif dari batuan ultramafik yang kaya unsur Mg dan memiliki kadar Ni-primer 0,2-0,4% pada iklim tropis dengan curah hujan yang tinggi sehingga besarnya peluang terjadi pengayaan supergen (Elias, 2002; Golightly, 1981).

Sumber daya nikel dunia sebagian besar dihasilkan dari endapan nikel laterit yaitu sekitar 40% dari total produksi nikel yaitu sekitar 1 juta ton. Sebanyak 70% dari semua sumber daya nikel dunia terkandung dalam laterit (Elias, 2002). Berdasarkan data dari Kementerian Energi

dan Sumber Daya Mineral tahun 2023, sumber daya nikel di Indonesia selalu mengalami peningkatan sejak tahun 2019 hingga tahun 2023. Tahun 2023 sumber daya nikel mencapai 18,6 miliar ton dengan total cadangan sebesar 5,3 miliar ton. Sebaran sumber daya dan cadangan nikel terbesar berada di provinsi Sulawesi Tenggara, Sulawesi Tengah dan Maluku Utara. Studi dan eksplorasi nikel di Indonesia sudah banyak dilakukan baik mengenai nikel sulfida (Khadafi, dkk., 2013 dan Utami, 2022) maupun nikel laterit (Arifin, 2015; Kurniadi, dkk., 2017; Haya, dkk., 2019). Indonesia sebagai negara dengan iklim tropis memungkinkan terjadinya proses pelapukan yang tinggi pada batuan ultramafik sehingga menghasilkan endapan nikel laterit. Endapan ini dipengaruhi oleh kondisi tektonik yang merupakan pertemuan lempeng-lempeng besar yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Pasifik, lempeng Eurasia dan lempeng Filipina. Aktivitas tektonik menyebabkan tersingkapnya batuan-batuan ultramafik dari ofiolit dan menghasilkan struktur-struktur yang kompleks (Sompotan, 2012). Batuan ultramafik yang tersingkap mengalami proses laterisasi akibat curah hujan yang tinggi dan mengalami pengkayaan kadar nikel pada zona-zona tertentu.

Nikel laterit umumnya dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu jenis batuan dasar, struktur geologi umumnya berupa kekar, topografi, iklim, pelarutan kimia, vegetasi, dan waktu. Batuan dasar menjadi salah satu faktor yang utama sebagai sumber penghasil nikel laterit. Unsur Ni hadir menggantikan ion Mg dan Fe dari mineral-mineral feromagnesian (umumnya olivin dan piroksen) pada batuan beku ultramafik dan berasosiasi dengan struktur geologi pada Prakambrian hingga Tersier (Waheed, 2008). Di Pulau Obi, nikel laterit

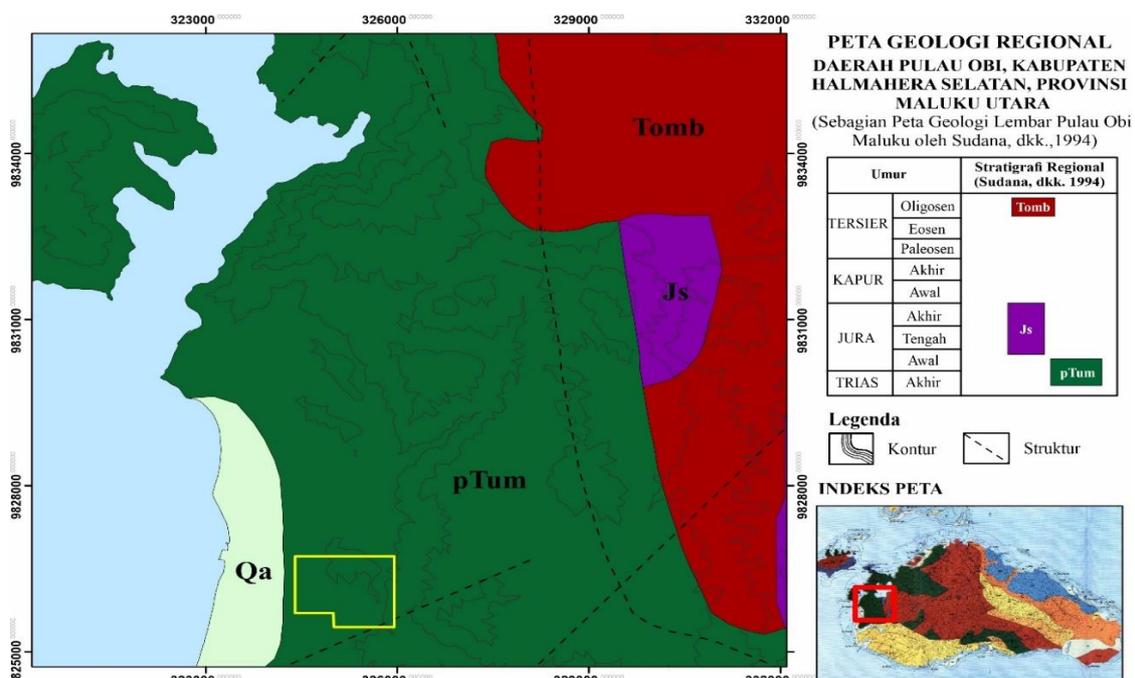
berasal dari batuan ultramafik berupa dunit dan lherzolit yang mengalami serpentinisasi dengan tingkat yang bervariasi. Lebih lanjut lagi, karakteristik mineralogi dan geokimia endapan nikel laterit di Pulau Obi menunjukkan perilaku unsur berbeda, yaitu menunjukkan adanya penambahan dan pengurangan unsur yang tergantung pada kondisi morfologi, litologi, struktur lokal yang membentuk rekahan pada batuan dasar, dan tingkat pelapukan pada setiap kedalaman (Haya dkk., 2019). Penelitian ini difokuskan pada karakteristik dan profil endapan nikel laterit di daerah penelitian dengan pendekatan petrografi dan geokimia untuk melihat hubungan antara proses lateritisasi dengan kondisi geologi untuk mendapatkan sebaran daerah yang memiliki potensi kelimpahan endapan nikel laterit.

KONDISI GEOLOGI

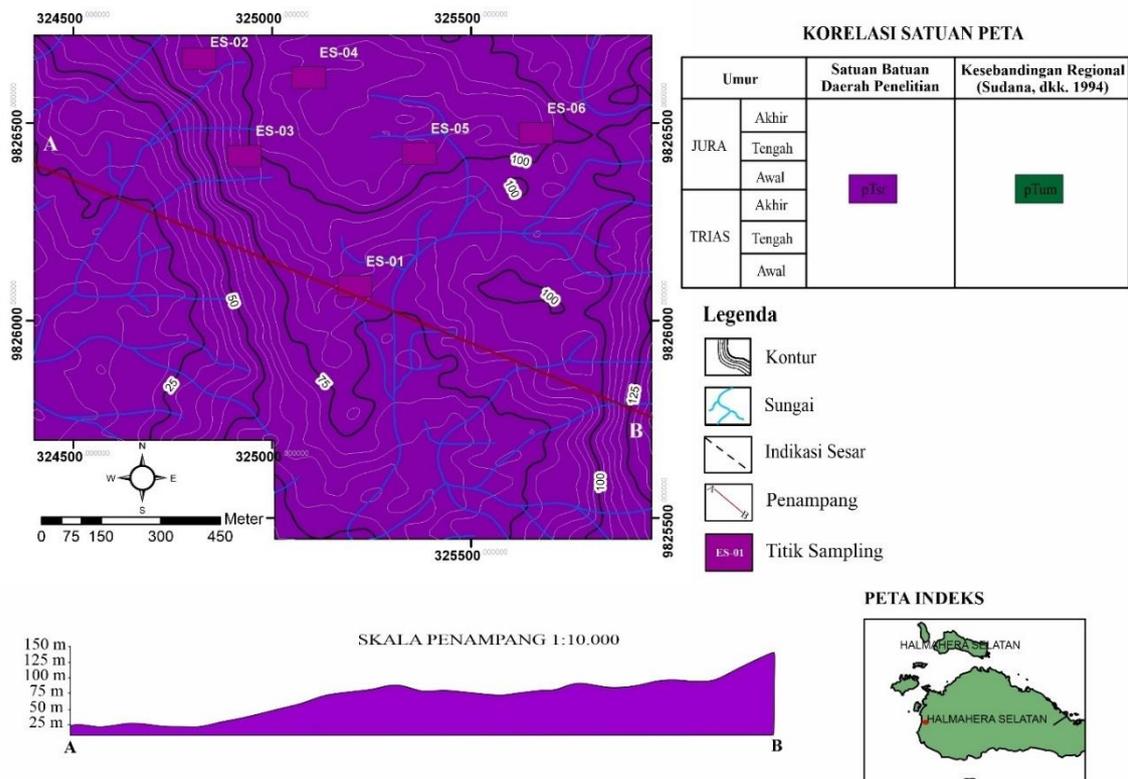
Kondisi geologi regional daerah penelitian termasuk dalam lembar peta geologi regional Obi, Maluku (Sudana, dkk., 1994) pada kelompok batuan ultramafik berumur Trias Akhir – Jura Awal yang terdiri atas serpentin, piroksenit, dan harzburgit (Gambar 1). Serpentin berwarna abu-abu kehijau-hijauan tersusun oleh mineral-

mineral serpentin, olivin, piroksen, kromit, magnetit dan oksida besi. Piroksenit berwarna abu-abu muda kehijau-hijauan terdiri dari piroksen, olivin, magnetit dan kromit. Harzburgit berwarna kuning kehijau-hijauan terdiri dari piroksen (enstatit), olivin dan bijih. Batuannya sangat tergeruskan, mengandung urat kuarsa dan kalsit, serpentinisasi sangat kuat dan setempat ditemukan retas diorit serta gabro yang mengandung pirit. Hasil observasi lapangan menunjukkan daerah penelitian didominasi oleh serpentin (Gambar 2). Serpentin mempunyai warna segar hitam kehijauan dan abu-abu kehijauan, tersusun atas mineral-mineral serpentin, olivin, piroksen, talc, mineral oksida dan opak. Struktur *veinlet* yang terisi oleh serpentin dan silika juga dapat diamati pada area tertentu.

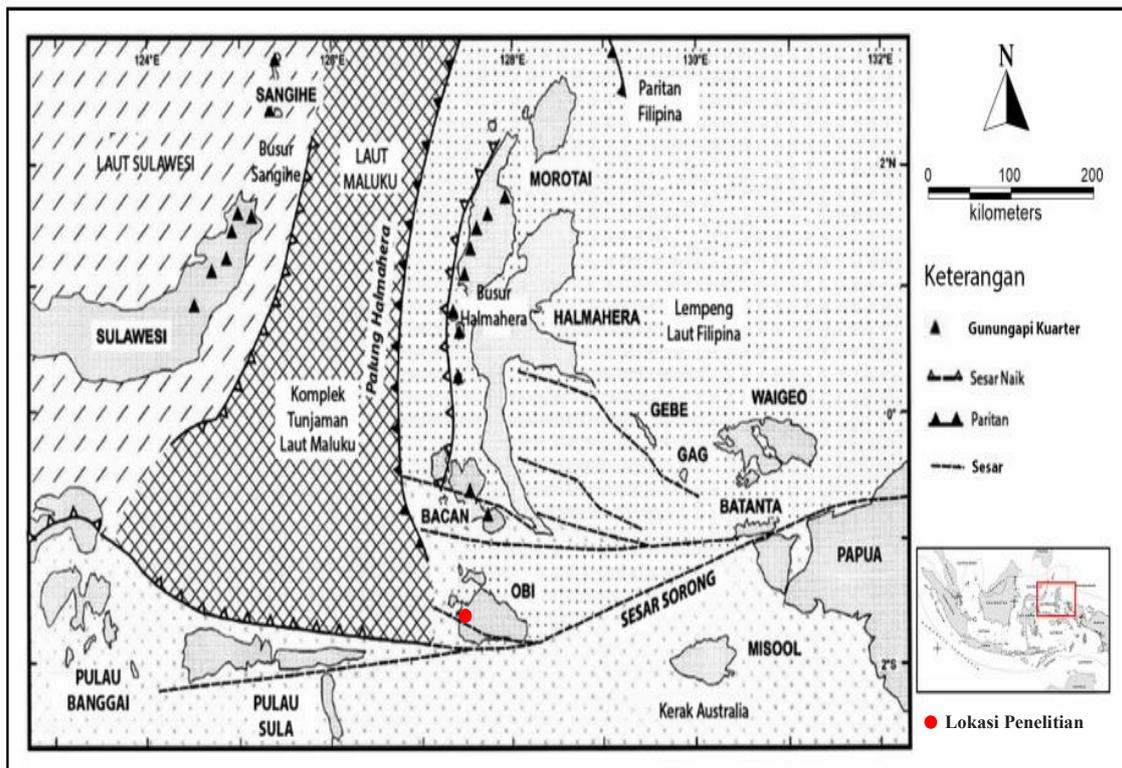
Pulau Obi dibatasi oleh dua lajur sesar besar yaitu sesar Sorong-Sula Utara di selatan dan sesar Sorong Maluku di Utara (Hamilton, 1978). Sentuhan tektonik antara batuan ultramafik dan satuan batuan yang lebih muda membentuk sesar normal. Pola kelurusan pada daerah ini membentuk arah baratlaut-tenggara dan baratdaya-timurlaut (Gambar 3).



Gambar 1. Peta Geologi Regional Daerah Penelitian (Sudana, 1994)



Gambar 2. Peta Geologi Daerah Penelitian



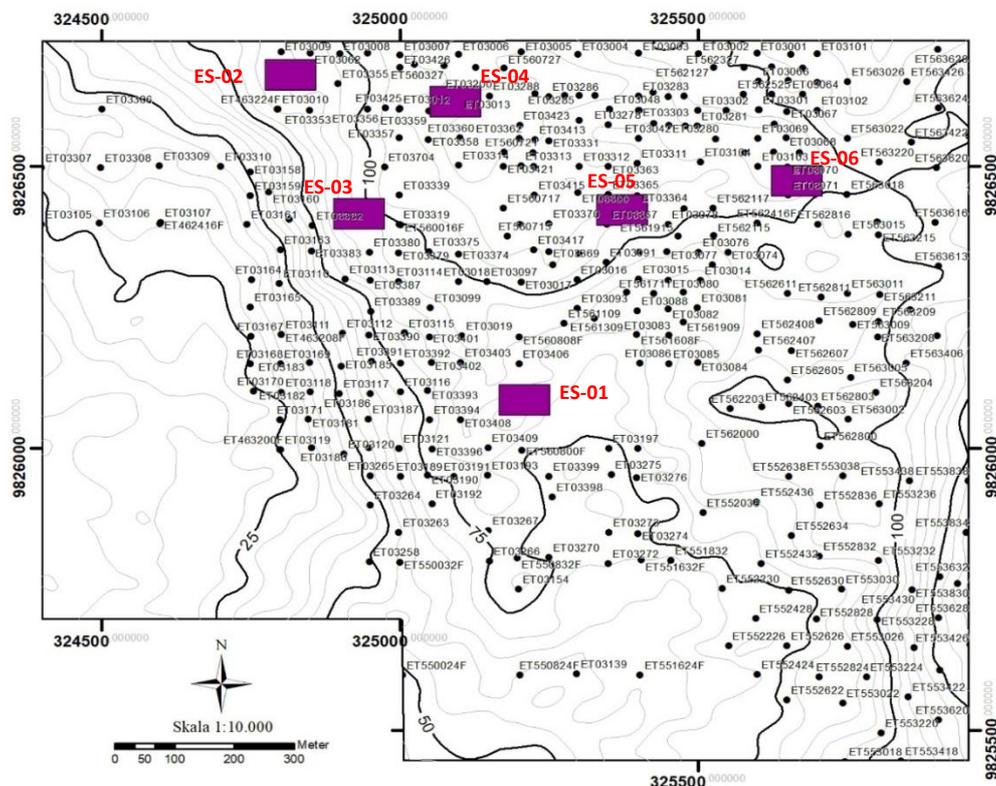
Gambar 3. Tatanan Tektonik Cekungan Obi (modifikasi dari Letouzey dkk., 1983)

BAHAN DAN METODE ANALISIS

Objek yang menjadi penelitian adalah batuan dasar (ultramafik), morfologi daerah penelitian, geokimia dan profil endapan laterit. Data yang digunakan terdiri atas data primer berupa 6 sampel batuan dasar tersingkap di permukaan dan data sekunder berupa 333 data pemboran di daerah penelitian. Pengeboran dilakukan dengan spasi 25 meter menggunakan *core drilling* HQ3 diameter 61.1 mm (Gambar 4).

Data primer merupakan sampel terpilih dari singkapan batuan segar di permukaan. Sampel batuan dasar yang diambil seluruhnya dipreparasi menjadi sayatan tipis (*thin section*) untuk dilakukan analisis petrografi. Hal ini bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik batuan dasar baik dari aspek warna, tekstur, komposisi mineral dan struktur pada batuan menggunakan mikroskop polarisasi sehingga dapat ditentukan nama batuan.

Adapun data sekunder berupa kajian peneliti terdahulu berupa peta geologi regional daerah penelitian, data DEM (*Digital Elevation Model*) dan data pemboran inti (*coring*). Data *coring* berasal dari sampel tanah dan batuan pada tiap-tiap interval kedalaman setiap titik bor yang dianalisis geokimia dengan metode XRF (*X-Ray Fluorecence*) oleh PT. Trimegah Bangun Persada. Data geokimia *coring* setiap interval sampel terdiri dari elemen utama berupa FeO (total), MgO, SiO₂ dan Al₂O₃ dan elemen minor Ni, Co, Cr (%). Hasil data geokimia ini digunakan untuk mengetahui setiap perubahan zonasi dari profil endapan nikel laterit secara vertikal dari permukaan (lapisan penutup) hingga bawah permukaan (batuan dasar). Selanjutnya data kadar Ni dari hasil pemboran diolah menggunakan *software ArcGIS 10.8* dan diinterpolasi dengan metode *Inverse Distance Weight (IDW)* untuk menghasilkan peta penyebaran zonasi kadar nikel laterit daerah penelitian.



Legenda

ES-01 Titik Sampling

● Titik Pemboran

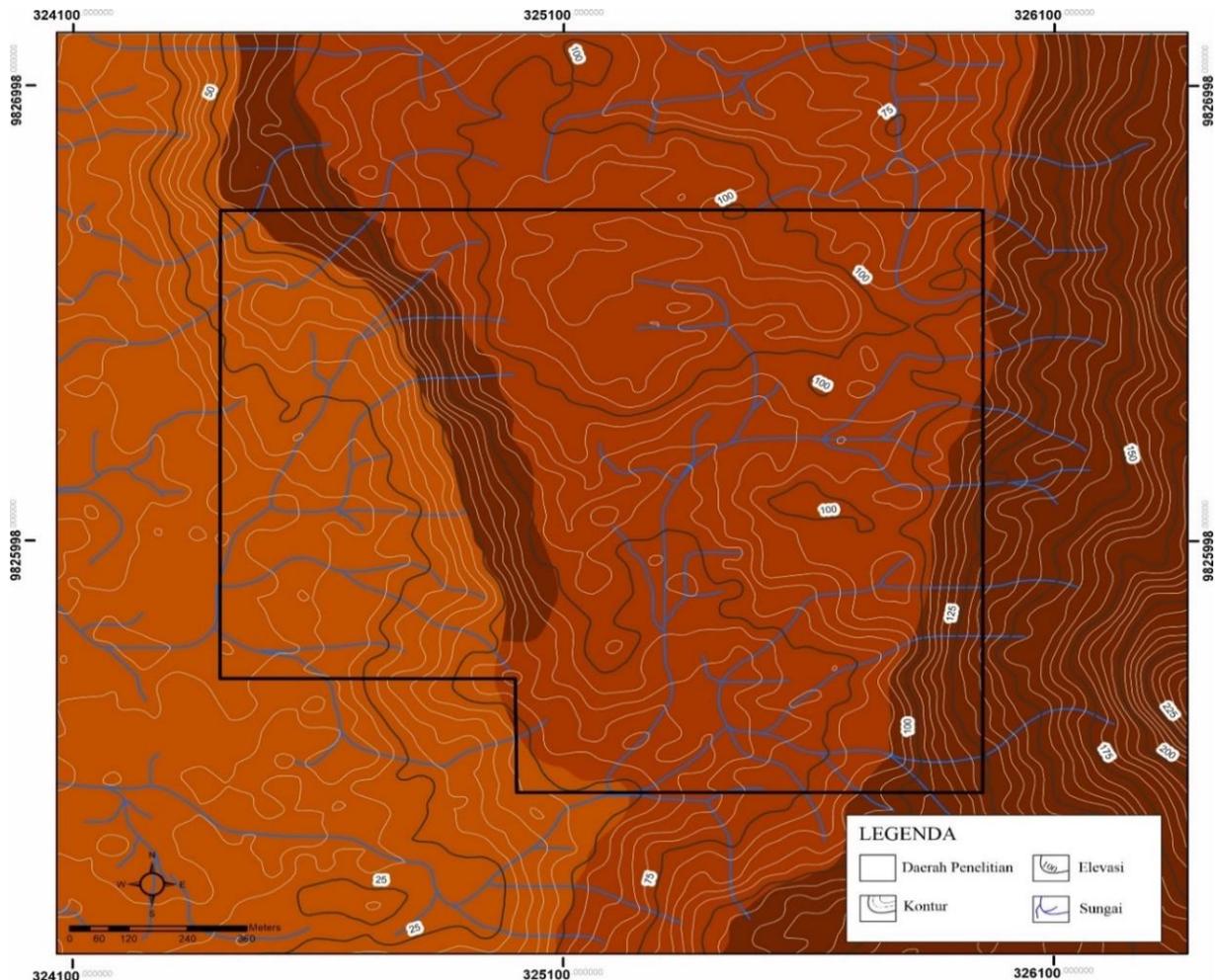
Gambar 4. Lokasi Titik Pemboran dan Sampel Permukaan

HASIL ANALISIS

Geomorfologi Daerah Penelitian

Geomorfologi daerah penelitian dibagi menjadi pedataran, perbukitan landai dan perbukitan curam (Gambar 5). Wilayah pedataran berada pada elevasi <50 mdpl dengan morfometri datar-sangat landai (0-2%) di daerah barat daerah penelitian.

Perbukitan landai berada pada elevasi 75-100 mdpl dengan morfometri sangat landai-landai (2-15%) pada bagian tengah daerah penelitian. Sementara itu, perbukitan curam berada pada elevasi 100-150 mdpl dengan morfometri agak curam-curam (>15%) yang tersebar pada bagian tenggara daerah penelitian.



Gambar 5. Peta Geomorfologi Daerah Penelitian

Tabel 1. Satuan Geomorfologi Daerah Penelitian

Satuan Geomorfologi	Warna	Morfografi			Morfometri			Morfogentik		
		Bentuk Lahan	Pola Pengaliran	Bentuk Lembah	Elevasi (m)	Kemiringan Lereng Kelas	%	Endogen	Eksogen	Litologi
Pedataran Denudasional		Dataran	Subdendritik	U	0-25	Datar-Landai	0-7	Tektonik	Pelapukan dan Erosi	Serpentinit
Perbukitan Denudasional Landai		Perbukitan	Subdendritik	U-V	75-100	Sangat Landai-Landai	2-15	Tektonik	Pelapukan dan Erosi	Serpentinit
Perbukitan Denudasional Curam		Perbukitan	Rectangular	V	100-150	Agak Curam-Curam	15-30	Tektonik	Pelapukan dan Erosi	Serpentinit

Petrologi Batuan Dasar

Hasil penelitian lapangan dan analisis petrografi menunjukkan bahwa daerah penelitian tersusun oleh serpentinit dengan karakteristik yang berbeda. Karakteristik batuan ultramafik dapat dijelaskan berdasarkan pengamatan megaskopis dan mikroskopis sampel batuan yang menyebar di daerah penelitian.

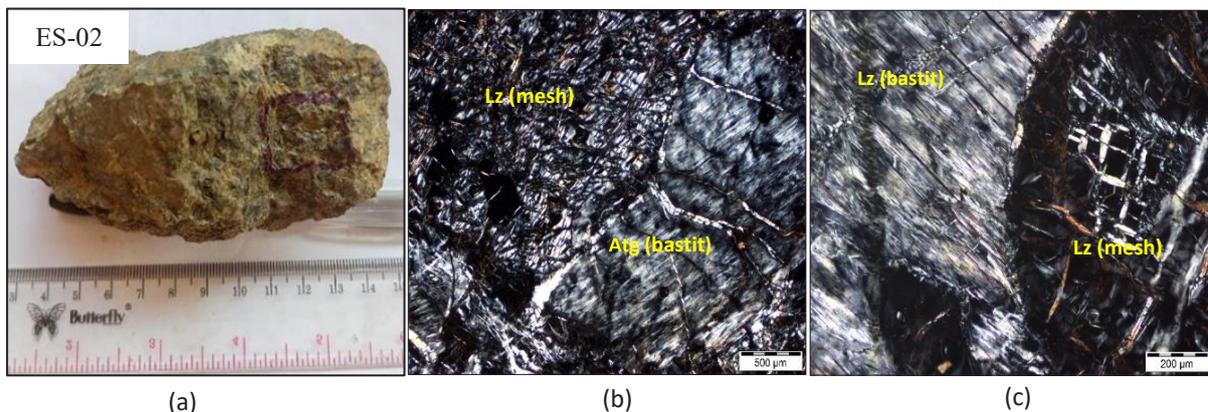
Ada 6 (enam) sampel terpilih di daerah penelitian. Sampel batuan pada nomor ES-01, ES-02, ES-04, ES-05 dan ES-06 memiliki warna lapuk hitam kecoklatan, warna segar hitam kehijauan dan abu-abu kehijauan, indeks warna hipermelanik, dengan tekstur faneritik. Mineral penyusun yang teramati didominasi oleh serpentinit, ditambah kehadiran sedikit mineral olivin dan piroksen yang masih dapat teramati, terlihat pula beberapa mineral yang teroksidasi. Struktur *veinlet* yang terisi oleh

serpentinit dan silika juga dapat diamati pada area tertentu.

Hasil analisis petrografi menunjukkan kelimpahan mineral-mineral penyusun dari setiap sampel batuan (Tabel 2), contohnya sampel batuan nomor ES-02 menunjukkan kehadiran mineral serpentinit yang mendominasi pada sayatan batuan dengan tekstur khusus yaitu tekstur mesh ubahan dari olivin dan tekstur bastit ubahan piroksen yaitu didominasi oleh jenis ortopiroksen (Gambar 6). Mineral serpentinit (antigorit) juga mengisi *veinlet* pada batuan. Relik ortopiroksen juga hadir dari ortopiroksen yang terserpentinisasi. Selain itu terdapat juga mineral opak berwarna hitam dan mineral teroksidasi berwarna kecoklatan hadir secara *spotted*. Berdasarkan komposisi mineralnya yang didominasi oleh mineral serpentinit, batuan ini dinamakan serpentinit dari ubahan harzburgit (Winter,2001).

Tabel 2. Kelimpahan mineral-mineral penyusun batuan dari sampel permukaan (Ser=serpentinit; Ol=olivin; Ops=orthopiroksen; Cpx=klinopiroksen; Oks=Oksida; Tlc=Talc; Opq=Opak)

Kode Sampel	Litologi	Mineral Penyusun Batuan (%)							Protolith
		Ser	Ol	Ops	Cpx	Oks	Tlc	Opq	
ES-01	Serpentinit	80	0	5	0	7	5	2	Harzburgit
ES-02	Serpentinit	88	0	7	0	2	1	2	Harzburgit
ES-03	Serpentinit	85	2	2	0	5	3	2	Dunit
ES-04	Serpentinit	85	0	7	3	2	2	1	Harzburgit
ES-05	Serpentinit	85	0	7	2	3	0	3	Harzburgit
ES-06	Serpentinit	85	2	8	0	3	0	2	Harzburgit



Gambar 6. (a) Sampel ES-02 Serpentinit (metamorfisme harzburgit); (b) dan (c) sayatan tipis serpentinit pada kenampakan XPL yang memperlihatkan tekstur mesh dan bastit (Lz = lizardit, Atg = antigorit).

Serpentinit berikutnya memiliki perbedaan dengan di atas, yaitu dijumpai pada stasiun ES-03. Secara megaskopis, batuan ini memiliki warna lapuk hitam kecoklatan dan warna segar hitam kehijauan, indeks warna hipermelanik, granularitas faneritik. Kehadiran mineral serpentin dapat teramati yang merupakan hasil dari ubahan mineral utamanya yaitu olivin dan piroksen. Sedikit mineral olivin dan piroksen yang dapat diidentifikasi. Selain itu terdapat mineral teroksidasi. Oleh karena itu batuan ini telah mengalami serpentinisasi. Dapat terlihat juga *veinlet* yang terisi oleh mineral serpentin dan talk (Tabel 2).

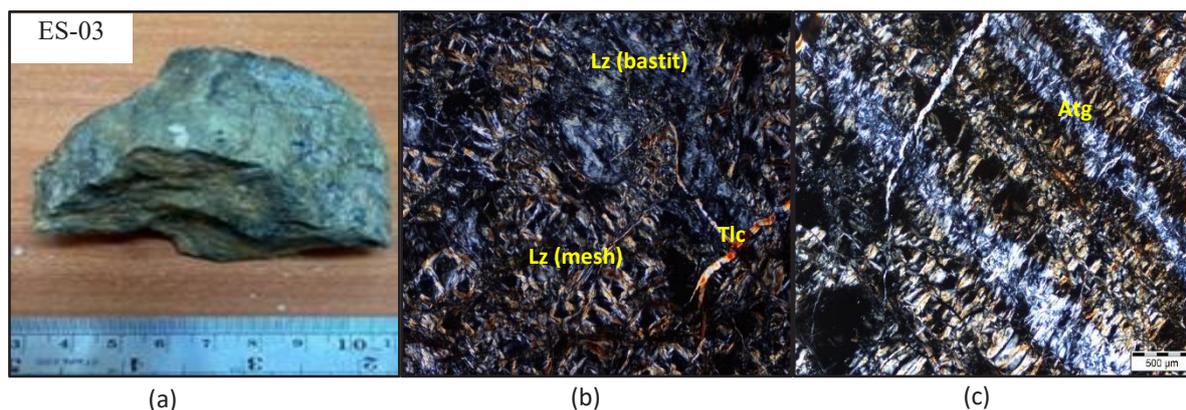
Berdasarkan hasil analisis petrografi (Gambar 7), sampel batuan nomor ES-03 memperlihatkan granularitas batuan faneritik, kristalinitas holokristalin, keseragaman kristal inequigranular, bentuk butir hipidiomorf. Batuan didominasi oleh serpentin dengan tekstur khusus yaitu mesh hasil ubahan dari olivin, dan tekstur bastit hasil ubahan piroksen jenis ortopiroksen. Serpentin (krisotil dan antigorit) juga mengisi *veinlet* pada batuan. Selain itu terdapat juga talk, mineral opak dan mineral oksida berwarna kecoklatan hadir secara *spotted*. Berdasarkan

komposisi mineralnya, batuan ini dinamakan serpentinit dari ubahan dunit (Winter,2001).

Geokimia Profil Nikel Laterit

Analisis geokimia menggunakan alat XRF dilakukan dengan tujuan mengetahui unsur utama seperti FeO, MgO dan SiO₂ dan unsur minor yaitu Ni, Co, Cr dan Al₂O₃ pada setiap zona profil endapan nikel laterit pada daerah penelitian. Analisis ini dilakukan terhadap conto soil dan batuan dari 333 titik pemboran untuk mengevaluasi komposisi dan hubungan unsur-unsur kimia tersebut (Tabel 3).

Plot data dalam diagram ternary SiO₂, MgO dan FeO (Gambar 8a) yang diolah dengan *Ms. Excel* dari data pemboran memperlihatkan bahwa zona limonit sangat kaya akan unsur Fe dan semakin menuju zona batuan dasar menunjukkan kelimpahan MgO dan SiO₂. *Scatter plot* antara SiO₂(%) dan MgO(%) vs Fe(%) (Gambar 8b) menggambarkan suatu hubungan antara SiO₂ dan MgO terhadap Fe. Garis merah pada diagram *scatter plot* menunjukkan adanya korelasi negatif, yaitu nilai senyawa kimia MgO dan SiO₂ yang semakin tinggi akan menghasilkan nilai unsur Fe yang semakin rendah.



Gambar 7. (a) Sampel ES-03 serpentinit (metamorfisme dunit); (b) dan (c) sayatan tipis serpentinit pada kenampakan XPL memperlihatkan tekstur *mesh* dan bastit, dan terdapat *veinlet* yang diisi serpentin (Lz = lizardit, Tlc = talc, Atg = antigorit).

Tabel 3. Hasil Analisis XRF Data Pemboran

Hole_Id	Koordinat			Depth		%Total						Profil	
	X	Y	Z	from	to	Ni	Co	Fe	SiO ₂	MgO	Cr		Al
ET560808F	325200.25	9826198.1	64.189	0	1	0.46	0.03	48.85	2.44	0.71	2.56	6.25	lim
ET560808F	325200.25	9826198.1	64.189	1	2	0.39	0.02	47.36	1.52	0.44	2.06	6.96	lim
ET560808F	325200.25	9826198.1	64.189	2	3	0.47	0.05	48.95	1.51	0.53	1.67	5.99	lim
ET560808F	325200.25	9826198.1	64.189	3	4	0.79	0.13	50.26	3.26	1.12	2.19	4.01	lim
ET560808F	325200.25	9826198.1	64.189	4	5	1.15	0.14	50.28	4.07	1.44	2.23	3.32	lim
ET560808F	325200.25	9826198.1	64.189	5	6	1.15	0.11	45.13	14.93	2.09	2.12	2.40	lim
ET560808F	325200.25	9826198.1	64.189	6	6.45	1.33	0.11	52.25	4.6	2.25	2.36	2.13	lim
ET560808F	325200.25	9826198.1	64.189	6.45	7	0.91	0.04	21.5	28.83	24.44	1.07	1.01	sap
ET560808F	325200.25	9826198.1	64.189	7	8	0.95	0.03	18.97	30.81	26.92	1.02	0.47	sap
ET560808F	325200.25	9826198.1	64.189	8	9	0.45	0.01	7.71	38.80	36.16	0.44	0.11	brk
ET560808F	325200.25	9826198.1	64.189	9	9.35	0.56	0.02	8.24	39.15	34.89	0.47	0.15	brk
ET560808F	325200.25	9826198.1	64.189	9.35	10	0.33	0.01	6.22	39.63	37.55	0.33	0.11	brk
ET560808F	325200.25	9826198.1	64.189	10	11	0.23	0.01	5.3	39.83	38.31	0.26	0.21	brk
ET560808F	325200.25	9826198.1	64.189	11	12	0.22	0.01	4.85	40.6	37.79	0.26	0.24	brk
ET560008F	325008.60	9826204.9	62.164	0	1	1.04	0.13	50.89	2.59	0.94	2.32	2.86	lim
ET560008F	325008.60	9826204.9	62.164	1	2	1.09	0.29	51.12	2.36	1.49	3.10	1.94	lim
ET560008F	325008.60	9826204.9	62.164	2	3	1.41	0.30	48.46	5.47	2.80	2.32	2.23	lim
ET560008F	325008.60	9826204.9	62.164	3	4	1.74	0.19	41.64	12.05	6.72	2.03	2.14	lim
ET560008F	325008.60	9826204.9	62.164	4	5	1.76	0.10	25.33	28.06	16.67	1.15	1.20	sap
ET560008F	325008.60	9826204.9	62.164	5	6	1.82	0.08	29.05	28.53	11.88	1.41	1.20	sap
ET560008F	325008.60	9826204.9	62.164	6	6.45	1.82	0.07	23.55	31.58	18.03	1.02	0.84	sap
ET560008F	325008.60	9826204.9	62.164	6.45	7	1.49	0.02	8.04	38.99	32.55	0.42	0.45	sap
ET560008F	325008.60	9826204.9	62.164	7	8	0.38	0.01	5.79	39.80	35.97	0.28	0.38	sap
ET560008F	325008.60	9826204.9	62.164	8	8.45	0.44	0.01	5.71	39.77	36.62	0.27	0.37	sap
ET560008F	325008.60	9826204.9	62.164	8.45	9	1.59	0.06	11.22	36.78	29.99	0.59	0.60	sap
ET560008F	325008.60	9826204.9	62.164	9	10	0.88	0.02	5.99	39.94	36.03	0.38	0.24	sap
ET560008F	325008.60	9826204.9	62.164	10	11	0.96	0.01	6.41	42.50	33.96	0.48	0.35	sap
ET560008F	325008.60	9826204.9	62.164	11	12	1.33	0.04	9.79	40.51	30.60	0.52	0.55	sap
ET560008F	325008.60	9826204.9	62.164	12	13	0.47	0.01	5.91	39.95	36.43	0.30	0.28	brk
ET560008F	325008.60	9826204.9	62.164	13	14	0.29	0.01	5.67	38.44	37.49	0.28	0.32	brk

Unsur Fe dapat menjadi indikator yang tepat untuk menunjukkan intensitas pelapukan kimia dan proses pencucian (*leaching*) yang membentuk suatu profil laterit. Oleh karena itu, unsur Fe sangat melimpah pada zona limonit dan mulai mengalami penurunan pada zona saprolit hingga menjadi sangat sedikit pada zona batuan dasar. Sebaliknya, kelimpahan senyawa MgO dan SiO₂ pada zona limonit sangat rendah dan meningkat pada zona saprolit hingga sangat melimpah pada zona *bedrock* karena senyawa ini bersifat *soluble* atau mudah larut (Waheed, 2002) sehingga ketika terjadi laterisasi senyawa ini akan ikut larut dan mengendap di bagian bawah.

Geokimia profil endapan laterit menggambarkan kecenderungan pola kelimpahan unsur secara vertikal di bawah permukaan yang dipengaruhi oleh proses laterisasi. Proses laterisasi yang terjadi

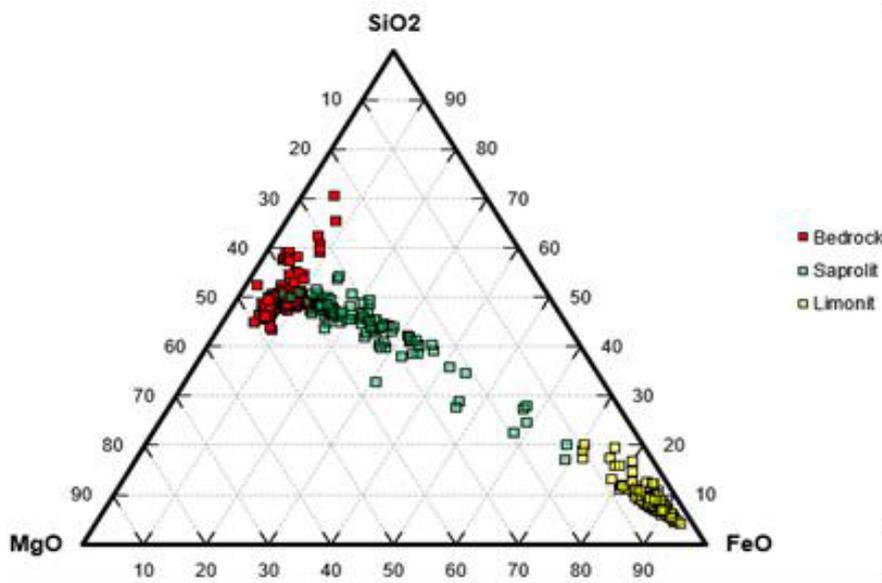
menyebabkan tiga perilaku unsur yaitu pelindian (*leaching*) MgO dan SiO₂ yang mobilitasnya tinggi, pengayaan (supergen) unsur Ni dan Co yang mobilitasnya terbatas, serta residual unsur oleh Fe, Cr dan Al yang tidak memiliki mobilitas (Waheed, 2002).

Diagram kimia elemen utama (Gambar 9a) dan minor (Gambar 9b) menggambarkan suatu pola profil endapan nikel laterit dari titik bor inti secara keseluruhan. Pola yang terlihat adalah SiO₂ mengalami pelindian pada zona limonit dan terkonsentrasi ke arah zona saprolit. Sama halnya dengan MgO juga memperlihatkan perilaku serupa, yang menggambarkan bahwa keduanya mudah larut (*soluble*) selama proses laterisasi ke arah zona saprolit. Sebaliknya, unsur Fe dan Al mengalami peningkatan pada zona limonit dan menurun secara signifikan ketika memasuki zona saprolit.

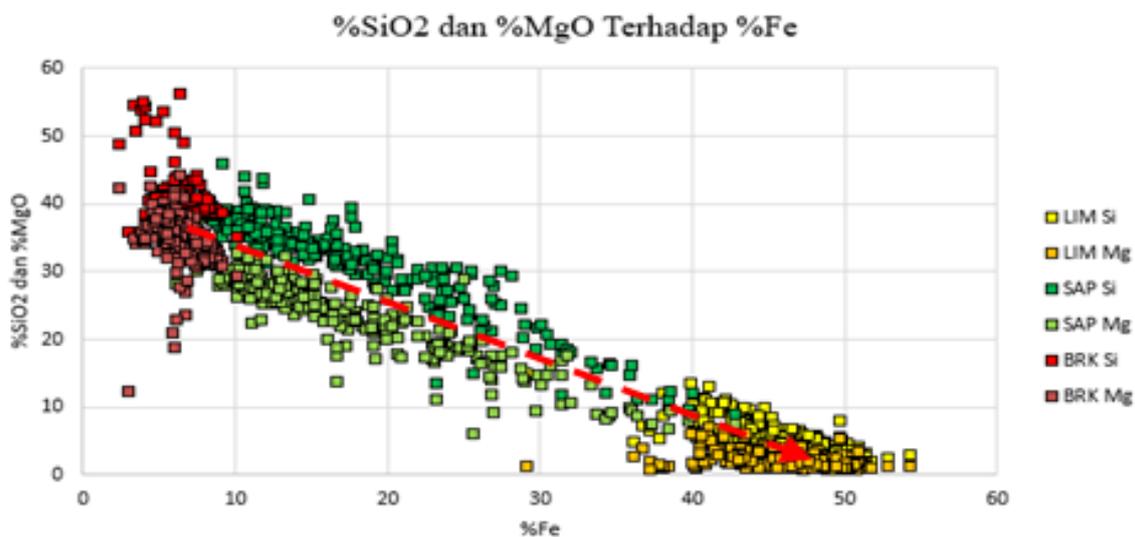
Grafik geokimia elemen minor Co dan Cr memperlihatkan pola yang relatif sama dengan Fe, yaitu kelimpahannya terjadi pada zona limonit yang mengalami penurunan kadar ketika memasuki zona saprolit. Sedangkan unsur Ni mengalami pengayaan pada zona saprolit dibandingkan dengan zona limonit.

Geokimia elemen utama dan minor yang diperlihatkan dalam grafik menunjukkan suatu pola yang normal berdasarkan sifat mobilitas unsur (Waheed, 2002), dimana

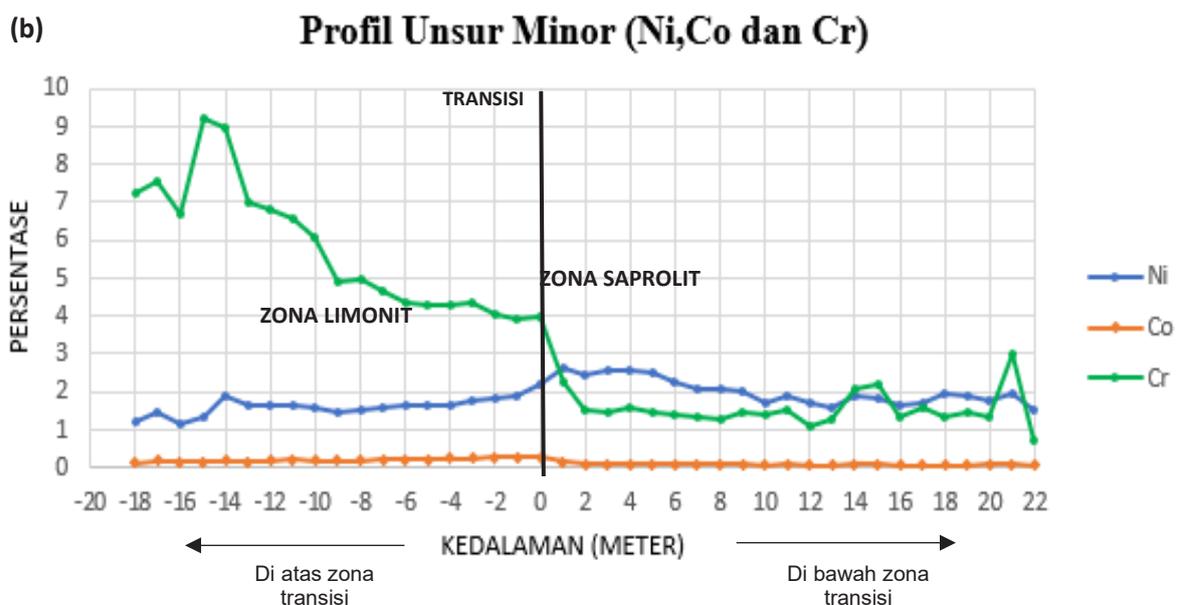
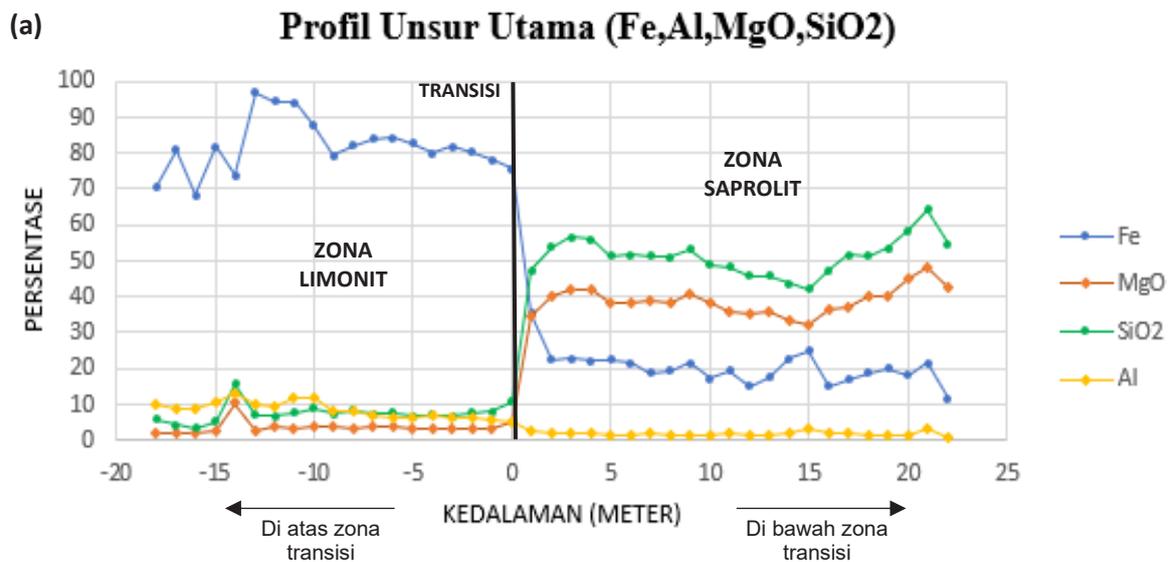
SiO₂, MgO, dan Ni yang memiliki mobilitas tinggi mengalami pelindihan (*leaching*) sehingga terbawa ke zona yang lebih dalam dan terkonsentrasi pada zona saprolit. Sebaliknya, unsur Fe, Al₂O₃, Cr₂O₃, dan Co bersifat *non mobile* sehingga unsur-unsur ini terkonsentrasi pada zona limonit. Kadar Ni pada zona limonit <1,8% kemudian mengalami peningkatan pada zona saprolit dengan kadar Ni 1,5-2,8% dan kembali mengalami penurunan menuju zona batuan dasar.



Gambar 8a. Ternary Diagram untuk %SiO₂, %MgO dan %FeO



Gambar 8b. Scatter Plot Tren Polynomial Nilai Unsur % SiO₂ dan % MgO terhadap % Fe (LIM = limonit; SAP = saprolit, BRK = batuan dasar)



Gambar 9. Profil Geokimia Unsur Utama (a) dan Unsur Minor (b) Endapan Nikel Laterit Daerah Penelitian

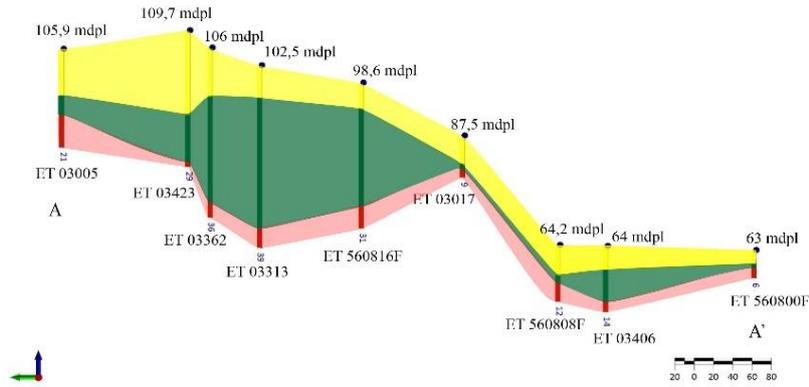
PEMBAHASAN

Hasil integrasi dari korelasi data bor inti yang didukung dengan data geokimia, dibuat beberapa penampang untuk menggambarkan pola profil laterit, ketebalan, dan sebaran endapan nikel lateritnya (Gambar 10). Penampang ini

menunjukkan zona limonit dan saprolit menebal ke arah utara dan menipis ke arah selatan daerah penelitian yang berarti bahwa tingkat laterisasi terjadi sangat intens pada bagian utara daerah penelitian. Hal tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu, proses pelapukan dan morfologi.

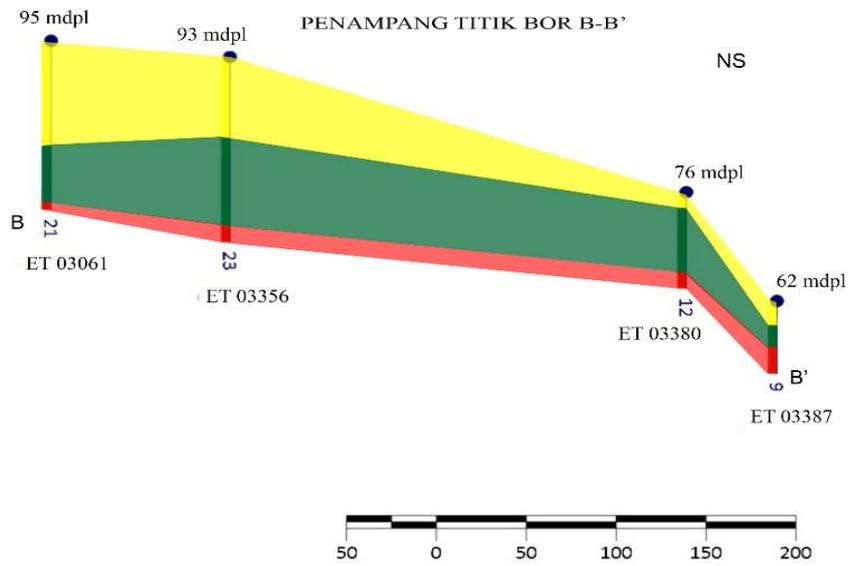
PENAMPANG TITIK BOR A-A'

NS



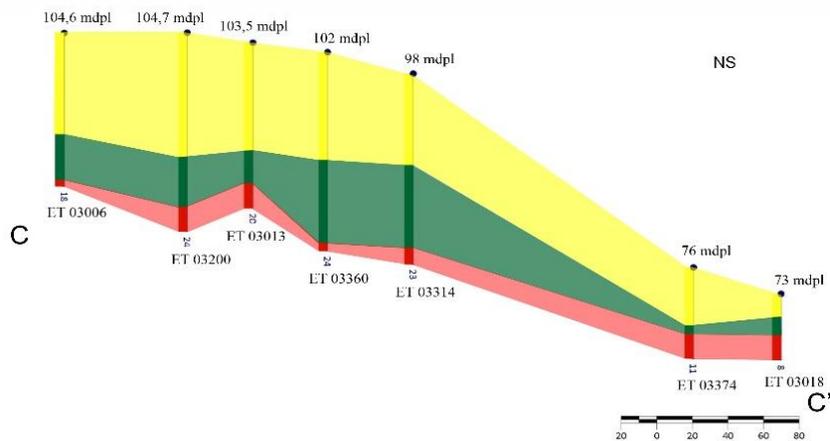
PENAMPANG TITIK BOR B-B'

NS

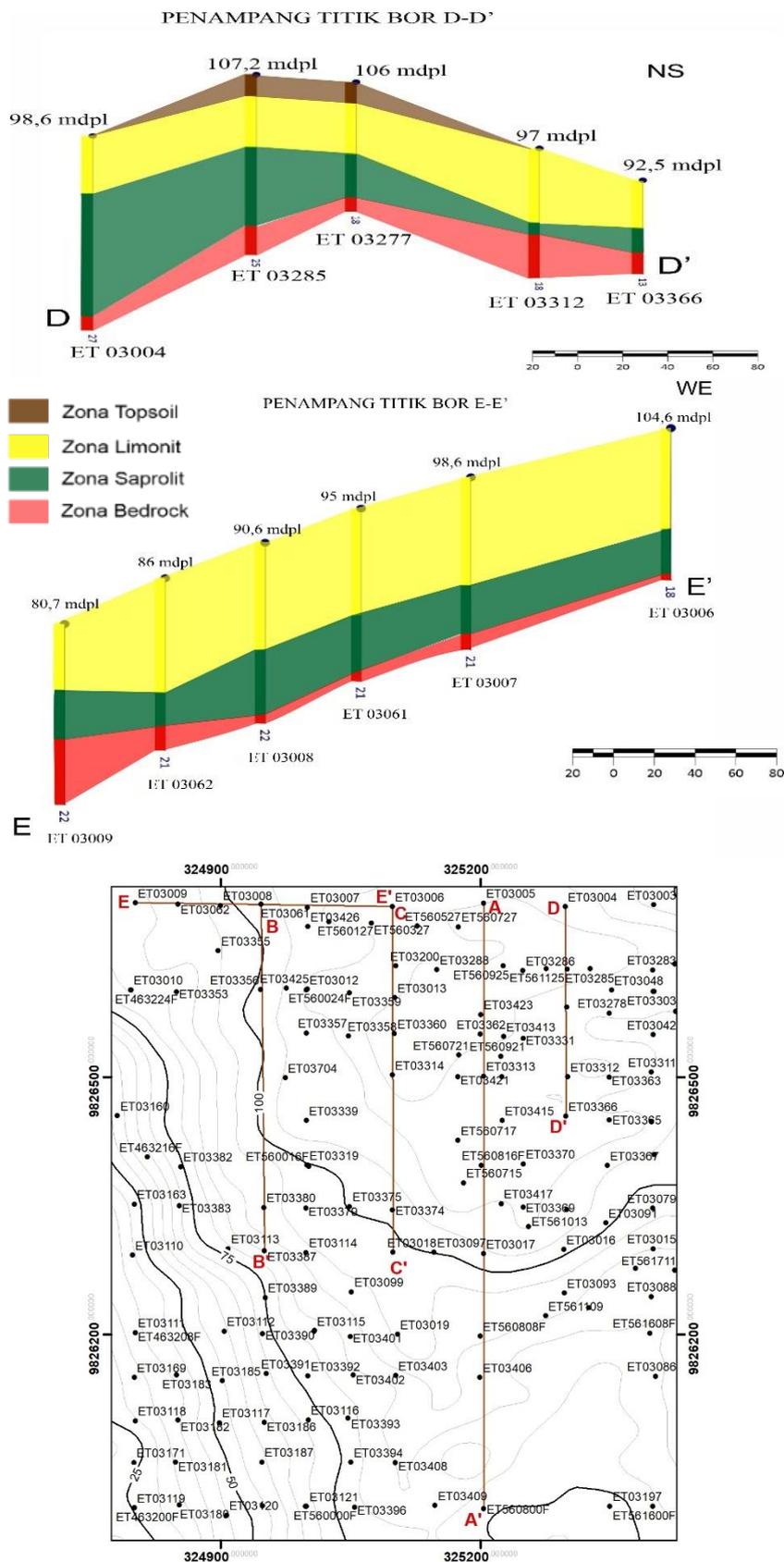


PENAMPANG TITIK BOR C-C'

NS



- Zona Topsoil
- Zona Limonit
- Zona Saprolit
- Zona Bedrock



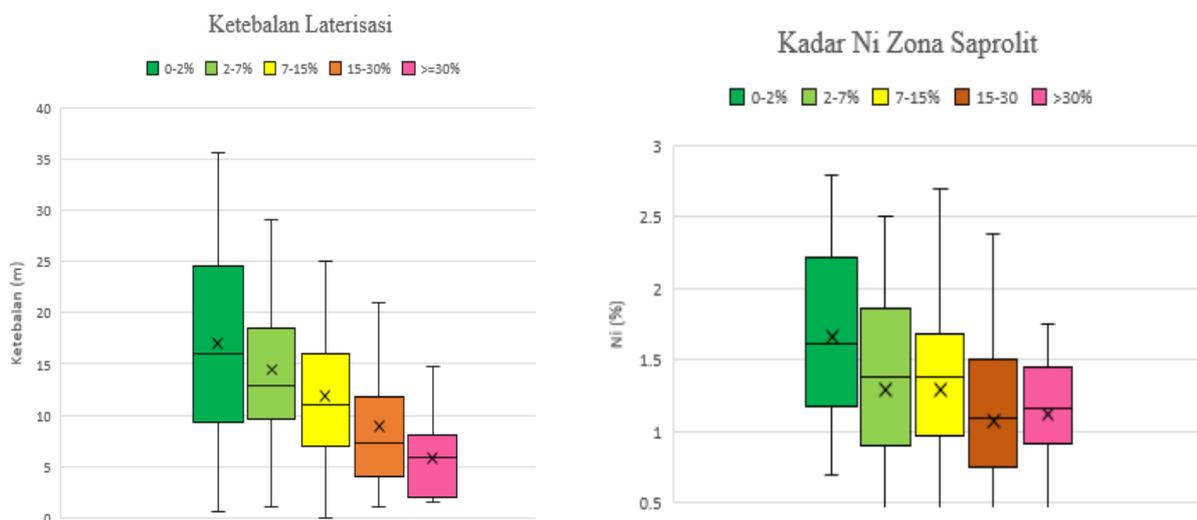
Gambar 10. Penampang titik bor (AA'; BB'; CC'; DD'dan EE') menunjukkan profil endapan nikel laterit di daerah penelitian

Berdasarkan diagram *boxplot* (Gambar 11), ketebalan laterisasi (zona limonit dan saprolit) yang paling tebal terjadi pada kondisi lereng yang relatif datar sampai sangat landai (0-7%/0-4%) yaitu dengan rata-rata ketebalan 12-17 meter dan kadar Ni pada zona saprolit juga menunjukkan kondisi pada lereng yang serupa dengan kadar Ni rata-rata 1,7%. Semakin curam lereng maka semakin tipis zona laterisasi yang terbentuk dan kadar Ni juga akan semakin kecil. Hal ini terjadi karena pada lereng yang curam proses infiltrasi air tidak terjadi dengan baik. Jumlah air yang meluncur (*run off*) lebih banyak daripada air yang meresap sehingga proses pelapukan kurang intensif. Sebaliknya, pada lereng yang relatif landai memungkinkan air untuk terinfiltrasi secara perlahan dan lebih dalam melalui rekahan dan pori pada batuan sehingga proses laterisasi berlangsung lebih intensif.

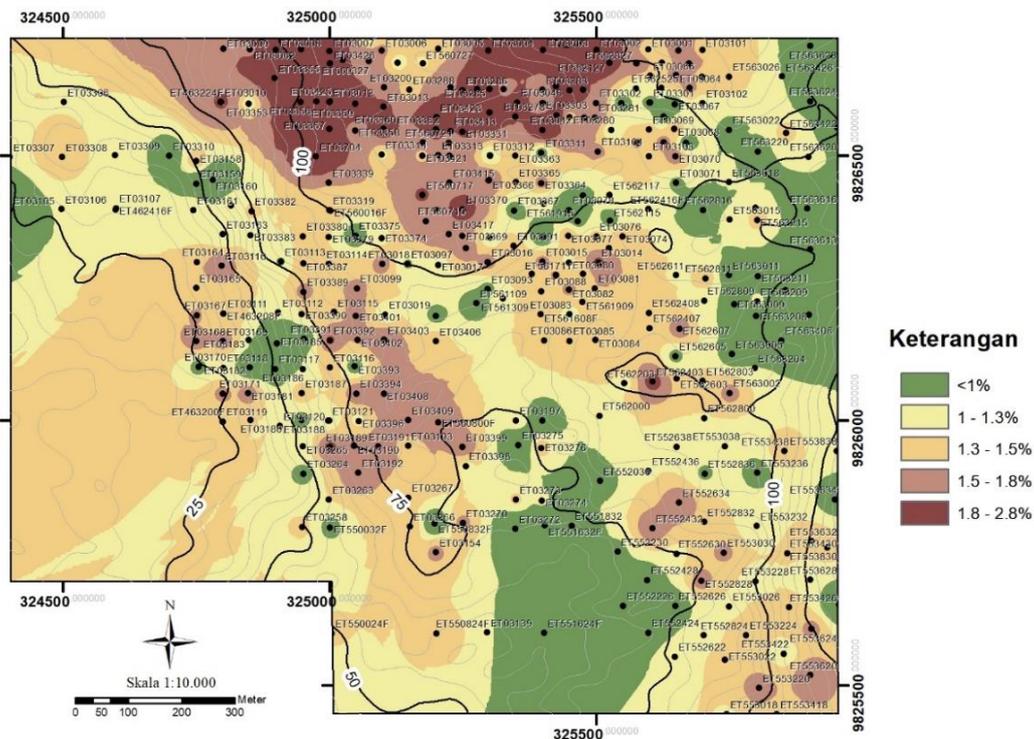
Penyebaran nikel laterit pada daerah penelitian diperoleh melalui interpolasi dengan metode IDW (*Inverse Distance Weight*) terhadap data pemboran. Zonasi kadar Ni pada zona saprolit yang telah diinterpolasi menunjukkan kadar Ni yang bervariasi pada zona saprolit dengan kadar Ni tertinggi yaitu 2,8%. Kadar Ni di atas *cut*

of grade ($CoG > 1,5\%$) terdapat pada bagian utara daerah penelitian (Gambar 12) yang menghasilkan kadar Ni tertinggi ketika mengalami laterisasi. Penyebaran nikel laterit pada daerah penelitian dipengaruhi oleh tingkat kemiringan lereng, semakin besar kemiringan lereng maka ketebalan endapan nikel laterit akan semakin menipis. Selain itu juga dipengaruhi oleh mineral serpentin dari batuan dasar yang terbentuk ketika proses laterisasi, saat batuan ultramafik menjadi serpentin akan melepaskan unsur Fe sehingga memisahkannya terhadap unsur Ni-Mg, hal ini yang mempercepat proses laterisasi.

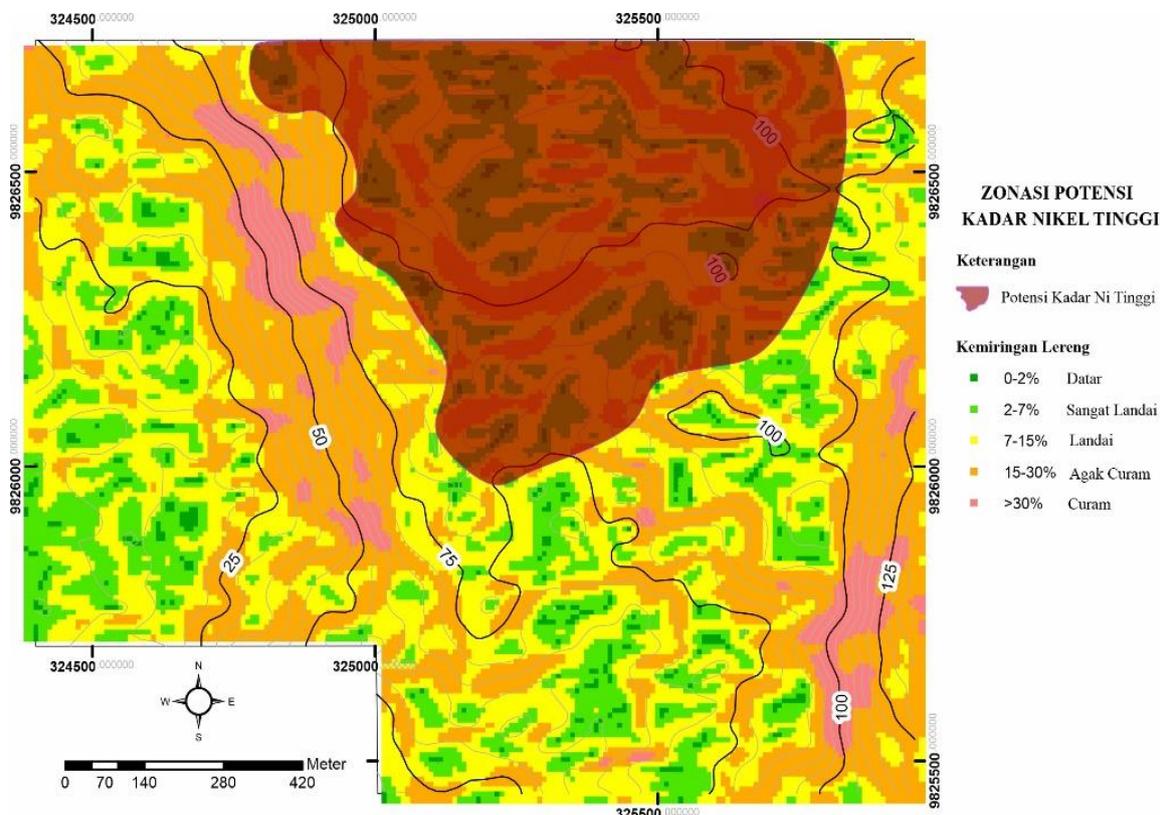
Berdasarkan peta *overlay* kemiringan lereng (Gambar 13), sebaran batuan dasar dan zonasi kadar Ni tinggi pada daerah penelitian diperoleh bahwa potensi kadar Ni yang tinggi ditunjukkan pada bagian utara daerah penelitian dengan penyusun batuan dasar serpentin pada kemiringan lereng datar hingga landai. Hal ini menunjukkan kondisi geologi yang disusun oleh batuan serpentin dari ubahan harzburgit dan dunit dengan kondisi topografi morfologi perbukitan landai menghasilkan endapan laterit yang relatif tebal dengan kadar Ni yang relatif tinggi.



Gambar 11. Diagram *boxplot* ketebalan laterisasi (kiri) dan kadar Ni (kanan) berdasarkan kemiringan lereng



Gambar 12. Peta Zonasi Sebaran Kadar Ni Zona Saprolit di Daerah Penelitian



Gambar 13. Zonasi Potensi Kadar Ni Tinggi terhadap kemiringan lereng dan jenis batuan dasar

KESIMPULAN

Endapan nikel yang tersingkap di daerah Pulau Obi merupakan hasil pelapukan batuan dasar serpentin yang mengalami proses pelindian dan selanjutnya nikel terakumulasi pada zona saprolit. Endapan ini tersebar baik di bagian utara daerah penelitian pada morfologi perbukitan landai dengan ketebalan 12-17 meter dan kadar Ni 1,8-2,8%. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan untuk eksplorasi lebih lanjut.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada seluruh pihak yang turut serta memberi waktu, ilmu dan pikiran dalam setiap proses penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada PT. Trimegah Bangun Persada (TBP), atas izin penggunaan data dan persetujuan yang diberikan untuk penulisan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiansyah, R., Kamaruddin, H., Rosana, F. M., & Yuningsih, T. E. (2019). Geokimia Endapan Nikel Laterit di Tambang Utara, Kecamatan Pomalaa, Kabupaten Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara. *Jurnal Geologi dan Sumber daya Mineral* Vol.20. No.2 Mei 2019 hal 85 – 92.
- Arifin, M., Widodo, S., & Anshariah. (2015). Karakteristik Endapan Nikel Laterit pada Blok X PT Bintang Delapan Mineral Kecamatan Bahodopi Kabupaten Morowali Provinsi Sulawesi Tengah. *Jurnal Geomine*, 1, 35 – 45.
- Burger, P.A. (1996). *Origins and Characteristic of Lateric Nickel Deposits. Nickel'96 Seminar Proceedings*, Kalgoorlie.
- Butt, Charles R. M., & Dominique Cluzel. (2013). "Nickel Laterite Ore Deposits: Weathered Serpentinites." *Elements* 9(2):123–128.
- E. J. W. Whittaker & J. Zussman. (1956). *The Characterization of Serpentine Minerals by X-ray Diffraction Mineralogical Magazine* 1956 31 : 107-126.
- Elias, M. (2002). *Nickel Laterite Deposits-Geological Overview. Resources and Exploitation, Centre for Ore Deposit Research, University of Tasmania*. 205- 220.
- Gill, Robin. (2010). *Igneous Rock and Processes. Department of Earth Sciences Royal Holloway Univesity of London*.
- Golightly, J. P. (1981). Nickeliferous Laterite Deposits. *Economic Geology 75th Anniversary*, 710-735.
- Haya, A., Conoras, W., & Firman. (2019). Penyebaran Endapan Nikel Laterit Pulau Obi Kabupaten Halmahera Selatan Provinsi Maluku Utara. *Journal of Science and Engineering. Universitas Khairun. Ternate*.
- Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi. (2023). *Neraca Sumber Daya dan Cadangan Mineral Batubara dan Panas Bumi Indonesia Tahun 2023*. Bandung.
- Khadafi, M., Danisworo, C., & Purwanto, S, H. (2013). Potensi Nikel Sulphida Daerah IUP Harita Di Pulau Obi Kabupaten Halmahera Selatan, Provinsi Maluku Utara. *Jurnal Ilmiah MTG, Yogyakarta*, Vol 6, No 2.
- Kurniadi, A., Rosana, F. M., Yuningsih, T, E., & Pambudi, L. (2017). Karakteristik Batuan Asal Pembentukan Endapan Nikel Laterit Di Daerah Madang dan Serakaman Tengah. *Padjadjaran Geoscience Journal*, 1(2).
- Le Bas, M. J., Streckeisen, A. L. (1991). *The IUGS Systematics of Igneous Rocks. Journal of the Geological Society*. London. Vol. 148, 1991, Hal. 825-833.
- Letouzey J., de Clarens P., Guinard, J., & Berthon, J. L. (1983). *Structure of the North Banda Mollucca Area From Multichannel Seismic Reflection Data. Procceding 12th Annual Convention of Indonesian Petroleum Association., Jakarta*.

- Lintjewas, L., Setiawan, I., & Kausar, A. Al. (2019). Profil Endapan Nikel Laterit di Daerah Palangga, Provinsi Sulawesi Tenggara. *RISSET Geologi Dan Pertambangan*, 29(1), 91 – 104.
- Moorhouse, W.W. (1959). *The Study of Rocks In Thin Section*. Harper and Brothers New York.
- Mudd, G. M. (2009). *Nickel sulfide versus laterite : the hard sustainability challenge remains. Proceeding 48th annual comference of metallurgist. Canadian metallurgist society. Sudbury : Ontario*.
- Sompotan, A.F. (2012). Struktur Geologi Sulawesi. Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Sudana, D., A. Yasin., & K. Sutisna .(1994). Peta Geologi Regional Lembar Pulau Obi, Direktorat Geologi dan Sumber daya Mineral, Departemen Pertambangan Republik Indonesia, Bandung.
- Utami, Z, N. (2022). Geologi dan Evolusi Tektonik Berdasarkan Geokimia Unsur pada Mineralisasi Nikel Sulfida PT. Sebuku Iron Lateritic Ores, Provinsi Kalimantan Selatan. Repository Universitas Jambi.
- Van Zuidam, R.A., (1985). “*Aerial and Geomorphology Mapping*”. *Smith Publisher The Hague, ITC*.
- Vaughan., D. J. & Chorkhill., C. L. (2017). *Mineralogy of Sulfide. Sulfide Mineralogy and Geochemistry. Elements*. Volume 13 : p 81-87.
- Waheed, A. (2002). *Nickel Laterites- A Short Course: Chemistry, Mineralogy, and Formation, of Nickel Laterites*. Sorowako: PT International Nickel Indonesia.
- Waheed, A. (2008). *Nickel Laterites Fundamentals of Chemistry, Mineralogy, Weathering Processes, Formation, and Exploration*. Sorowako: VALE Inco.
- Winter, O.D. (2001). *An Introduction To Igneous And Metamorphic Petrology*. Prentice-Hall Inc. Upper Saddle River, New Jersey 07458.