

Analisis Pengaruh Morfologi Terhadap Ketebalan dan Zona Pengkayaan Endapan Nikel Laterit PT. X Provinsi Sulawesi Tengah

Dira Susanto¹, Melinda Dwi Erintina^{2*}, Aji Syailendra Ubaidillah³, Andi Faesal⁴, Syamsul Hidayat⁵, Ahmad Imam Ananda Ilham⁶

^{1,2,3,4,5,6} Program Studi D3 Teknik Pertambangan, Universitas Muhammadiyah Mataram, Indonesia.

*Korespondensi penulis: melindadwie2@gmail.com

(Received: 18-10-2024; Revised: 03-11-2024; Accepted: 20-11-2024)

Abstract. Indonesia is one of the countries with the largest nickel reserves in the world. Nickel is a metal element that has a high selling value in the global market. This study aims to determine the influence of morphology on the thickness and enrichment zone of laterite nickel deposits. Research methods include literature studies; Observing morphology and collecting samples under the surface; laboratory analysis using X-ray fluorescence (XRF); and data analysis. The results of the study explained that the morphology at the research location including low hills/hills has a slightly sloping slope with a relatively thick ore layer thickness of 8.62-13 meters and a rather steep slope with a relatively thin ore layer thickness of 5-12 meters. The distribution of Fe and Ni content increased in the morphology of low hills/hills with a slightly sloping-slightly steep slope with an average of 41.1-31.1% Fe and 1.4-1.3% Ni on average while a steep slope with low Ni with an average of 1.1% where morphology has a role/influence on weathering and supergene enrichment enrichmentso that groundwater containing nickel enters through rock cracks/crevices and brings the nickel element down to the saprolite layer, because the element Ni is mobile/easily soluble carried by water. Meanwhile, the element Fe has an enrichment process in the limonite layer because the element Fe is immobile or cannot be carried or dissolved by water.

Keywords: ultramafic rock, grade Ni, morphology, supergene enrichment.

Abstrak. Indonesia adalah salah satu negara yang mempunyai cadangan nikel terbesar di dunia. Nikel merupakan unsur logam yang memiliki nilai jual yang tinggi di pasar global. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh morfologi terhadap ketebalan dan zona pengkayaan endapan nikel laterit. Metode penelitian mencakup studi literatur; Mengamati morfologi dan mengumpulkan sampel bawah permukaan; analisis laboratorium menggunakan fluoresensi sinar X (XRF); dan analisis data. Hasil penelitian menjelaskan morfologi pada lokasi penelitian termasuk perbukitan rendah/perbukitan memiliki slope agak landai-landai dengan ketebalan lapisan ore yang relatif tebal yaitu 8.62-13 meter dan slope agak curam-curam ketebalan lapisan ore relatif tipis yaitu 5-12 meter. Distribusi kandungan unsur Fe dan Ni meningkat pada morfologi perbukitan rendah/perbukitan dengan slope yang agak landai-agak curam dengan rata-rata unsur Fe 41.1-31.1% dan unsur Ni dengan rata-rata 1.4-1.3% sedangkan slope yang curam unsur Ni rendah dengan rata-rata 1.1% dimana morfologi mempunyai peran/pengaruh terhadap pelapukan dan pengayaan supergene enrichment sehingga air tanah yang mengandung nikel masuk melalui rekahan/celah batuan dan membawa unsur nikel turun ke lapisan saprolit, karena disebabkan unsur Ni sifatnya mobile/mudah larut terbawa oleh air. Sementara unsur Fe terjadi proses pengayaan di lapisan limonit disebabkan unsur Fe sifatnya immobile atau tidak dapat terbawa atau larut oleh air.

Kata Kunci: batuan ultramafik, kadar Ni, morfologi, supergene enrichment

PENDAHULUAN

Indonesia adalah salah satu negara yang mempunyai cadangan nikel terbesar di dunia. Nikel termasuk unsur logam berharga yang memiliki nilai jual yang tinggi di pasar global. Hal ini disebabkan oleh banyaknya manfaat nikel dalam kehidupan sehari-hari [1]. Salah satu Provinsi di Indonesia yang memiliki potensi cadangan nikel yang besar adalah Sulawesi Tengah, khususnya di Desa Ganda-Ganda, Kabupaten Morowali Utara. Desa tersebut memiliki cadangan nikel yang didominasi oleh nikel laterit [2].

Nikel laterit adalah proses oksidasi atau pelapukan batuan ultramafik pembawa Ni-Silikat umumnya di wilayah sub tropis-tropis yang mengalami proses pelindian dan pengkayaan *supergen* [3]. Morfologi memiliki peran yang sangat penting terhadap proses pelapukan/lateralisasi dan pencucian material. Ketinggian atau kemiringan suatu daerah mempengaruhi akumulasi air pada permukaan, tingkat erosi dan air tanah yang mengandung unsur nikel masuk melalui rekahan atau celah batuan yang kaya akan unsur nikel [4].

Berdasarkan geologi lembar poso, Sulawesi skala 1:25.000, Formasi batuan yang terdapat di sekitar daerah IUP PT. X yaitu Kompleks Ultramafik terdiri dari *hazburgit*, *wherloit*, *dunit*, *peridotit*, *piroksenit* dan *serpentinit*. Formasi Matano terdiri dari *batugamping*, *hablur* dan *argilit*. Aluvium dan Endapan Pantai seperti pasir, lempung, kerakal dan kerikil [5]. Formasi batuan tersebut menandakan adanya potensi endapan nikel laterit di PT. X.

PT. X merupakan Perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan nikel laterit. Seiring bertambahnya permintaan nikel di bidang industri, perlu dilakukan kegiatan eksplorasi meliputi pemetaan geologi dan pengeboran eksplorasi sehingga menghasilkan data yang digunakan sebagai referensi untuk mengidentifikasi sebaran dan ketebalan endapan nikel laterit di daerah tersebut. Berdasarkan latar belakang tersebut penulis melakukan penelitian dengan judul analisis pengaruh morfologi terhadap ketebalan dan zona pengkayaan endapan nikel laterit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui model geologi dan perhitungan endapan bahan galian bernilai ekonomis atau tidak untuk dilakukan penambangan.


METODE PENELITIAN

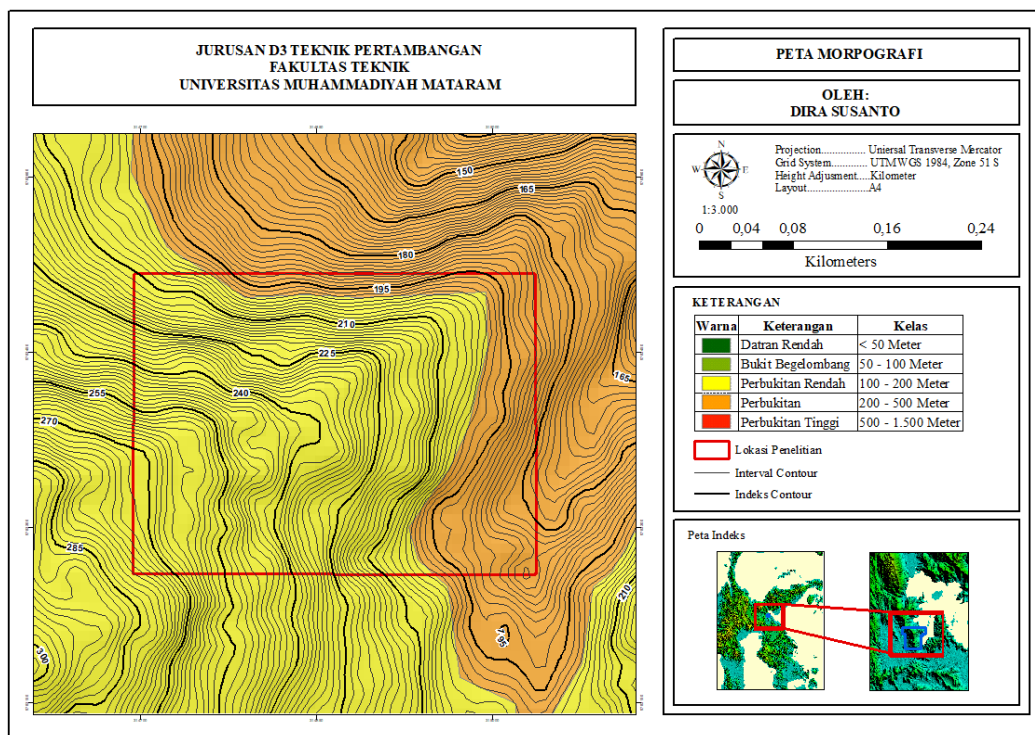
Penelitian ini terdiri dari lima tahap kegiatan yaitu studi pustaka, pengambilan dan pengumpulan data, pengolahan data, analisis data pengeboran, dan analisis geokimia. Studi Pustaka berkaitan dengan keadaan morfologi, geologi, dan pembentukan endapan nikel laterit. Data yang diambil terdiri dari dua jenis data yaitu data primer dan skunder. Data primer berupa pengamatan secara langsung dilapangan terkait kondisi morfologi, pengambilan data *survey*, dan data geologi di bawah permukaan seperti data *logging* sampel bor, melalui kegiatan pengeboran eksplorasi serta data sekunder berupa data hasil analisis geokimia *X-Ray Fluorescence (XRF)* dari laboratorium PT. X. Tahap pengolahan data dilakukan analisis dengan detail terhadap kenampakan morfologi berdasarkan aspek morfometri atau presentase kemiringan lereng dan aspek morfografi berdasarkan data *Elevation Model (DEMNAS)* pada daerah penelitian dalam bentuk peta yang akan diolah menggunakan *software Arcgis 10.4*. Analisis hasil data pengeboran seperti data *Collar*, *Assay*, *Lithologi*, *Survey*, akan dikorelasikan antara satu titik bor dengan titik bor lainnya untuk membuat penampang (*cross section*) secara vertikal maupun horizontal dalam bentuk 2D atau 3D untuk mengetahui ketebalan dan sebaran endapan nikel laterit dibawah permukaan menggunakan *software Leprog Geo*. Analisis geokimia *fluoresensi sinar X (XRF)*, yang mencakup kadar unsur Ni dan Fe yaitu untuk mengidentifikasi bagaimana karakteristik nikel laterit sesuai dengan presentase kadar terhadap area pengkayaan endapan nikel laterit di lokasi penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis morfografi di lokasi penelitian dilakukan dengan melakukan pengamatan secara langsung (visual) di lapangan, dan menggunakan aspek kualitatif, dengan melihat topografi permukaan dan gambaran morfologi di lokasi penelitian. Lokasi penelitian berada pada ketinggian 130-250 mdpl dan didominasi oleh bentuk lahan perbukitan rendah hingga perbukitan [6], perbukitan ini memiliki bentuk puncak “V” terbalik yang dapat di klasifikasikan berdasarkan tabel klasifikasi morfografi [7], tentang hubungan morfografi dengan ketinggian *absolut*, morfografi daerah penelitian ditunjukkan pada gambar 1.

TABEL 1. Klasifikasi morfografi [7].

Warna	Keterangan	Ketinggian
	Dataran Rendah	< 50 Meter
	Bukit Begelombang	50 - 100 Meter
	Perbukitan Rendah	100 - 200 Meter
	Perbukitan	200 - 500 Meter
	Perbukitan Tinggi	500 - 1.500 Meter










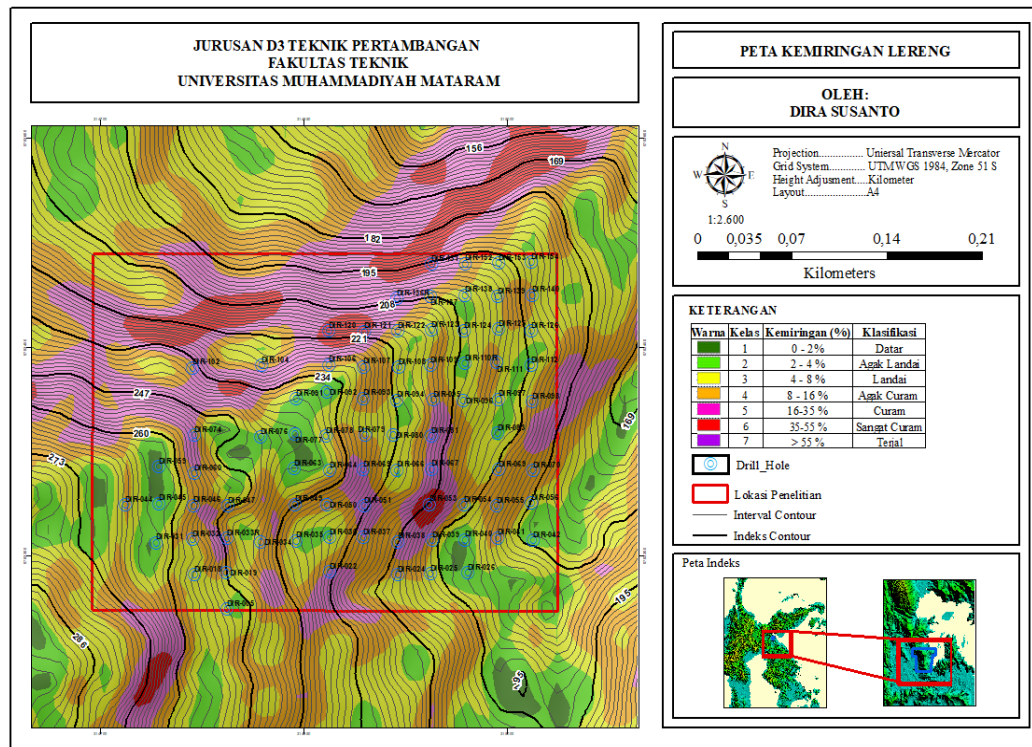
GAMBAR 1. Peta Morfografi pada Daerah Penelitian

Analisis morfometri atau kemiringan lereng dengan menggunakan data *elevation model* (Demnas) yang diolah menggunakan *software Argis 10.4* dan *Microsoft excel 2021*. Sedangkan di lokasi penelitian terdiri dari 7 klasifikasi kemiringan lereng yang berbeda-beda menurut klasifikasi [7], yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Lokasi penelitian di dominasi oleh beberapa relief yaitu relief agak curam dengan kemiringan lereng $18-16^{\circ}$ (1-30%), relief curam dengan kemiringan lereng $16-35^{\circ}$ (30-70%), relief landai dengan kemiringan lereng $4-8^{\circ}$ (7-15%), dan relief agak landai dengan kemiringan lereng $2-4^{\circ}$ (2-7%) ditunjukkan pada gambar 2.

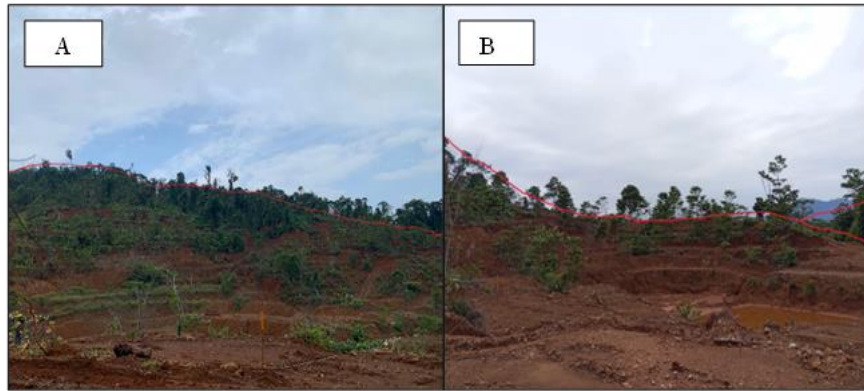
TABEL 2. Klasifikasi kemiringan lereng [7].

Warna	Kelas	Kemiringan (%)	Klasifikasi
	1	0 – 2%	Datar
	2	2 – 4%	Agak Landai
	3	4 – 8%	Landai
	4	8 – 16%	Agak Curam
	5	16-35%	Curam
	6	35-55%	Sangat Curam
	7	> 55%	Terjal



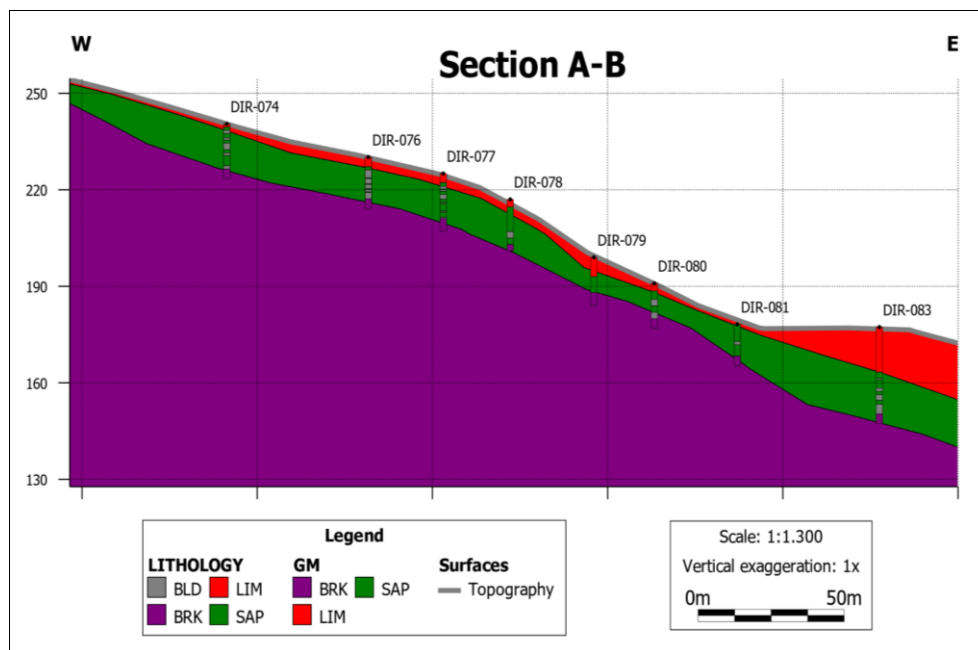
GAMBAR 2. Peta Kemiringan Lereng Lokasi Penelitian

Berdasarkan hasil analisis pendekatan dari aspek morfografi dan morfometri maka dapat disimpulkan bahwa di lokasi penelitian termasuk satuan morfologi/bentuk lahan perbukitan rendah dan perbukitan yaitu relief agak landai dengan kemiringan lereng 2-4⁰, relief landai dengan kemiringan lereng 4-8⁰, relief agak curam dengan kemiringan lereng 18-16⁰ dan relief curam dengan kemiringan lereng 16-35⁰ yang umumnya mengalami proses pengikisan pada permukaan dan mengalami lateralisasi yang intensif di lokasi penelitian. Sedangkan pada proses pelapukan di lokasi penelitian terjadi proses pelapukan fisik dan pelapukan kimiawi, memiliki tutupan lahan seperti pepohonan dan semak-semak pada lokasi penelitian yang menyebabkan perbedaan warna pada profil laterit karena disebabkan adanya larutan komponen kimia atau pelapukan pada batuan asal di lokasi penelitian [8]. Yang ditunjukkan pada gambar 3. dan gambar 5.



GAMBAR 3. Morfologi di lokasi penelitian.

Berdasarkan kegiatan pengeboran eksplorasi yang telah dilaksanakan pada lokasi penelitian, diperoleh titik pengeboran (*drill hole*) dengan jumlah 80 titik bor dengan spasi 50 dan 25 meter. Kemudian dilakukan tahap pengolahan data yaitu dengan membuat *section*/penampang sehingga dapat mengetahui setiap ketebalan lapisan endapan nikel laterit di lokasi penelitian, menggunakan *software Leprog Geo*, sehingga menghasilkan penampang (*cross section*) dalam bentuk 2D yang dikorelasikan dengan satu arah korelasi yaitu, *section A-B* dari arah barat-timur [9]. Yang ditunjukkan pada gambar 4. Berdasarkan kondisi morfologi/topografi di lokasi penelitian.



GAMBAR 4. Penampang A-B

Berdasarkan analisis penampang A-B di peroleh penampang lapisan endapan nikel laterit secara horizontal dari arah barat-timur dengan jumlah 8 titik bor, menjelaskan bahwa lokasi penelitian menunjukkan morfologi/bentuk lahan perbukitan rendah-perbukitan yaitu relief agak landai-landai dengan kemiringan lereng $2-8^{\circ}$ terdapat 5 titik bor yaitu DIR076, DIR077, DIR078, DIR080, dan DIR083 memiliki ketebalan lapisan limonit 2.38-14 meter dan dan lapisan saprolit 8.62-12 meter [10]. Karena terjadi proses lateralisasi/pelapukan yang intensif dimana proses pembentukan berada di punggung yang agak landai sehingga air akan bergerak secara perlahan-lahan dan masuk melalui rekahan atau pori-pori batuan sehingga terjadi penetrasi/pengendapan dengan waktu yang cukup lama [4]. Sedangkan pada morfologi/bentuk lahan perbukitan rendah-perbukitan yaitu relief agak curam dengan kemiringan lereng $8-16^{\circ}$ terdapat 2 titik bor yaitu DIR074,

dan DIR079 Memiliki ketebalan lapisan limonit 1-6 meter dan lapisan saprolit 5-12 meter. Sedangkan pada *hole* DIR081 menunjukan morfologi perbukitan curam dengan kemiringan lereng 16-35⁰, tidak terdapat zona limonit hal ini disebabkan adanya proses *cattingan* saat pembuatan *drill pad* yaitu tempat berdirinya suatu *rig* pada saat aktivitas pengeboran hal ini disebabkan karena kondisi pada lereng yang curam dan lapisan saprolit memiliki ketebalan 10 meter. Hal ini disebabkan proses pembentukan berada di punggung yang agak curam-curam sehingga lebih banyak air yang mengalir pada permukaan dibandingkan air yang masuk, yang mengakibatkan lateralisasi lebih sedikit atau kurang intensif [4]. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 5 dan tabel 3.



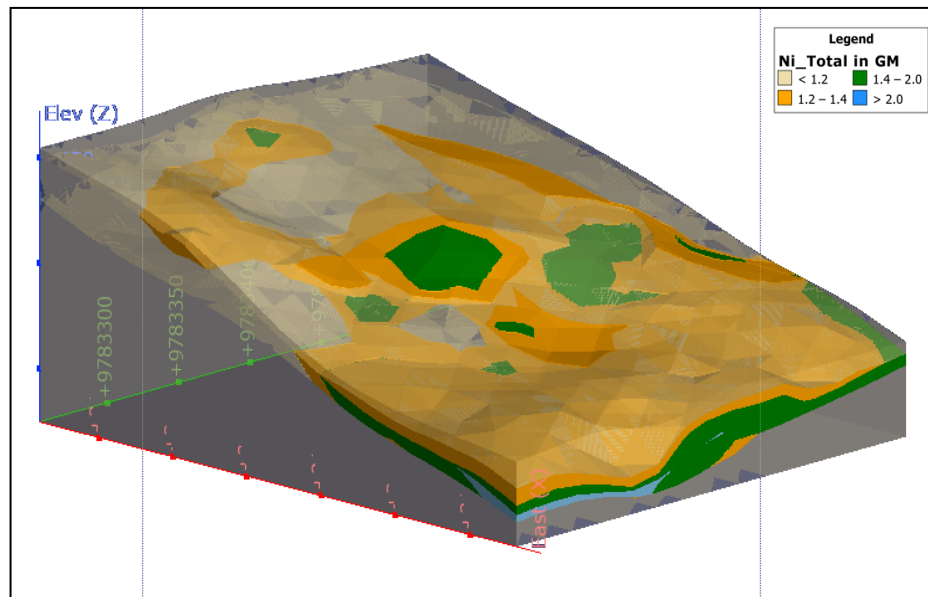
GAMBAR 5. Proses lateralisasi di lokasi penelitian.

TABEL 3. Data ketebalan Nikel Laterit penampang A-B

HOLE ID	DIR074	DIR076	DIR077	DIR078	DIR079	DIR080	DIR081	DIR083
Lim	1 m	3 m	2.79 m	2.35 m	6 m	2.38 m	0 m	14 m
Sap	12 m	10 m	11.21 m	11.65 m	5 m	8.62 m	10 m	13 m
Brk	3 m	3 m	4 m	2 m	4 m	3 m	3 m	3 m

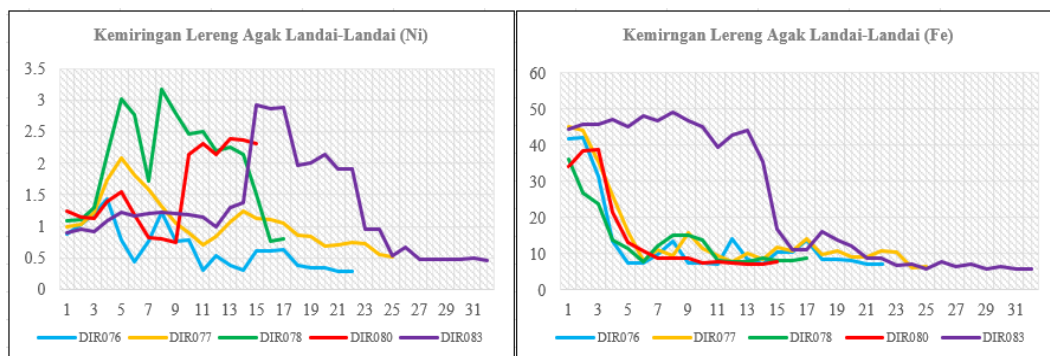
Secara umum sebaran nikel laterit pada daerah penelitian ditentukan menggunakan data hasil pengeboran eksplorasi yang diolah menggunakan *software Leprog Geo*. Menggunakan metode *RBF Interpolation* merupakan metode yang menggunakan penjumlahan tertimbang fungsi basis radial berdasarkan jarak antara data input dengan beberapa titik tetap sebagai pusat untuk mengetahui unsur pada suatu wilayah [11].

Sebaran kandungan unsur Ni di lokasi penelitian ditemukan kadar unsur Ni < 1.2% terdapat di wilayah barat, utara dan selatan. Kadar unsur Ni 1.2-1.4% hampir merata di wilayah timur, utara, tengah, dan selatan. Kadar unsur Ni 1.4-2.0% terdapat di wilayah utara, timur, tengah, dan selatan. Sedangkan kadar unsur Ni > 2% terdapat di wilayah timur pada lokasi penelitian [12]. Yang ditunjukkan pada gambar 6.



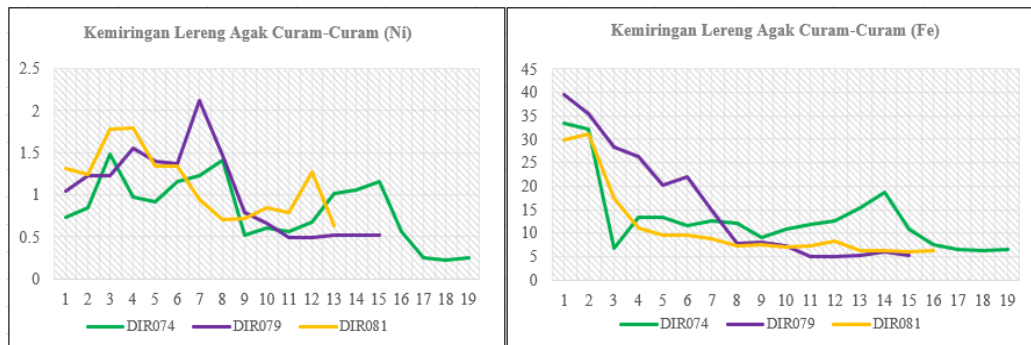
GAMBAR 6. Sebaran Ni di Lokasi Penelitian.

Berdasarkan korelasi endapan nikel laterit yaitu dilakukan analisis geokimia *fluoresensi* sinar X (*XRF*), yang mengandung kadar unsur Ni dan Fe. Kemudian data bor/data *XRF* akan dikorelasikan pada *slope* Agak landai 2-4°, landai 4-8°, agak curam 18-16° dan curam 16-35° untuk mengetahui perbandingan zona pengkayaan nikel laterit pada lokasi penelitian terdapat 8 *drill hole* yaitu DIR074, DIR076, DIR077, DIR078, DIR079, DIR080, DIR081, dan DIR083 [13]. Yang ditunjukkan pada gambar 7 dan gambar 8.



GAMBAR 7. Grafik kandungan Ni dan Fe pada kemiringan lereng agak landai-landai.

Pada *hole* id DIR076, DIR077, DIR078, DIR080, dan DIR083 menunjukkan bahwa pada morfologi perbukitan agak landai-landai dengan kemiringan lereng 2-8° memiliki kadar Ni sangat rendah, rata-rata unsur Ni 1.1%, Min 0.7%, Max 1.4%. Sedangkan kadar Fe pada zona ini relatif tinggi dengan rata-rata unsur Fe 41.1% karena disebabkan unsur Fe mempunyai sifat yang *immobile* atau tidak dapat terbawa atau larut oleh air. pada zona saprolit memiliki kadar Ni yang sangat tinggi karena unsur Ni bersifat *mobile* atau mudah larut tertransportasi oleh air dengan kadar rata-rata unsur Ni 1.4%, Min 0.3%, Max 3.2%, dan kadar Fe relatif rendah dengan rata-rata 11%, dimana morfologi mempunyai peran atau pengaruh terhadap pelapukan dan akumulasi residu. Pengayaan *supergene enrichment* yang tinggi dalam waktu yang lama memengaruhi air tanah yang mengandung nikel masuk melalui rekahan atau celah batuan dan akan membawa nikel turun ke zona saprolit. Sedangkan pada zona bedrock, unsur Ni dan Fe semakin menurun pada zona ini, yaitu dengan rata-rata kadar unsur Ni 0.5% dan Fe 7.4% [14].



GAMBAR 8. Grafik kandungan Ni dan Fe pada kemiringan lereng agak curam-curam

Pada *hole* id DIR074, DIR079, menunjukkan bahwa morfologi perbukitan agak curam dengan kemiringan lereng 8-16⁰ memiliki kadar Ni cukup tinggi dengan rata-rata unsur Ni 1.3%, Min 1.0%, Max 1.6%. Sedangkan kadar Fe pada zona ini relatif tinggi dengan rata-rata unsur Fe 31.4%. Namun pada lapisan saprolit memiliki kadar Ni yang sangat tinggi dengan rata-rata unsur Ni 1.3%, Min 0.5% Max 2.3%, dan kadar Fe relatif rendah dengan rata-rata 11%. Sedangkan pada zona bedrock, unsur Ni lumayan tinggi dan Fe semakin menurun pada zona ini, yaitu dengan rata-rata kadar unsur Ni 1.1% dan Fe 6.2%. Hal ini disebabkan karena unsur Ni bersifat *mobile* atau mudah larut tertransportasi oleh air, dimana morfologi mempunyai peran atau pengaruh terhadap pelapukan dan akumulasi residu Pengayaan *supergene enrichment* yang tinggi dalam waktu yang lama memengaruhi air tanah yang mengandung nikel masuk melalui rekahan atau celah batuan dan akan membawa nikel turun ke zona saprolit. Sedangkan pada *hole* id DIR081 memiliki kadar Ni sangat rendah dengan rata-rata unsur Ni 1.1%, Min 0.6%, Max 1.8%, dan kadar Fe relatif rendah dengan rata-rata 12.4%. Sedangkan pada zona bedrock memiliki ketebalan 3 meter unsur Ni dan Fe pada zona ini semakin menurun dengan rata-rata unsur Ni 0.6% dan Fe 6.1% [14].

KESIMPULAN

Lokasi penelitian memiliki ketebalan endapan nikel laterit yang berbeda-beda dari data hasil pengeboran. Berdasarkan data titik bor yaitu DIR076, DIR077, DIR078, DIR080 dan DIR083 memiliki ketebalan lapisan limonit 2.35-14 meter dan lapisan saprolit 8.62-13 meter. Sedangkan pada titik bor DIR074, DIR079, dan DIR081 memiliki ketebalan lapisan limonit 0-6 meter dan lapisan saprolit 5-12 meter. Pola distribusi Ni di lokasi penelitian ditemukan kadar unsur Ni < 1.2% terdapat di wilayah barat, utara dan selatan. Kadar unsur Ni 1.2-1.4% hampir merata di wilayah timur, utara, tengah, dan selatan. Kadar unsur Ni 1.4-2.0% terdapat di wilayah utara, timur, tengah dan selatan. Sedangkan kadar unsur Ni > 2% terdapat di wilayah timur di lokasi penelitian. Berdasarkan morfologi/bentuk lahan perbukitan rendah dan perbukitan yaitu relief agak landai-landai dengan kemiringan lereng 2-8⁰ dan relief agak curam dengan kemiringan lereng 8-16⁰ kandungan unsur Ni mengalami pengkayaan pada zona saprolit dengan rata-rata 1.4-1.3% dan zona limonit mengalami pengkayaan unsur Fe rata-rata 41.1-31.4%. Sedangkan kemiringan lereng curam 16-35⁰ memiliki unsur Ni yang relatif rendah dengan rata-rata 1.1%

DAFTAR PUSTAKA

- [1] V. Martadiastuti, T. Winarno, J. Marin, and M. F. Abdillah, "Karakteristik Profil Endapan Nikel Laterit di Blok X, Desa Korowou, Kecamatan Lembo, Kabupaten Morowali Utara, Sulawesi Tengah," *J. Geosaintek*, vol. 9, no. 1, p. 16, 2023.
- [2] M. Ilham, H. Sampe, A. Patanduk, M. Haikal Al Mubarak, N. S. Ridho Jurusan Teknik Geologi, and F. Teknologi Mineral, "the Effect of Bedrock and Slope on the Levels and Thickness of Nickel Laterite Case Study of Petasia Area, North Morowali," *Ilmu Pengetah. dan Teknol.*, vol. 5, no. 1, pp. 23–33, 2021.
- [3] U. R. Irfan, I. Alimuddin, and I. B. Pasalli, "The Influence of Topography to the distribution of Ni-laterite deposits of Mangguruh Area, Sebuku Island, South Kalimantan," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 619, no. 1, 2019.
- [4] R. A. Indra Kusuma, H. Kamaruddin, M. F. Rosana, and E. Tintin Yuningsih, "Geokimia Endapan Nikel Laterit di Tambang Utara, Kecamatan Pomalaa, Kabupaten Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara," *J. Geol. dan Sumberd. Miner.*, vol. 20, no. 2, p. 85, 2019.
- [5] T. O. Simanjuntak and J. B. Surono dan Supandjono, "Peta Geologi Lembar Poso, Sulawesi, Skala 1: 250.000." Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Bandung, 1997.
- [6] R. Erwin, Hasria, A. Okto, and L. Hamimu, "Kandungan dan Ketebalan Endapan Nikel Laterit Di Kecamatan Langgikima Kabupaten Konawe Utara Provinsi Sulawesi Tenggara," *J. Geomine*, vol. 11, no. April, pp. 22–41, 2023.
- [7] R. A. van Zuidam, F. I. Zuidam-Cancelado, I. I. for Aerospace Survey, and E. Sciences, *Aerial Photo-interpretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping*. Smits Publishers, 1986.
- [8] H. Hasria, S. Asfar, L. O. Ngkoimani, A. Okto, R. I. M. C. Jaya, and R. Sepdiansar, "Pengaruh Geomorfologi Terhadap Pola Distribusi Unsur Nikel Dan Besi Pada Endapan Nikel Laterit Di Kabupaten Buton Tengah-Sulawesi Tenggara," *J. GEOSAPTA*, vol. 7, no. 2, p. 103, 2021.
- [9] A. P. Wicaksono, D. Isnawan, and R. M. Mahbub, "Korelasi Zona Limonite dan Saprolit Berdasarkan Data Pemboran Pada Blok X Daerah Morowali Utara, Sulawesi Tengah," *Geoda*, vol. 2, no. 2, pp. 65–72, 2021.
- [10] F. Haryadi, T. Listyani, R. Astuti, and I. A. Prabowo, "Hubungan Morfologi Terhadap Ketebalan Nikel Laterit Pt . Wahyu Anggi Kabupaten Konawe Utara , Provinsi Sulawesi Tenggara," *Geoda*, vol. 02, no. 02, pp. 21–30, 2021.
- [11] N. A. A. L. D. Irwanda Dharma, "Geostatistik Dalam Pemodelan Temperatur Bawah Permukaan Dengan Radial Basis Functions Di Tambang Emas Toguraci, Indonesia," *Bull. Sci. Contrib. Geol.*, vol. 19, no. 2, pp. 153–166, 2021.
- [12] Nurliah Jafar, "Identifikasi Sebaran Nikel Laterit Berdasarkan Hasil Tes Pit Kecamatan Kabaena Kabupaten Bombana Provinsi Sulawesi Tenggara," vol. 5, no. 2, pp. 94–99, 2017.
- [13] F. Fadli, "Hubungan Pola Penyebaran dan Ketebalan Zona Bijih Endapan Nikel Laterit dengan Topografi Permukaan Pada PT Aneka Tambang Tbk," *Indones. J. Earth Sci.*, vol. 1, no. 1, pp. 10–16, 2021.
- [14] E. Anshari and T. B. Rezky, "Pengaruh Batuan Dasar dan Geomorfologi Terhadap Laterisasi dan Penyebaran Kadar Ni Dan Fe Pada Endapan Nikel Laterit PT. Tambang Bumi Sulawesi, Desa Pongkalaero, Kabupaten Bombana, Sulawesi Tenggara," *J. Geogr. Apl. dan Teknol.*, vol. 3, no. 1, pp. 47–58, 2019.