



Karakteristik Endapan Nikel Laterit Pada Blok X Deposit Desa Watumbhoti, Kecamatan Palangga Selatan, Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara

Characteristics of Laterite Nickel Deposits in Block X Deposit Watumbhoti Village, South Palangga Subdistrict, South Konawe District, Southeast Sulawesi Province

Sultan Ali A.S.H Hutuba^{1*}, Ahmad Zainuri², Ronal Hutagalung³

^{1,2,3}Prodi Teknik Geologi, Universitas Negeri Gorontalo

Email : Sultanalianugrah90@gmail.com*

Article history :

Abstract

Received : 04-11-2024

Revised : 06-11-2024

Accepted : 08-11-2024

Published: 11-11-2024

Nickel as an economic mineral resource is relevant in the context of exploration and management of potential nickel resources in the future, Research Location Located in Watumbhoti Village, South Palangga District, south Konawe Regency, Southeast Sulawesi Province, The purpose of this study is to analyze the physical characteristics and chemical elements of nickel laterite deposits in the study area. Research methods include preparation, laboratory analysis such as x-ray fluorescence and petrography and studio processing including analysis of physical and chemical characteristics of nickel laterite deposits. The results obtained Characteristics of nickel laterite deposits in block A Ame Deposit are characterized by the average percentage of elements with Ni, MgO, SiO₂, and Fe parameters with Sediment Ni 0.2%, Mgo 3.7%, SiO₂ 82%, Fe, 10%, Limonite Ni 1.30%, MgO 4%, SiO₂ 83%, Fe 12% Saprolite Ni 2%, MgO 4%, SiO₂ 83%, Fe 24%, Bedrock Ni 1%, MgO 34%, SiO₂ 62%, Fe 2%. Based on the correlation relationship of the physical and chemical conditions of the drilling results, the data obtained for making subsurface modeling that in the research area is not found in the red limonite and yellow limonite zones, but found a continuous sedimentary zone directly to saprolite with Ni content of 0.2% to 2%.

Keywords : Characterization, Laterite Nickel Deposits, Serpentinite, Correlation.

Abstrak

Nikel sebagai sumber daya mineral ekonomis hal ini relevan dalam konteks eksplorasi dan pengelolaan potensi sumber daya nikel di masa depan, Lokasi Penelitian Terletak di Desa Watumbhoti, Kecamatan Palangga Selatan, Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara, Tujuan Dari Penelitian ini yaitu untuk menganalisis karakteristik fisik dan unsur kimia endapan nikel laterit di daerah penelitian. Metode Penelitian yang dilakukan meliputi Preparsis, analisis laboratorium seperti x-ray fluorescence dan petrografi serta pengolahan studio meliputi analisis karakteristik fisik dan kimia endapan nikel laterit. Hasil yang di dapatkan Karakteristik endapan nikel laterit pada blok x deposit di cirikan dengan persentase rata-rata unsur dengan parameter Ni, MgO, SiO₂, dan Fe dengan Sedimen Ni 0.2%, Mgo 3.7%, SiO₂ 82%, Fe, 10%, Limonit Ni 1.30%, MgO 4%, SiO₂ 83%, Fe 12% Saprolit Ni 2%, MgO 4%, SiO₂ 83%, Fe 24%, Bedrock Ni 1%, MgO 34%, SiO₂ 62%, Fe 2%. Berdasarkan Hubungan Korelasi Dari kondisi fisik dan kimia dari



hasil pengeboran didapatkan data untuk pembuatan pemodelan bawah permukaan bahwa pada daerah penelitian tidak di jumpai zona red limonit dan yellow limonit, tapi di jumpai zona sedimen yang menerus langsung ke saprolit dengan kadar Ni 0.2% sampai 2%.

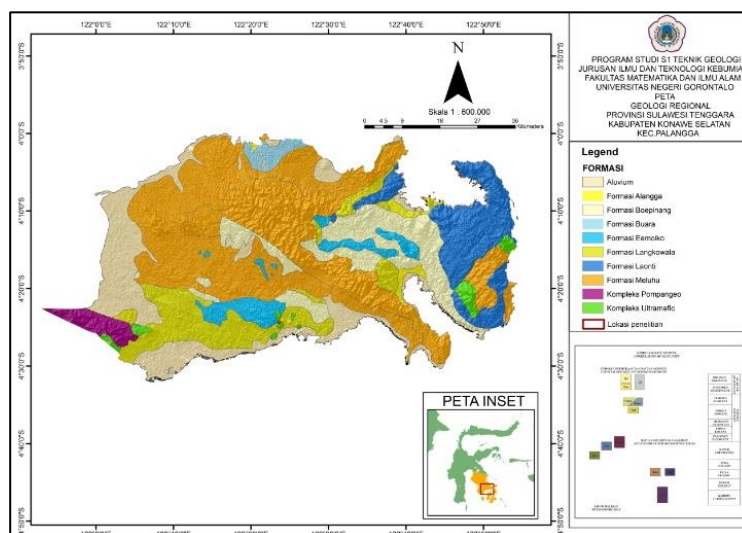
Kata Kunci : Karakteristik, Endapan Nikel Laterit, Serpentin, Korelasi.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil nikel laterit terbesar di dunia. Salah satu daerah penghasil nikel laterit adalah Kabupaten Konawe Selatan di Provinsi Sulawesi Tenggara, Hal ini menjadikan daerah Konawe Selatan menarik untuk diteliti lebih lanjut, terutama untuk mengetahui karakteristik endapan nikel laterit di Kecamatan Palangga Selatan, yang dipengaruhi oleh berbagai faktor dalam proses laterisasi. Studi ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik endapan nikel yang ada di daerah tersebut.

Nikel merupakan salah satu sumber daya mineral ekonomis yang memiliki manfaat signifikan dalam bidang perindustrian, terutama karena sifatnya yang tahan karat. Perpaduan antara nikel, krom, dan besi menghasilkan baja tahan karat (stainless steel) yang banyak digunakan dalam alat-alat dapur, ornamen rumah dan gedung, serta berbagai komponen industry (Smith, J. 2018). Sumber utama nikel terbagi menjadi dua kategori yaitu bijih nikel sulfida dan nikel laterit (Johnson, L. 2020).

Sekitar 70% nikel yang dimanfaatkan berasal dari nikel laterit, sementara 30% lainnya berasal dari nikel sulfida (Anderson, M. 2019). Akhir-akhir ini, nikel laterit menjadi lebih menarik untuk diproduksi karena bijih nikel sulfida semakin langka dan hanya terdapat di beberapa negara tertentu dalam jumlah terbatas (Brown, R. & Davis, K. 2021). Selain itu, biaya eksplorasi bijih laterit yang lebih rendah menjadikannya lebih menarik dibandingkan dengan nikel sulfida (Brown, R. & Davis, K. 2021).



Gambar 1 Peta geologi regional Konawe Selatan modifikasi yang menunjukkan satuan batuan menurut Simandjuntak et al. (1993).



Geologi lembar kolaka pada **Gambar 1** diurutkan dari termuda hingga yang lebih tua. Formasi tersebut meliputi Aluvium (Holosen), Formasi Alangga (Plistosen), Formasi Buara (Plistosen-Holosen), dan Formasi Boepinang (Pliosien). Terdapat juga Formasi Eemoiko (Pliosien), Formasi Langkowala (Miosen), serta Kompleks Pompangeo (Kapur Akhir-Paleosen) yang terdiri atas batuan metamorf. Formasi lainnya termasuk Formasi Matano (Kapur Atas) yang berhubungan dengan laut dalam dan Kompleks Ultramafik (Kapur). Formasi Meluhu dan Laonti (Trias) menunjukkan tektonik kuat dan perubahan struktur batuan (Simandjuntak et al. 1993).

Endapan nikel laterit adalah hasil pelapukan lanjut dari batuan ultramafik yang mengandung Ni-Silikat, seperti dunit, harzburgit, dan peridotit (White, G. 2017). Nikel laterit umumnya ditemukan di daerah tropis karena iklim yang mendukung terjadinya perubahan suhu yang besar, yang meningkatkan kecepatan pelapukan mekanis dan mempermudah proses dekomposisi batuan (Miller, S. 2018).

Endapan nikel laterit memiliki karakteristik yang berbeda-beda tergantung daerahnya, yang dapat dilihat dari sifat fisik di permukaan seperti jenis laterit, litologi, vegetasi, dan kondisi morfologi (Arifin et al., 2016; Butt et al., 2013).

Profil endapan nikel laterit umumnya terdiri dari top soil, zona limonit, zona saprolit, dan batuan dasar (Ahmad, 2005; 2006). Di beberapa daerah Sulawesi seperti Sorowako, Konawe Utara, Bombana, dan Pomalaa, tipe endapan nikel laterit sangat berbeda dengan yang ada di daerah penelitian, yang sebagian besar tertutup batu gamping, tidak ditemukan di daerah lain. Di Sorowako, batas zona laterisasi sangat jelas, dan tidak ada batu gamping sebagai lapisan atas endapan nikel laterit (Lintjewas et al., 2019).

METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan utama. Pertama, dilakukan pengambilan data geologi melalui observasi lapangan untuk mengidentifikasi litologi, morfologi, dan struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian, serta pemetaan geologi untuk mendapatkan gambaran menyeluruh mengenai kondisi geologi daerah tersebut. Selanjutnya, kegiatan pemboran dilakukan di lokasi penelitian untuk mendapatkan profil endapan nikel laterit pada kedalaman tertentu. Setelah data bawah permukaan diperoleh, sampel diambil dan dipreparasi untuk analisis lebih lanjut. Tahap berikutnya adalah analisis laboratorium, yang mencakup analisis petrografi batuan dasar dari hasil pemboran untuk mengidentifikasi komposisi mineral dan tekstur batuan, serta analisis *X-Ray Fluorescence* (XRF) untuk mengetahui kandungan kimia dan karakteristik endapan nikel laterit. Terakhir, data hasil analisis XRF dan data geologi lainnya diolah menggunakan *software* untuk memahami karakteristik endapan nikel laterit di daerah penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Geologi di lokasi penelitian meliputi pengamatan karakteristik endapan nikel laterit berdasarkan hasil pengeboran, stagitografi, struktur dan geomorfologi, secara umum, litologi penyusunan lokasi penelitian termasuk pada formasi kompleks ultramafik (KU).



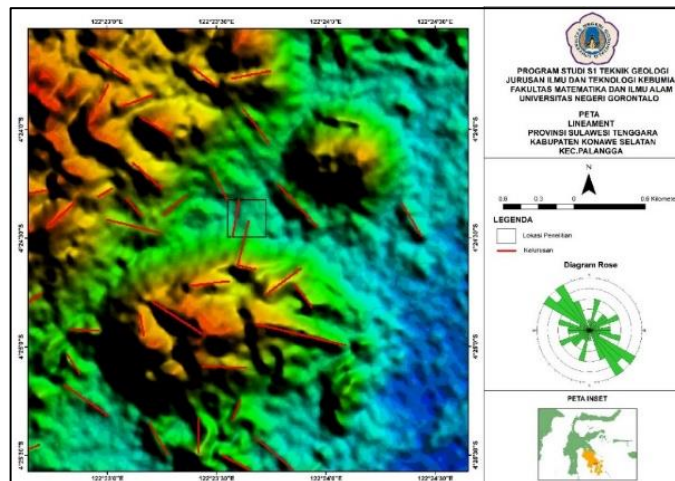
kemiringan lereng dan morfometri bentang alam di suatu lokasi dengan tujuan untuk memahami proses laterisasi dan pelapukan tanah. Metode yang digunakan mencakup klasifikasi morfometri berdasarkan Van Zuidam (1985) untuk menentukan kelas kemiringan lereng, serta interpretasi geomorfologi untuk menganalisis bentuk lahan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daerah penelitian memiliki kemiringan lereng antara 11 hingga 14 derajat, yang termasuk dalam kategori lereng landai. Kemiringan ini memungkinkan terjadinya proses laterisasi, dengan air hujan yang cepat meresap ke dalam tanah, terutama pada batuan dasar yang telah melapuk.

Proses infiltrasi air hujan diperburuk oleh vegetasi yang lebat, yang membantu mempercepat pergerakan air ke dalam tanah melalui akar-akar pohon. Selain itu, morfologi daerah penelitian berupa perbukitan dengan bentuk lahan perbukitan denudasional (Lintjewas et al., 2019, yang termasuk dalam subsatuan geomorfologi blok x deposit dengan ketinggian antara 30 hingga 50 meter di atas permukaan laut. Berdasarkan analisis geomorfologi, terdapat perbedaan ketinggian sekitar 20 meter pada bentang alam di area tersebut dapat di lihat pada **Gambar 2**



Gambar 2 Satuan bentuk lahan denudasional

Di daerah penelitian pada **Gambar 3**, tidak ditemukan struktur geologi seperti kekar atau sesar karena proses laterisasi yang telah terjadi, sehingga tidak ditemukan singkapan segar. Untuk menganalisis struktur geologi, digunakan metode analisis lineament dengan altitude 45 derajat dan azimuth 45 derajat, yang berfokus pada kelurusan pada punggung. Hasil analisis menunjukkan bahwa arah umum struktur geologi di daerah tersebut berarah barat laut-tenggara, yang sejalan dengan arah struktur geologi (Surono, 2013) yang juga berarah barat laut-tenggara.



Gambar 3 Peta kelurusan daerah penelitian

Pengamatan petrologi pada *Code bore* Ame 1 menunjukkan batuan berwarna abu-abu-hitam, segar, dengan derajat kristalisasi holokristalin dan granularitas faneritik. Batuan memiliki kristal subhedral yang saling terkait equigranular, dengan komposisi mineral utama olivin dan piroksen dapat dilihat pada **Gambar 4** Analisis petrografi menggunakan klasifikasi (Abas & Maulana 2021) dengan pembesaran 5x dan ketebalan sayatan 0,03 mm menunjukkan struktur non-foliasi pada batuan serpentinit. Intensitas serpentinisasi total terlihat dari kehadiran mineral serpentin (lizardit, chrysotile, dan antigorite) yang menggantikan olivin dan piroksen, dengan tekstur dominan mesh, hourglass, bastite, dan flaky. Mineral spinel juga ditemukan sebagai mineral tambahan Berdasarkan komposisi mineral primer didapatkan mineral Lizardit 30% Tak berwarna (//-nikol), warna putih keabu-abuan (X-nikol) Orde 1, pleokroisme tidak ada, bentuk kristal subhedral-anhedral dengan ukuran mineral berkisar 0,001 mm, relief sedang-lemah, tidak memiliki belahan, tidak memiliki pecahan, ketembusan cahaya *translucent*, memiliki gelapan miring, tidak memiliki kembaran, hadir berupa sel halus dan mengisi pecahan pada tekstur mesh dan hadir pula dalam tekstur bastite.

Crysotil 31% Tak berwarna (//-nikol), warna abu-abu kehitaman (X-nikol) Orde 1, pleokroisme tidak ada, bentuk kristal subhedral-anhedral dengan ukuran mineral berkisar 0,3 mm - 0,5 mm, relief sedang-lemah, tidak memiliki belahan, tidak memiliki pecahan, ketembusan cahaya *translucent*, memiliki gelapan miring, tidak memiliki kembaran, hadir dalam tekstur mesh dan hourglass.

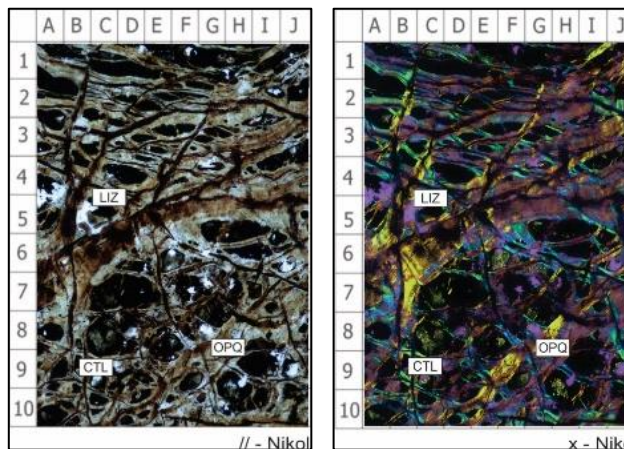
Antigorit 28% Tak berwarna (//-nikol), warna putih abu-abu kehitaman (X-nikol) Orde 1, pleokroisme tidak ada, bentuk kristal subhedral-anhedral dengan ukuran mineral berkisar 0,02-0,06 mm, relief sedang-lemah, tidak memiliki belahan, tidak memiliki pecahan, ketembusan cahaya *translucent*, memiliki gelapan miring, tidak memiliki kembaran, dijumpai dalam tekstur flaky dengan bentuk kristal halus dan menjarum.

Opak 11% Warna hitam kecoklatan pada (// Nikol) dan (X-Nikol), ukuran 0,01 mm - 0,03 mm, bentuk euhedral-anhedral, relief sedang-kuat, pleokroisme tidak ada, belahan tidak ada,

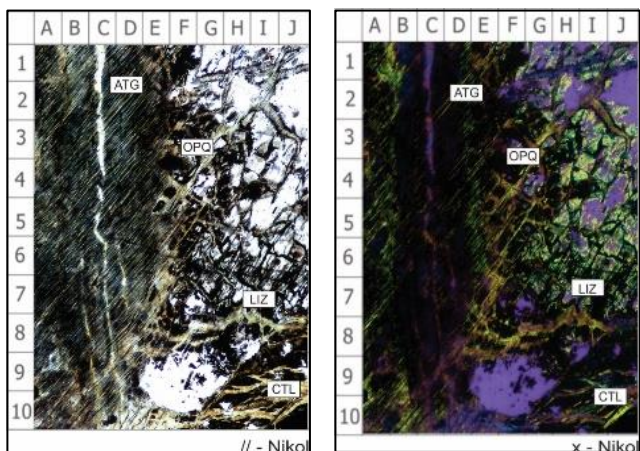
ketembusan cahaya opak, gelapkan sejajar, tidak memiliki kembaran. dapat di lihat pada **Gambar 5** Dan **Gambar 6**



Gambar 4 Sampel drillhole ame 1

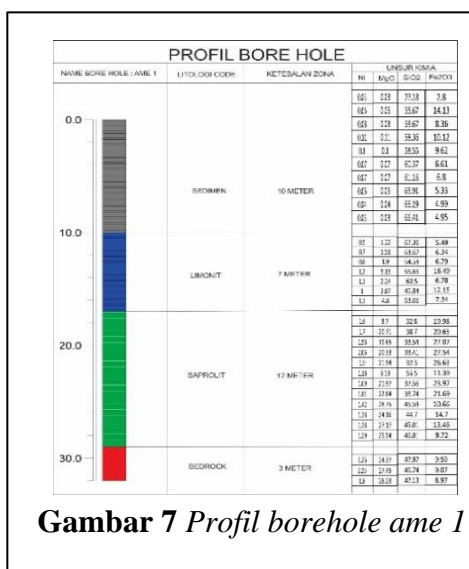


Gambar 5 Analisis petrografi sampel ame 1 medan pandang 1



Gambar 6 Analisis petrografi sampel ame 1 medan pandang 2

Pada code bore Ame 1 pada **Gambar 7** dan **Gambar 8**, hasil pengeboran mencapai kedalaman 0 hingga 32 meter dan material yang diperoleh diletakkan dalam corebox. Berdasarkan pengamatan, terdapat empat zona sebagai berikut : Zona Sedimen dengan ketebalan 10 meter, berwarna coklat-abu-abu, berukuran lempung (<0.004 mm), berkarbonat, tanpa serpentin, dan menunjukkan tingkat pelapukan yang tinggi. Zona Limonit memiliki ketebalan 7 meter, berwarna abu-abu, berukuran lempung, berkarbonat, tanpa serpentin, mengandung mineral hematit dan geotit, serta memiliki tingkat pelapukan yang tinggi. Zona Saprolit dengan ketebalan 12 meter, berwarna hijau ke abu-abu, berukuran kerikil (2-4 mm) hingga berangkal (64-256 mm), mengandung mineral serpentin, geotit, dan silika, serta menunjukkan tingkat serpentinisasi dan pelapukan tinggi hingga sedang. Zona Bedrock, yang memiliki ketebalan 3 meter, berwarna hijau-abu-abu, berukuran berangkal hingga bongkah (>256 mm), mengandung mineral serpentin, dengan tingkat pelapukan sedang hingga sangat rendah. Panjang rata-rata sampel di setiap zona adalah 3 meter, sesuai dengan standar SNI

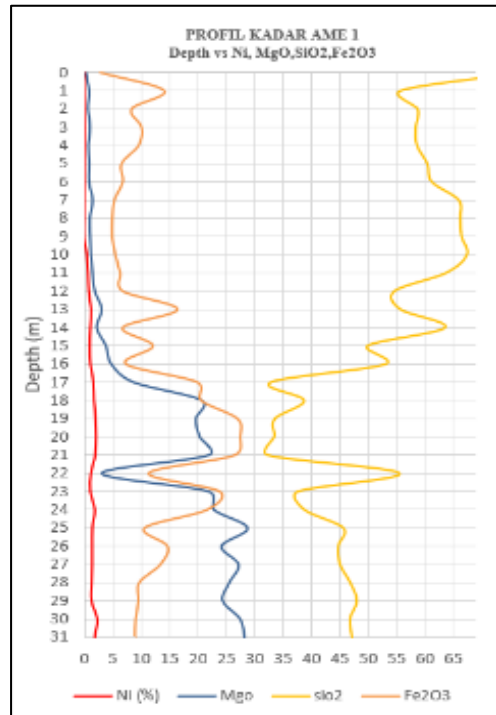


Gambar 7 Profil borehole ame 1



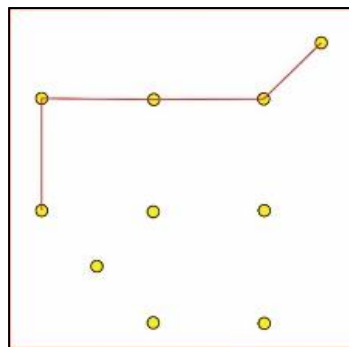
Gambar 8 Kondisi fisik hasil pengeboran ame 1 pada lokasi penelitian

Profil downhole digunakan untuk memantau pergerakan unsur pada endapan nikel laterit. Kondisi ini menyebabkan unsur nikel (Ni) mudah terlarut dan tertransportasi oleh air yang melewatinya. Pola ini sesuai dengan karakteristik endapan nikel laterit, di mana unsur Ni yang memiliki mobilitas tinggi mengalami pelindihan (leaching) dan terkonsentrasi pada zona saprolit (Ahmad, 2005; Arifin, 2016; Hasria et al., 2019; Hasria et al., 2021)., dengan kadar unsur pada sumbu x dan kedalaman pada sumbu y pada **Gambar 9**, Hasil analisis menunjukkan bahwa pada **Zona Sedimen** dengan ketebalan 10 meter, kadar Ni berkisar antara 0.03% hingga 0.11%, kadar MgO antara 0.9% hingga 1.52%, kadar SiO₂ antara 55.67% hingga 77.18%, dan kadar Fe antara 2.8% hingga 14.13%. Pada **Zona Limonit** (7 meter), kadar Ni berkisar antara 0.5% hingga 1.2%, kadar MgO antara 1.9% hingga 4.8%, kadar SiO₂ antara 49.84% hingga 63.67%, dan kadar Fe antara 5.49% hingga 16.49%. Di **Zona Saprolit** (12 meter), kadar Ni berkisar antara 1.09% hingga 2.06%, kadar MgO antara 3.13% hingga 27.17%, kadar SiO₂ antara 32.3% hingga 55.5%, dan kadar Fe antara 9.72% hingga 27.54%. Sedangkan pada **Zona Bedrock** (3 meter), kadar Ni berkisar antara 1.8% hingga 2.23%, kadar MgO antara 24.07% hingga 28.23%, kadar SiO₂ antara 46.74% hingga 47.97%, dan kadar Fe antara 8.97% hingga 9.59%.

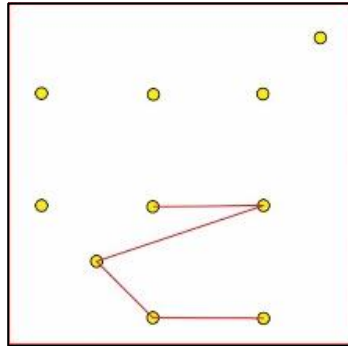


Gambar 9 Profil donwhole drillhole ame 1

Berikut merupakan rekonstruksi 2D dan 3D menggunakan software *rockworks16*, GIS, *Global Mapper 25* dan *corel draw 2017*, *Leapfrog geo 5.1*, *Surfac 6.6.2* untuk melihat setiap zona di bawah permukaan dengan menggunakan hasil pemboran, keadaan endapan nikel laterit yang sudah di tentukan.

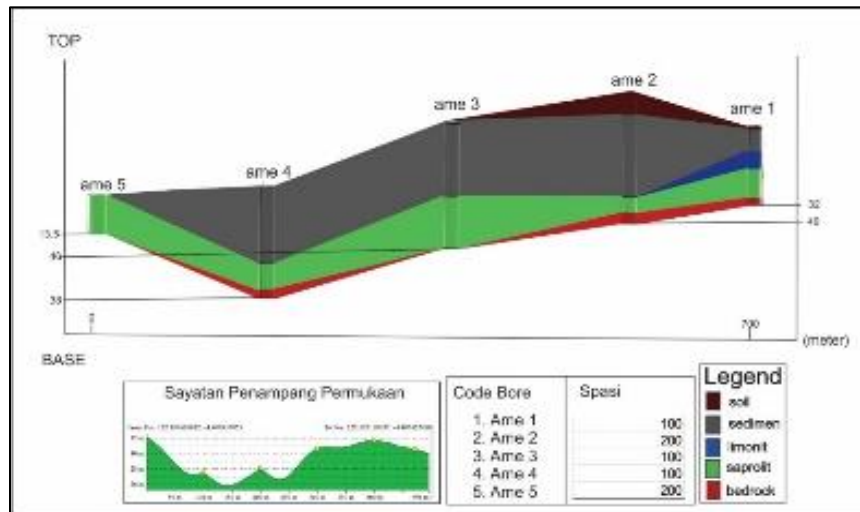


Gambar 10 Penaikan garis penampang utara–barat

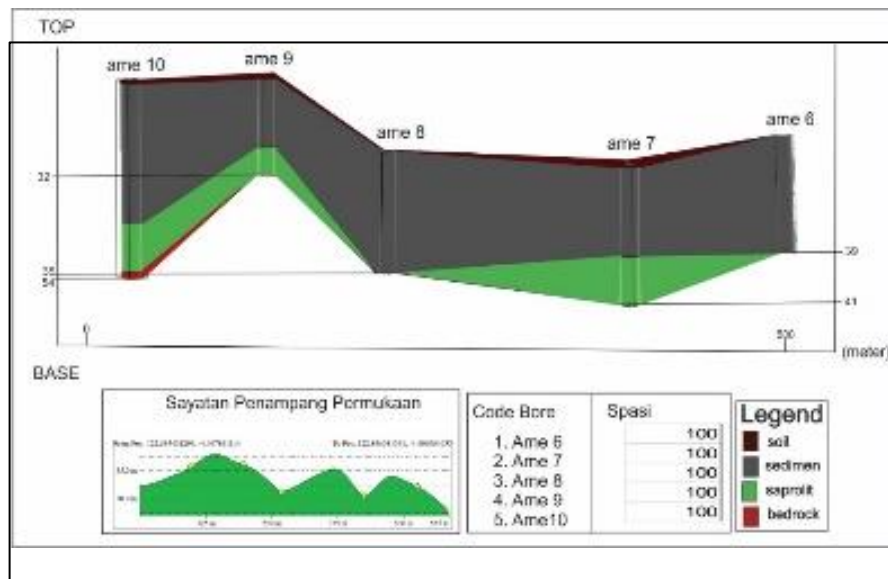


Gambar 11 *Penaikan garis penampang barat laut–tenggara*

Penarikan Garis penampang sayatan pada **Gambar 10** dan **Gambar 11** berdasarkan titik bor pada blok x deposit, penarikan garis penampang sayatan berawal dari code bore Ame 1, Ame 2, Ame 3, Ame 4, Ame 5, Ame 6, Ame 7, Ame 8, Ame 9, dan Ame 10.



Gambar 12 *Sayatan penampang bawa permukaan utara–barat*



Gambar 13 Sayatan penampang bawa permukaan barat laut–tenggara

Berdasarkan hasil sayatan 2D pada blok x Deposit pada **Gambar 12** dan **Gambar 13** dapat kita ketahui tingkat ketebalan zona saprolit secara keseluruhan dengan mengkorelasikan antara titik bor dan di dapati hasil Berdasarkan sayatan pada **Tabel 1** dari kenampakan sayatan zona saprolit terlihat beragam zona saprolit pada sayatan code bore ame 7 relatif lebih tebal dibanding dengan code bore lainnya karena code bore ame 3 dan code bore ame 7 menempati punggung antara 2 lereng yang dimana dataran di puncak merupakan dataran yang memungkinkan absorpsi air dan faktor pelapukan lainnya bekerja dengan baik dibandingkan dengan code bore ame 1, ame 2, ame 4, ame 5, ame 6, ame 8, ame 9 dan ame 10.

Tabel 1. Ketebalan zona saprolit sayatan 1-10

Zona	Saprolit
Ame1	12 m
Ame2	6 m
Ame3	20 m
Ame4	9 m
Ame5	13.5 m
Ame6	-
Ame7	15 m
Ame8	-
Ame9	10 m
Ame10	13 m

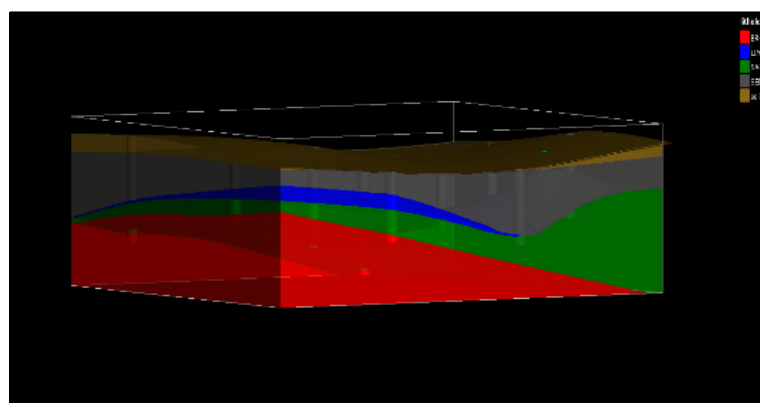
Penelitian ini menggunakan data dari 10 titik bor untuk memodelkan bawah permukaan di Blok x dengan software Surpac 6.6.2. Data yang diperlukan dalam pemodelan ini mencakup



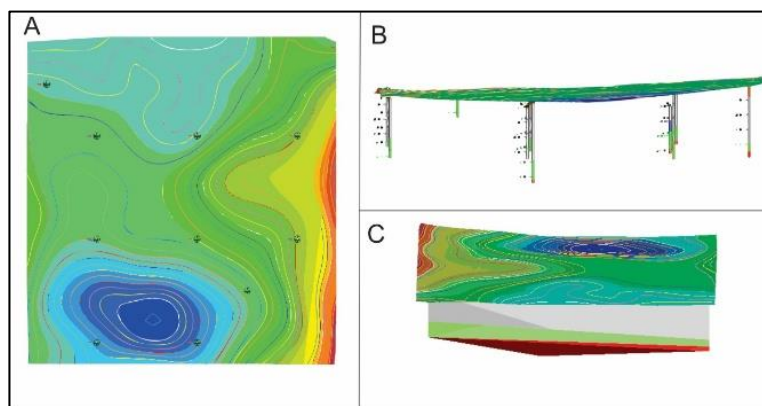
database pengeboran, model 3D topografi, dan model bawah permukaan. Database tersebut terdiri dari data assay, collar, survey, dan geologi. Data collar mencatat koordinat dan elevasi setiap titik bor yang diambil menggunakan GPS. Data geologi menggambarkan lapisan endapan nikel laterit hasil deskripsi material pada setiap meter dalam corebox. Data survey mencakup azimuth dan dip tiap titik bor, sementara data assay merupakan hasil analisis kimia material pada setiap meter dan lapisan.

Hasil model menunjukkan bahwa zona sedimen lebih dominan dibandingkan zona lainnya. Pengayaan mineral nikel terjadi pada zona sedimen yang mengandung kalkarenit dan ultramafik. Zona laterisasi tidak berkembang dengan baik dan hanya sedikit ditemukan di borehole ame 1 karena faktor eksternal. Di daerah penelitian, karakteristik nikel tidak menunjukkan adanya red limonit atau yellow limonit, tetapi terdapat endapan sedimen yang langsung berlanjut ke stratigrafi saprolit.

Kadar nikel hasil laterisasi batuan ultramafik di lokasi penelitian berkisar antara 0,03% hingga 2%, dengan endapan nikel ore yang berkembang di elevasi di bawah 50 meter. Kualitas tertinggi ditemukan di zona saprolit. Beberapa faktor yang mempengaruhi proses pelapukan kimia dan pembentukan model alamiah termasuk iklim, drainase, tektonik, morfologi, tipe batuan induk, dan struktur di lokasi penelitian dapat di lihat pada **Gambar 14** dan **Gambar 15**



Gambar 14 *Pemodelan 3D Bawa Permukaan*





Gambar 15 *Pemodelan 3D topografi lokasi penelitian dan pemodelan bawa permukaan pada blok x deposit*

KESIMPULAN

Karakteristik kimia endapan nikel laterit di blok x deposit menunjukkan bahwa sedimen memiliki kandungan Ni sebesar 0.2%, MgO 3.7%, SiO₂ 82%, dan Fe 10%. Limonit memiliki kandungan Ni sebesar 1.30%, MgO 4%, SiO₂ 83%, dan Fe 12%. Saprolit memiliki kandungan Ni sebesar 2%, MgO 22%, SiO₂ 52%, dan Fe 24%. Bedrock memiliki kandungan Ni sebesar 1%, MgO 34%, SiO₂ 62%, dan Fe 2%. Berdasarkan analisis pemodelan bawah permukaan dari titik bor dan hasil pengeboran, diketahui bahwa daerah penelitian tidak menunjukkan adanya red limonit dan yellow limonit. Namun, ditemukan adanya zona sedimen yang berlanjut langsung ke stratigrafi zona saprolit dengan kadar Ni yang bervariasi antara 0.2% hingga maksimal 2%.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, M., 2016. Karakteristik Endapan Nikel Laterit Pada Blok X Pt. Bintangdelapan Mineral Kecamatan Bahodopi Kabupaten Morowali Provinsi Sulawesi Tengah. *Jurnal Geomine*, 1(1), 37–45.
- Abbas I., & Maulana, A (2022). *Petrologi of ultramafic rocks from PT.Sebaku Iron Lateritic Ore (SILO) Consession Area and Its Effect on Ni and Fe in Sebaku Island, South Kalimantan, indonesia. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.*
- Ahmad, W., 2005, Mine Geology, Exploration Methods, Ore Processing, Resource Estimation, and Project Development, PT. Inco, Indonesia (Unpublished).
- Ahmad, W., 2006. Laterite: Fundamental of Chemistry, Mineralogy, Weathering Processes and Laterit Formation, PT. International Nickel Sorowako, South Sulawesi).
- Anderson, M. (2019). *Nickel Deposits and Their Global Distribution*. Toronto: Geological Survey Publications.
- Hasria, S., Asfar, S., & Tawakkal, E. R. (2021). Profil Endapan Nikel Laterit di Kecamatan Tinanggea, Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara. *PROMINE*, 9 (1), 13-22.
- Johnson, L. (2020). *Properties and Applications of Stainless Steel*. London: Metal Industry Publications.
- Kavaleris, I., van Leeuwen, T. M. and Wilson, M. 1992. Geological setting and styles of mineralisation, north arm of Sulawesi, *J. SE Asian Earth Sci.* 7, 2/3: 113–129. Laterit Symposium New Orleans, Feb 19-21, 1979.
- Lintjewas, L., Setiawan, I., & Kausar, A. Al., 2019. Profil Endapan Nikel Laterit di Daerah Palangga, Provinsi Sulawesi Tenggara. *RISSET Geologi Pertambangan*, 29(1), 91.
- Miller, S. (2018). *Weathering Processes in Tropical Climates*. Miami: Climate Studies Journal.
- Simandjuntak, T., Surono, & Sukido. (1993). Peta Geologi Lembar Kolaka.



Smith, J. (2018). *Industrial Applications of Nickel*. New York: Industrial Press.

Surono, 2013. Geologi Lengan Tenggara Sulawesi, Badan Geologi, Bandung, 201 hal.

Van Zuidam, R. A. (1985). *Aerial photo-Interpretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping*. Enschede, The Hagu: ITC, Smits Publisher

White, G. (2017). *Geology of Ultramafic Rocks*. Berlin: Earth Science Publications.