

# **KARAKTERISTIK BATUAN ULTRAMAFIK DAN PENYEBARAN NIKEL LATERIT PADA DAERAH SIUNA KECAMATAN PAGIMANA KABUPATEN BANGGAI, SULAWESI TENGAH**

Riska Puspita, Ninasafitri, Moh. Rizal Ente

Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako, Jl. Soekarno-Hatta Km. 9, Kota Palu,  
Sulawesi Tengah, Indonesia.

\*Corresponding author. Email: [riska.puspita@untad.ac.id](mailto:riska.puspita@untad.ac.id)

Manuscript received: 29 October 2021; Received in revised form: 22 April 2022; Accepted: 28 April 2022

## **Abstrak**

Geologi Pulau Sulawesi khususnya bagian lengan timur diketahui tersusun dari batuan ultramafik yang cukup luas dengan potensi mineral yang dimilikinya, termasuk mineral nikel laterit. Daerah penelitian terletak di PT. X Daerah Siuna Kecamatan Pagimana Kabupaten Banggai Provinsi Sulawesi Tengah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik batuan ultramafik pada daerah penelitian, mengetahui sebaran nikel laterit serta hubungannya dengan karakteristik batuan ultramafik pada daerah penelitian. Metode penelitian yang digunakan yaitu metode penelitian lapangan dan analisis laboratorium (petrografi dan analisis XRF). Penelitian lapangan dilakukan untuk mengambil data lapangan berupa sampel batuan dan sampel tanah yang dimana sampel batuan ada 9 stasiun dan sampel tanah ada 4 stasiun. Selanjutnya akan dianalisis laboratorium berupa analisis petrografi untuk menentukan komposisi mineral pada batuan, kemudian pada analisis XRF (*X-Ray Fluorescence*) dilakukan untuk menentukan kadar nikel laterit yang selanjutnya diolah menggunakan *software ArcGis 10.5*, kemudian diinterpolasi menggunakan metode *Inverse Distance Weight (IDW)*. Berdasarkan hasil analisis lapangan dan laboratorium karakteristik batuan pada daerah penelitian memiliki 3 tipe batuan yaitu satuan peridotit terserpentinisasi, satuan dunit terserpentinisasi dan satuan serpentinit. Ketiga batuan tersebut telah mengalami serpentinisasi dengan tingkat menengah - tinggi, mineral penyusunnya telah didominasi oleh serpentin, sedikit mineral opak, mineral piroksen, dan olivin. Berdasarkan hasil interpolasi metode IDW, penyebaran nikel laterit pada bagian barat daerah penelitian memiliki kadar nikel (Ni) 0,50 – 1,2%, sedangkan pada bagian selatan – timur daerah penelitian memiliki kadar nikel (Ni) 0,20 – 0,5%.

**Kata kunci:** batuan ultramafik; IDW; nikel laterit; serpentin.

## **Abstract**

The geology of Sulawesi Island, especially the eastern arm, is known to be composed of extensive ultramafic rocks with mineral deposit potential, including nickel laterite. The research area is located at PT. X Siuna, Pagimana District, Banggai Regency, Central Sulawesi Province. This study purpose to determine the characteristics of ultramafic rocks in the study area and to determine the distribution of laterite nickel and the relationship between ultramafik rock characteristics in the study area. The research methods used are field research methods and laboratory analysis (Petrography and XRF Analysis). Field research was conducted to collect field data in the form of rock samples and soil samples where there were 9 stations for rock samples and 4 stations for soil samples. Furthermore, laboratory analysis in the form of petrographic analysis will be carried out to determine the mineral composition of the rock, then XRF (*X-Ray Fluorescence*) analysis is carried out to determine laterite

nickel content which is then processed using ArcGIS 10.5 software, then interpolated using the Inverse Distance Weight (IDW) method. Based on the results of field and laboratory analysis, the rock characteristics in the study area have 3 rock types, namely serpentized peridotite units, serpentized dunite units and serpentinite units. The three rocks have been serpentized with intermediate to strong intensity, the constituent minerals have been dominated by serpentine, opaque mineral, pyroxine, and olivine. Based on IDW interpolation results, the distribution of nickel laterite in the western part of the study area has nickel (Ni) content of 0.50 – 1.2%, while in the southern – eastern part of the research area it has nickel (Ni) content of 0.20 – 0.5%.

**Keywords:** IDW; nickel laterite; serpentine; ultramafic rock.

## Pendahuluan

Nikel laterit adalah endapan yang berasal dari proses pelapukan (laterisasi) pada batuan induk (batuan ultramafik) dimana Indonesia merupakan negara beriklim tropis sehingga memungkinkan pelapukan tinggi dapat terjadi (Arifin dkk., 2015). Nikel merupakan salah satu logam *non-ferrous* yang banyak dibutuhkan pada berbagai aplikasi. Nikel memiliki ketahanan korosi, kekuatan, keuletan, dan konduktivitas termal serta listrik yang tinggi sehingga memungkinkan untuk digunakan pada berbagai keperluan. Penggunaan utama nikel adalah sebagai bahan baku untuk pembuatan baja tahan karat, logam dasar pada paduan berbasis nikel, *superalloy*, baterai, dan komponen-komponen paduan logam yang digunakan pada aplikasi suhu tinggi.

Meningkatnya kebutuhan nikel dunia disebabkan oleh naiknya kebutuhan baja tahan karat dan paduan berbasis nikel serta isu penggunaan mobil listrik di masa mendatang. Oleh karena itu, pencarian serta pengolahan cadangan nikel yang baru sangat dibutuhkan. Berdasarkan Peta Geologi Regional Lembar Luwuk (Rusmana dkk., 1993), daerah Siuna Kecamatan Pagimana Kabupaten Banggai termasuk dalam Formasi Kompleks Mafik yang tersusun atas batuan beku ultramafik, antara lain gabro, basalt, serpentinit, sedikit filit dan sekis. Batuan ultramafik tersebut tersingkap baik dipermukaan dan tersebar luas dari barat ke timur sehingga memungkinkan terjadinya proses laterisasi menghasilkan potensi endapan nikel laterit

yang melimpah. Namun penelitian dan laporan eksplorasi yang dilakukan terkait potensi nikel laterit pada daerah tersebut masih sangat kurang. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik batuan ultramafik dan penyebaran nikel laterit daerah Siuna Kecamatan Pagimana Kabupaten Banggai, sehingga dapat diketahui potensi nikel laterit pada daerah ini.

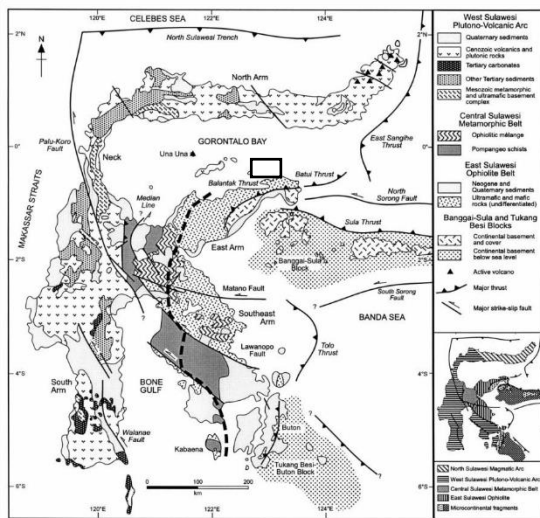
## *Geologi Regional*

Kondisi geologi regional daerah Siuna termasuk dalam Blok Banggai-Sula dan Tukang Besi (Hall dan Wilson, 2000) (Gambar 1) dan dalam Peta Geologi Regional Lembar Luwuk pada Formasi Kompleks Mafik (Ku). Kompleks Mafik memiliki umur kapur dengan batuan penyusun dunit, websterit, harzburgit, lherzolit, serpentinit, basalt, wehrlit, dan gabro.

Harzburgit, mempunyai warna hijau hingga kehitaman, berbentuk pejal dan padat. Ada perhaluan mineral yang dijumpai setempat; terdiri dari mineral halus hingga kasar, yaitu olivin (sekitar 55%), dan piroksen (sekitar 35%), serta serpentin yang merupakan ubahan mineral piroksen dan olivin (sekitar 10%). Adapun blastomilonit dijumpai setempat dan porfiroblas dengan megakris piroksen yang *intergrowth* dengan massa dasar minolit.

Lherzolit, mempunyai warna hijau kehitam-hitamanan, berbentuk pejal dan padat, mempunyai tekstur berbutir sedang sampai kasar hipidiomorf namun dijumpai

tekstur ofit dan poikilitik beberapa tempat. Batuan ini terutama tersusun atas olivin dengan tekstur khusus mosaik dan piroksen-klino atau piroksenorto; serta mineral ikutan yaitu yakut dan epidot. Diperkirakan batuan ini telah mengalami indikasi penggerusan ditandai oleh pelengkungan pada kembaran polisintesis yang dijumpai pada mineral piroksen.



**Gambar 1.** Simplifikasi peta geologi Sulawesi (Hall dan Wilson, 2000). Daerah penelitian ditunjukkan oleh kotak hitam.

Werhlit, mempunyai warna kehitaman, berbentuk pejal dan padat, mempunyai tekstur berbutir halus sampai kasar, alotriomorf. Batuan terutama terdiri atas olivin, dan kadang-kadang piroksen-klino. Olivin dan piroksen hampir seluruhnya menunjukkan rekahan dengan bentuk memanjang. Secara umum terisi oleh serpentin dan talkum dengan struktur yang menyerupai jala. Diindikasikan batuan ini telah mengalami deformasi telah ditunjukkan oleh penyimpangan dan pelengkungan kembaran yang dijumpai pada mineral piroksen-klino. Secara setempat dijumpai olivin berubah menjadi serpentin, talkum, igningsit yang berwarna coklat kemerahan.

Websterit, memberwarna hijau kehitaman, berbentuk pejal dan padat. Mineral penyusun utama yaitu olivin dan piroksen-klino dengan ukuran mineral halus sampai sedang, hampir seluruhnya tersusun atas

kristal berbentuk anhedron. Serpentin merupakan mineral ubahan dari olivin dan piroksen dijumpai mengisi rekahan kristal membentuk struktur menyerupai jala (*mesh structure*). Batuan ini telah mengalami penggerusan, sehingga dijumpai pemilonitan setempat dalam ukuran sangat halus dan memperlihatkan struktur kataklastik. Dijumpai mineral zoisit, klorit, dan mineral gelap pada lajur milonit serta terdapat pula di seluruh bagian batuan.

Serpentin, mempunyai warna kelabu tua sampai hijau kehitam-hitaman, berbentuk padat dan pejal. Mineral penyusunnya terdiri dari antigorit, mineral lempung dan magnetit, berbutir halus, dengan retakan yang tidak teratur, umumnya terisi magnetit hitam kelam. Mineral lempung berwarna abu-abu dan berukuran sangat halus, dijumpai berkelompok di beberapa tempat. Secara umum batuan ini menunjukkan penciri sesar yaitu struktur kekar dan cermin sesar (*slickenside*) yang dapat dilihat jelas menggunakan mata telanjang.

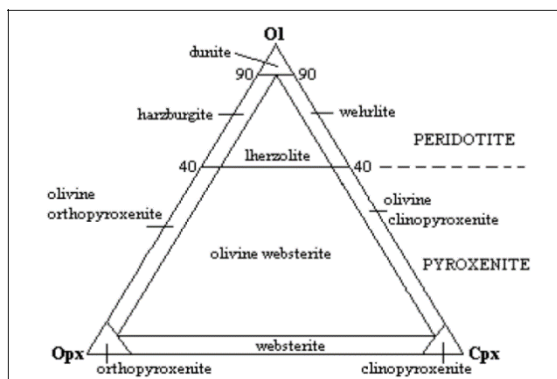
Diabas, mempunyai warna yang bervariasi mulai dari abu-abu, abu-abu kehijauan sampai hitam kehijauan, berbentuk padat dan pejal, ukuran butir halus sampai sedang, dijumpai pula hablur penuh secara setempat. Mineral penyusunnya terdiri atas plagioklas, ortoklas, piroksen dan bijih, jenis plagioklasnya labradorit. Di beberapa tempat batuan berubah kuat. Dunit, berbutir halus sampai kasar, berwarna kehijauan, kelabu kehijauan sampai kehitaman, pejal dan padat. Setempat tampak porfiroblastik.

#### *Batuan Ultramafik*

Batuan ultramafik merupakan batuan yang mengandung olivin magnesian ( $Mg_2SiO_4$ ) yang tinggi dan rendah  $SiO_2$  ( $< 45$  wt.%). Batuan ultramafic dapat dijumpai sebagai batuan beku plutonik yang ditemukan di kerak maupun sebagai batuan metamorf yang berasal dari mantel (Hutabarat dan Ismawan, 2015).

Batuan ultramafik tersusun atas mineral primer olivine, piroksen dan hornblende yang mempunyai warna gelap dalam keadaan segar. Penguraian mineral-mineral primer tersebut yang menyebabkan unsur-unsur yang terbawa dalam larutan kemudian akan mengendap pada suatu tempat tertentu. Proses ini berjalan secara dinamis dan lambat, sehingga terbentuk profil laterit yang merupakan pengembangan dari tahapan laterisasi (Hasria dkk., 2020).

Berdasarkan klasifikasi penamaan batuan beku ultramafik menurut Streckeisen (1976) menjelaskan bahwa batuan intrusi dan ekstrusi dipisahkan. Klasifikasi ini membagi batuan berdasarkan kandungan mineraloginya, yang terbagi dalam tiga jenis mineral yaitu olivin, ortopiroksen, dan klinopiroksen (Gambar 2).



**Gambar 2.** Klasifikasi batuan ultramafik berdasarkan kandungan mineraloginya (Streckeisen, 1976).

Menurut Burger (1996), Komposisi kimia penyusun batuan ultrabasa adalah sebagai berikut:  $\text{SiO}_2$  (38 – 45 %),  $\text{MgO}$  (30 – 45 %),  $^*\text{Fe}_2\text{O}_3$  dan  $^*\text{FeO}$  (7 – 10 %),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (0,3 – 5,0 %),  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (0,2 – 1,0 %),  $\text{NiO}$  (0,2 – 0,3%),  $\text{CaO}$  (0,01 – 0,02 %),  $\text{MnO}$  (0,10 – 0,30 %),  $\text{NaO}$  (0,00 – 1,00 %),  $\text{H}_2\text{O}$  (10–14 %).  $^*$ total Fe diekspresikan dalam  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dan  $\text{FeO}$ .

Jenis-jenis batuan ultramafik, antara lain:

1. Peridotit. Peridotit biasanya membentuk suatu kelompok batuan ultramafik yang disebut ofiolit, umumnya membentuk tekstur kumulus yang terdiri atas

harzburgit, lertzolit, wehrlit, dan dunit. Peridotit tersusun atas mineral – mineral holokristalin dengan ukuran medium – kasar dan berbentuk anhedral. Komposisinya terdiri dari olivin dan piroksen. Mineral asesorisnya berupa plagioklas, hornblende, biotit, dan garnet (Williams dkk., 1954).

2. Dunit. Menurut Williams dkk. (1954), bahwa dunit merupakan batuan yang hampir murni olivin (90 – 100%). Sedangkan Waheed (2002) menyatakan bahwa dunit memiliki komposisi mineral hampir seluruhnya adalah monomineralik olivin (umumnya magnesia olivin), mineral asesorisnya meliputi kromit, magnetit, ilmenit, dan spinel. Pembentukan dunit berlangsung pada kondisi padat atau hampir padat (pada temperatur yang tinggi) dalam larutan magma, dan sebelum mendingin pada temperatur tersebut, batuan tersebut siap bersatu membentuk massa olivin anhedral yang saling mengikat (Williams dkk., 1954). Terbentuknya batuan yang terdiri dari olivin murni (dunit) misalnya, membuktikan bahwa larutan magma (*liquid*) berkomposisi olivin memisah dari larutan yang lain (Wilson, 1989).

3. Serpentin. Serpentin merupakan batuan hasil alterasi hidrotermal dari batuan ultrabasa, dimana mineral – mineral olivin dan piroksen jika teralterasi akan membentuk mineral serpentin. Serpentin sangat umum memiliki komposisi batuan berupa monomineralik serpentin, batuan tersebut dapat terbentuk dari serpentinisasi dunit, peridotit (Waheed, 2002). Serpentin tersusun oleh mineral grup serpentin > 50 % (Williams dkk., 1954). Menurut Ringwood (1975), bahwa pada prinsipnya kerak serpentin dapat dihasilkan dari mantel oleh hidrasi dari mantel ultrabasa (mantel peridotit dan dunit) di bawah punggung tengah samudera (*Mid Ocean Ridge*) pada temperatur <500°C. Serpentin kemudian

terbawa keluar melalui migrasi litosfer. Serpentinisasi pada mineral olivine menurut Waheed (2002), bahwa Serpentin merupakan suatu pola mineral dengan komposisi  $H_4Mg_3Si_2O_9$ , terbentuk melalui alterasi hidrothermal dari mineral ferromagnesia seperti olivin, piroksen dan amfibol. Umumnya alterasi pada olivin dimulai pada pecahan/retakan pada kristalnya, secepatnya keseluruhan kristal mungkin teralterasi dan mengalami pergantian. Menurut Waheed (2002), bahwa serpentinisasi pada olivin memerlukan penambahan air, pelepasan magnesita atau penambahan silika, pelepasan besi (Mg, Fe) pada olivin, konversi pelepasan besi dari bentuk ferrous ( $Fe^{2+}$ ) ke ferri ( $Fe^{3+}$ ) ke bentuk magnetit.

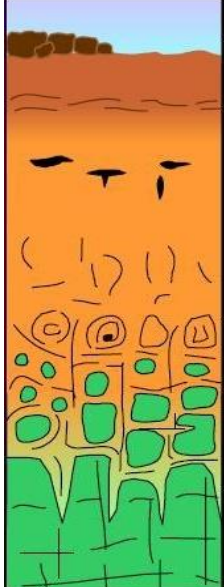
### Nikel Laterit

Laterit berasal dari bahasa latin yaitu later, yang artinya bata (membentuk bongkah-bongkah yang tersusun seperti bata yang berwarna merah bata) (Jafar dkk., 2016). Laterit merupakan hasil proses pelapukan dan pengkayaan batuan mafic/ ultramafic di daerah tropis. Oleh karena itu komposisi kimia dan mineraloginya berbeda antara satu endapan dengan endapan lainnya. Nikel dalam bijih nikel laterit berasosiasi dengan besi oksida dan mineral silikat sebagai hasil substitusi *isomorphous* unsur besi dan magnesium dalam struktur kristalnya, sehingga secara kimia dan fisik, bijih nikel laterit dapat digolongkan menjadi dua jenis yaitu bijih jenis saprolit (silikat/ hidro silikat) dan jenis limonit (oksida/ hidroksida) (Subagja dkk., 2016).

Laterit dapat dijumpai terutama pada daerah yang beriklim tropis sampai subtropis yang memiliki suhu tinggi dan curah hujan yang cukup. Akibatnya laterit banyak ditemukan di daerah Indonesia (daerah Sulawesi), serta beberapa wilayah lain yang memiliki iklim tropis dan subtropis.

Bijih nikel laterit biasanya ditemukan pada daerah yang relatif dangkal yaitu berkisar di kedalaman 15 – 20 meter di bawah permukaan tanah. Bijih nikel laterit berkontribusi hingga 60 – 70% dari cadangan nikel dunia dan sebagian besar berada di negara-negara tropis dan subtropis seperti Indonesia, New Caledonia, Australia, Kuba, Brazil, Filipina dan Papua Nugini (Kose, 2010).

Menurut Kyle (2010), secara umum deposit nikel laterit dapat dibagi menjadi empat zona utama, yaitu zona *ferricrete*, zona limonit, zona saprolit dan *bedrock*. Keempat zona ini memiliki kandungan nikel, besi dan magnesita yang berbeda-beda (Gambar 3).

SCHEMATIC LATERITE PROFILE	COMMON NAME	APPROXIMATE ANALYSIS (%)			
		Ni	Co	Fe	MgO
	RED LIMONITE	<0.8	<0.1	>50	<0.5
	YELLOW LIMONITE	0.8 to 1.5	0.1 to 0.2	40 to 50	0.5 to 5
	TRANSITION	1.5 to 4		25 to 40	5 to 15
	SAPROLITE/ GARNIERITE/ SERPENTINE	1.8 to 3	0.02 to 0.1	10 to 25	15 to 35
	FRESH ROCK	0.3	0.01	5	35 to 45

Gambar 3. Ilustrasi profil laterit (Waheed, 2008)

1. Zona *ferricrete*. Zona *ferricrete* merupakan bagian paling atas dari deposit nikel laterit yang terdiri dari humus, oksida besi dan sisa organik. Lapisan ini berwarna coklat tua kehitaman dan bersifat gembur. Kandungan besi pada lapisan ini sangat tinggi (sekitar 60%) dengan komponen mineral utama berupa hematit. Nikel yang terkandung pada zona ini umumnya <0,6%. Biasanya lapisan ini

- menjadi *overburden* pada proses penambangan.
2. Zona limonit. Zona limonit berada di bawah zona *ferricrete*. Zona ini merupakan hasil pelapukan lebih lanjut dari batuan beku ultramafik. Lapisan ini berwarna merah kecoklatan dan mengandung oksida besi yang umumnya dalam bentuk senyawa *goethite* dan *hematite*. Pada zona limonit kandungan nikelnya berkisar antara 0,8 – 1,5%. Sebagian besar nikel berada dalam larutan padat dengan *goethite*. Pada zona limonit kandungan besi nya cukup tinggi berkisar antara 40 – 50%.
  3. Zona saprolite. Zona saprolit berada di bawah lapisan limonit. Zona saprolit merupakan zona dengan kandungan nikel paling tinggi. Mineral utama saprolit adalah *serpentine* ( $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$ ) dengan nikel menggantikan Mg untuk membentuk senyawa *garnierite* ( $(Mg,Ni)_3Si_2O_5(OH)$ ). Kandungan nikel pada zona saprolit berkisar 1,5 – 3%.
  4. *Bedrock*. *Bedrock* merupakan zona terbawah. Zona ini terdiri dari bongkahan *peridotite* yang berukuran besar dan sudah tidak mengandung mineral ekonomis untuk diolah.

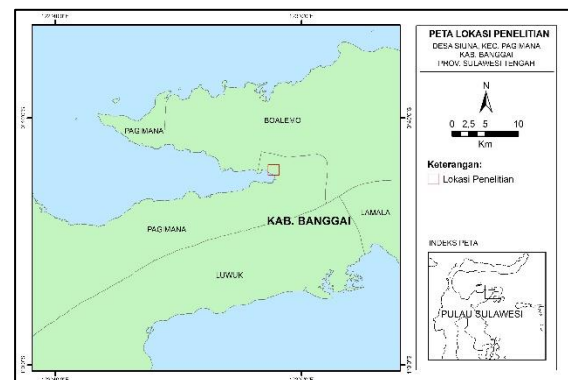
Dari keempat zona di atas, saat ini yang diolah untuk diambil nikelnya adalah zona limonit dan zona saprolit. Bijih saprolit dan bijih limonit memiliki karakter yang berbeda dan bervariasi dari satu tempat ketempat lain.

### Metode Penelitian

Lokasi penelitian terletak pada Desa Siuna, Kecamatan Pagimana, Kabupaten Banggai, Provinsi Sulawesi Tengah (Gambar 4). Secara astronomis daerah penelitian terletak pada  $122^{\circ}57'30'' - 122^{\circ}58'45''$  BT dan  $0^{\circ}43'20'' - 0^{\circ}44'40''$  LS.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode kualitatif dan kuantitatif yang

terdiri dari penelitian lapangan dan analisis laboratorium. Penelitian lapangan dilakukan untuk mengambil data lapangan (data primer) dan data sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung di lapangan, yaitu data singkapan, litologi dan geomorfologi. Pengambilan data primer terdiri dari 13 stasiun meliputi pengambilan sampel batuan sebanyak 9 stasiun dan pengambilan sampel tanah (*tespit*) sebanyak 4 stasiun serta pengamatan profil laterit sebanyak 1 stasiun. Adapun data sekunder berupa data kadar nikel laterit dari 6 titik lubang bor yang diperoleh dari PT. X. Data lubang bor yang berisi data mengenai posisi/koordinat lubang bor berupa *easting* dan *northing* yang berjumlah 6 titik bor. Data kadar nikel laterit yang berisi informasi kadar nikel pada tiap-tiap interval kedalaman 1-10 m pada masing-masing lubang bor.



Gambar 4. Peta lokasi penelitian.

Sampel batuan dan sampel tanah dari penelitian lapangan selanjutnya dipreparasi untuk analisis laboratorium. Sampel batuan dipreparasi menjadi sayatan tipis (*thin section*) kemudian dianalisis laoratorium berupa analisis petrografi untuk menentukan komposisi mineral pada batuan sehingga dapat diketahui karakteristik batuan ultramafik pada daerah penelitian. Sedangkan sampel tanah dianalisis menggunakan metode *X-Ray Flourescence (Epsilon 3)* untuk menentukan kadar nikel (Ni). Data kadar dari penelitian lapangan kemudian diintegrasikan dengan data kadar nikel (Ni) dari PT. X. Selanjutnya data tersebut diolah menggunakan *software ArcGis 10.5*. dan

diinterpolasi dengan menggunakan metode *Inverse Distance Weight (IDW)* sehingga menghasilkan peta penyebaran nikel laterit di daerah penelitian.

## Hasil dan Pembahasan

### *Geologi Daerah Penelitian*

Daerah penelitian termasuk satuan bentangalam Perbukitan Rendah Curam Denudasional. Satuan bentang alam ini dicirikan dengan bentuk lereng miring, dengan bentuk puncak tumpul (Gambar 5).



**Gambar 5.** Foto citra satelit yang menunjukkan bentang alam daerah penelitian.

Analisis morfometri terhadap satuan ini memperlihatkan presentase kemiringan lereng 14 – 20%, yang termasuk dalam relief tersayat tajam. Satuan ini memiliki beda tinggi rata-rata 200 – 500 m. Adapun proses morfogenesis yang bekerja adalah morfogenesis denudasional berupa pelapukan tinggi sehingga menghasilkan *soil* yang tebal.

Litologi daerah penelitian terdiri atas batuan peridotit terserpentinisasi, dunit terserpentinisasi dan serpentin. Batuan ini dapat dibandingkan dengan Kompleks Mafik yang berumur Kapur (141-100 juta tahun lalu) (Rusmana dkk., 1993).

Penciri struktur geologi tidak dapat diidentifikasi di lapangan akibat pelapukan yang tinggi. Namun, berdasarkan struktur geologi regional daerah penelitian dilewati oleh Sesar Naik Balantak yang berarah menenggara. Struktur geologi yang terbentuk pada batuan dapat mempengaruhi proses pembentukan laterit. Adanya

rekahan dan patahan pada batuan akan mempermudah rembesan air masuk kedalam tanah dan mempercepat proses pelapukan pada batuan induk. Selain itu rekahan dan patahan dapat juga berfungsi sebagai tempat pengendapan larutan yang mengandung nikel laterit.

### *Karakteristik Batuan Ultramafik*

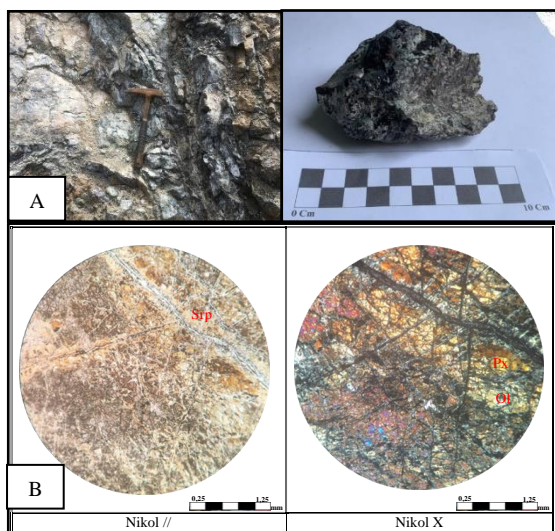
Berdasarkan penelitian lapangan dan analisis petrografi, daerah penelitian tersusun oleh batuan ultramafik yaitu peridotit terserpentinisasi, dunit terserpentinisasi dan *serpentine*. Karakteristik batuan ultramafik tersebut dapat dijelaskan berdasarkan pengamatan megaskopis dan mikroskopis.

Batuan peridotit terserpentinisasi dijumpai pada stasiun 6. Ciri fisik batuan yang teramati di lapangan ini memiliki ciri fisik berwarna abu-abu kehijauan dalam keadaan segar dan abu-abu kecoklatan dalam keadaan lapuk. Kristalinitas batuan ini adalah holokristalin, granularitas berupa faneritik, bentuk mineral subhedral – anhedral. Mineral yang dapat diamati yaitu piroksen, *olivine*, dan serpentin.

Sedangkan dari pengamatan mikroskopis dari sayatan tipis ST6 memperlihatkan warna absorpsi tidak berwarna, warna interferensi abu-abu kekuningan, kristalinitas holokristalin, granularitas faneritik, relasi equigranular, dan struktur massif. Bentuk mineral subhedral – anhedral, ukuran mineral 0,1 mm – 2,25 mm, komposisi mineral penyusun dari batuan ini ini adalah Piroksen 10%, Olivin 70 % dan Serpentin 20%. Batuan ini telah mengalami serpentinisasi tingkat rendah-menengah (Gambar 6).

Batuan dunit terserpentinisasi dijumpai pada stasiun 3, 5, 7 dan 8. Ciri megaskopis batuan ini memiliki ciri fisik berwarna abu-abu kehijauan dalam keadaan segar dan abu-abu kehitaman dalam keadaan lapuk. Kristalinitas batuan ini adalah hipokristalin, granularitas berupa porfiritik, bentuk

mineral subhedral – anhedral. Mineral yang dapat teramati adalah olivine dan serpentin. Sedangkan dari pengamatan mikroskopis dari sayatan tipis ST3, STA5, STA7 dan ST8 memperlihatkan warna absorpsi tidak berwarna, warna interferensi abu-abu kekuningan, kristalinitas holokristalin, granularitas faneritik, relasi equigranular, dan struktur massif. Bentuk mineral subhedral – anhedral, ukuran mineral 0,1 – 1,25 mm, komposisi mineral penyusun dari batuan ini ini adalah piroksen (2 – 5%), olivin (85 – 90%), serpentin (5 – 10%) dan mineral opak (2 – 3%). Batuan ini telah mengalami serpentinisasi tingkat rendah – menengah (Gambar 7).

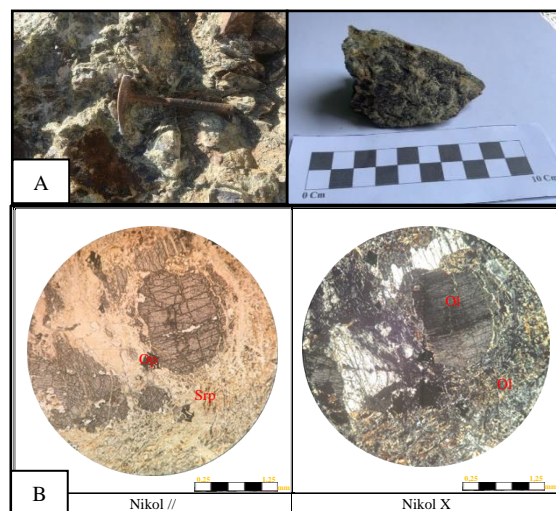


**Gambar 6.** A. Kenampakan singkapan peridotit terserpentinisasi pada stasiun 6. B. Fotomikrograf peridotit terserpentinisasi dari sayatan tipis ST6 yang menunjukkan komposisi mineral yaitu piroksen (px), olivin (ol) dan serpentin (srp).

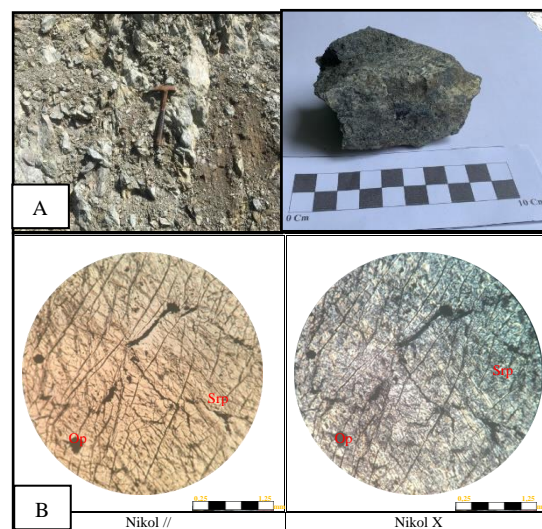
Batuan serpentinit dijumpai pada stasiun 1, 2, 4 dan PIT. Ciri megaskopis batuan ini memiliki ciri fisik berwarna abu-abu kehitaman dalam keadaan segar dan abu-abu kehijauan dalam keadaan lapuk. Memiliki tekstur granoblastik, serta memiliki struktur nonfoliasi, bentuk mineral subhedral – anhedral.

Sedangkan berdasarkan pengamatan mikroskopis dari sayatan tipis ST1, ST2, ST4 dan ST PIT memperlihatkan warna absorpsi kuning kehitaman dan warna interferensi abu-abu, bentuk mineral

subhedral-anhedral, ukuran mineral 0,1 – 2 mm. Memiliki tekstur granoblastik, serta memiliki struktur nonfoliasi. komposisi mineral penyusun dari batuan ini ini adalah piroksen (10 – 20%), Olivin (5-10%), serpentin (80 – 85%) dan Opak (5%). Batuan ini telah mengalami proses serpentinisasi tingkat menengah – tinggi (Gambar 8).



**Gambar 7.** A. Kenampakan singkapan dunit terserpentinisasi pada stasiun 3. B. Fotomikrograf peridotit terserpentinisasi dari sayatan tipis ST3 yang menunjukkan komposisi mineral yaitu olivin (ol), serpentin (srp), mineral opak (op).



**Gambar 8.** A. Kenampakan singkapan serpentinit pada stasiun 4. B. Fotomikrograf serpentinit dari sayatan tipis ST4 yang menunjukkan komposisi mineral yaitu serpentin (srp), mineral opak (op).

### *Pengaruh Serpentinisasi Terhadap Laterisasi*



Berdasarkan analisis petrografi, tingkat serpentinisasi pada daerah penelitian telah mengalami proses serpentinisasi dengan tingkat menengah hingga tinggi (>50 – 85%). Mineral penyusunnya telah didominasi oleh mineral serpentin hingga 80, sedikit mineral opak dan sedikit mineral utama dari batuan peridotit tersebut yaitu olivin dan ada pula urat-urat vein yang terisi oleh mineral serpentin dan mineral opak. Batuan terserpentinisasi umumnya akan menjadi lebih magnetik. Peran atau kemunculan mineral serpentin pada batuan dasar penghasil laterit akan memberikan dampak yang sangat signifikan terhadap karakteristik tanah laterit yang ada. Kehadiran mineral serpentin pada batuan ultramafik menjadi suatu peranan penting dalam pembentukan karakteristik tanah laterit yang ada terutama pada pengkayaan unsur logam Ni pada tanah laterit. Proses serpentinisasi akan menyebabkan perubahan tekstur mineralogi dan senyawa pada mineral olivin pengurangan atau perubahan komposisi unsur Mg, Ni dan Fe pada mineralnya.

#### *Penyebaran Nikel Laterit pada Lubang Bor*

Penyebaran nikel laterit pada daerah penelitian digambarkan melalui pola distribusi nikel laterit baik dari data lubang bor maupun data analisis XRF. Pola distribusi nikel laterit pada daerah penelitian diperoleh dari PT. X pada 6 titik lubang bor dengan kedalaman 0-10 m (Gambar 9). Diperoleh kadar Ni pada DS\_033 (0,2 – 0,4%), DS\_42 (0,33 – 0,53%), DS\_069 (0,30 – 0,79%), DS\_78 (0,69 – 1,18%), DS\_87 (0,28 – 0,67%) dan DS\_091 (0,40 – 0,72%) (Tabel 1 dan Gambar 10).

Penyebaran nikel laterit pada daerah penelitian diperoleh melalui interpolasi dengan menggunakan metode *Inverse Distance Weight* (IDW) dengan menggunakan data sekunder (data perusahaan). Data-data tersebut diinput dalam aplikasi ArcGis 10.5 dengan menggabungkan data-data yaitu data

lubang bor, data koordinat dan data kadar Ni. Kemudian data tersebut diinterpolasi dengan menggunakan metode IDW untuk mengetahui peta sebaran nikel laterit pada daerah penelitian (Gambar 11).

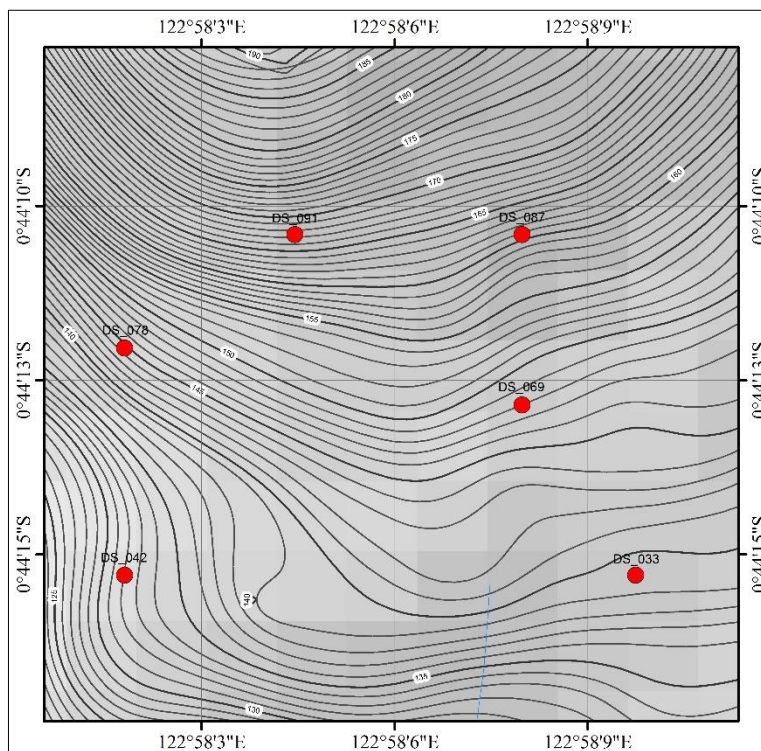
Penyebaran nikel laterit dipengaruhi oleh kemiringan lereng pada daerah penelitian. Semakin besar kemiringan lereng maka ketebalan endapan nikel laterit yang terbentuk akan semakin tipis. Sebaliknya, bila kemiringan lereng sedang sampai landai maka endapan nikel laterit yang terbentuk akan tebal dan penyebaran nikel laterit juga dipengaruhi oleh batuan asal yang dimana mineral serpentin yang berasal dari batuan asal yang terbentuk saat proses laterisasi dan membuat proses laterisasi menjadi lebih cepat. Saat batuan ultramafik menjadi batuan serpentine, unsur Fe pada mineral akan lepas dan membentuk mineral baru yaitu magnetite. Proses laterisasi yang tujuannya memisahkan unsur Ni-Mg dari unsur Fe akan terbantu karena unsur Fe-nya sudah terpisah saat proses serpentinisasi terjadi.

Endapan nikel laterit yang berasal dari batuan serpentine akan mengandung lebih banyak mineral serpentin dibandingkan dengan endapan nikel laterit yang berasal dari kelompok ultramafik yang tidak mengalami proses serpentinisasi.

#### *Profil Nikel Laterit pada Lubang Bor*

Profil nikel laterit pada lubang bor ditentukan berdasarkan kadar nikel (Ni) dari 6 lubang bor PT X. Profil laterit termasuk dalam zona limonite (red limonite dan yellow limonite), dimana *red limonite* terdapat pada hole id DS\_033 kedalaman 1 – 10 m, DS\_042 kedalaman 1 – 10 m, DS\_069 kedalaman 1 – 10 m, DS\_07 kedalaman 1 m, DS\_087 kedalaman 1 – 10 m dan DS\_091 kedalaman 1 – 10 m. Sedangkan *yellow limonite* hanya terdapat pada DS\_078 kedalaman 2 – 10 m (Tabel 2). Dasar klasifikasi zona berdasarkan unsur kimia pada klasifikasi profil laterit

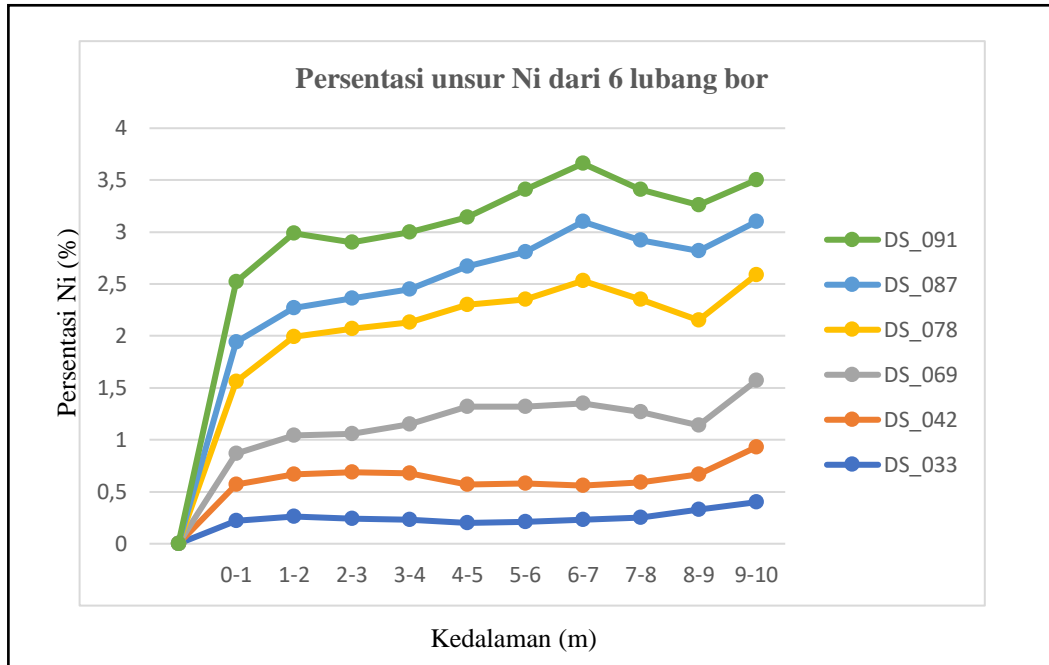
(Waheed, 2008) yaitu: Ni (< 0,8%) *red limonite* dan Ni (> 0,8%) *yellow limonite*.



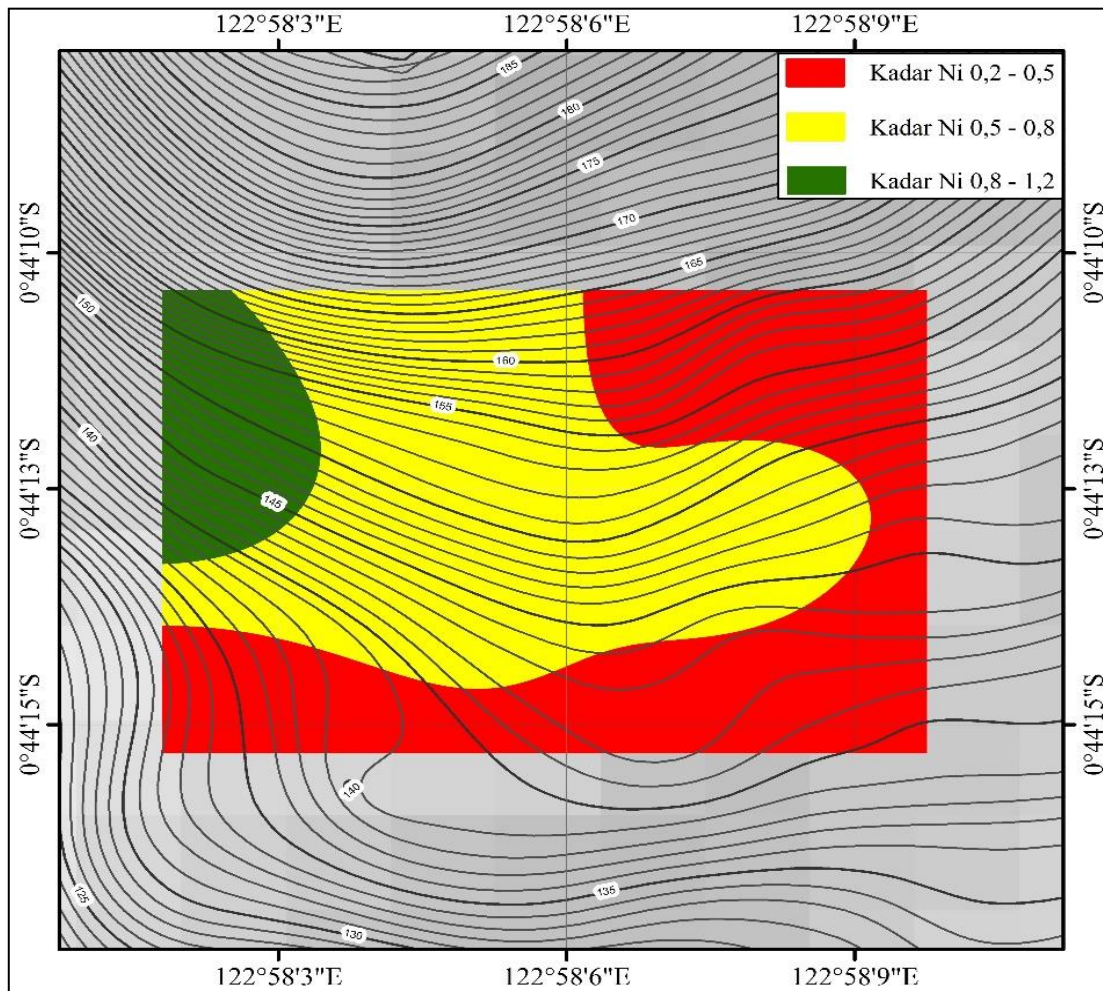
Gambar 9. Titik pengeboran pada daerah penelitian

Tabel 1. Persentasi unsur Ni (%) pada titik bor daerah penelitian berdasarkan analisis XRF.

Kedalaman (Meter)	Hole Id	Ni (%)	Hole Id	Ni (%)	Hole Id	Ni (%)
0-1	DS_033	0,22	DS_069	0,30	DS_087	0,38
1-2	DS_033	0,26	DS_069	0,37	DS_087	0,28
2-3	DS_033	0,24	DS_069	0,37	DS_087	0,29
3-4	DS_033	0,23	DS_069	0,47	DS_087	0,32
4-5	DS_033	0,20	DS_069	0,75	DS_087	0,37
5-6	DS_033	0,21	DS_069	0,74	DS_087	0,46
6-7	DS_033	0,23	DS_069	0,79	DS_087	0,57
7-8	DS_033	0,25	DS_069	0,68	DS_087	0,57
8-9	DS_033	0,33	DS_069	0,47	DS_087	0,67
9-10	DS_033	0,40	DS_069	0,64	DS_087	0,51
0-1	DS_042	0,35	DS_078	0,69	DS_091	0,58
1-2	DS_042	0,41	DS_078	0,95	DS_091	0,72
2-3	DS_042	0,45	DS_078	1,01	DS_091	0,54
3-4	DS_042	0,45	DS_078	0,98	DS_091	0,55
4-5	DS_042	0,37	DS_078	0,98	DS_091	0,47
5-6	DS_042	0,37	DS_078	1,03	DS_091	0,60
6-7	DS_042	0,33	DS_078	1,18	DS_091	0,56
7-8	DS_042	0,34	DS_078	1,08	DS_091	0,49
8-9	DS_042	0,34	DS_078	1,01	DS_091	0,44
9-10	DS_042	0,53	DS_078	1,02	DS_091	0,40



**Gambar 10.** Grafik persentasi unsur Ni dari 6 titik bor.



**Gambar 11.** Peta sebaran nikel laterit pada daerah penelitian berdasarkan hasil interpolasi menggunakan metode IDW.

*Penyebaran Nikel Laterit pada Tespit*

Pola distribusi nikel laterit pada daerah penelitian diperoleh dari hasil analisis XRF pada 4 titik tespit dengan kedalaman 0 – 2 m yang diperoleh kadar Ni pada TS\_001 (0,46%), TS\_002 (0,35%), TS\_003 (0,44%) dan TS\_004 (0,43%) (Tabel 3).

**Tabel 3.** Kadar Ni (%) pada lubang tespit dari analisis XRF.

Hole Id	Kedalaman (Meter)	Ni (%)
TS_001	0 - 2	0,46
TS_002	0 - 2	0,35
TS_003	0 - 2	0,44
TS_004	0 - 2	0,43

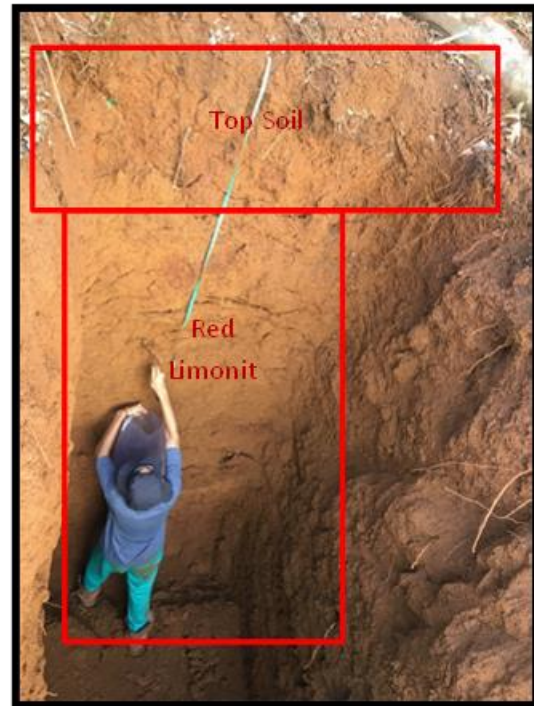
Pembuatan testpit dilakukan di bagian timur daerah penelitian pada stasiun 10 dan 12 dan barat pada stasiun 9 dan 11 dengan kedalaman 0 – 2 m. Berdasarkan kenampakan yang ada di lapangan berupa ciri-ciri dari setiap tespit, dapat diinterpretasi bahwa ada 2 zona laterit yang meliputi *top soil* dan *red limonite* (Gambar 12).

*Top soil* berwarna coklat tua, tanahnya gembur dan memiliki lapukan-lapukan akar kayu serta mempunyai kadar besi yang tinggi tapi kadar Ni yang rendah. Ketebalan rata-rata zona *top soil* berkisar 10 – 30 cm. *Red limonite* berwarna merah coklat atau kuning, lapisan kaya besi dari *limonite* menyelimuti seluruh area. Lapisan ini tipis pada daerah yang terjal, dan pada daerah datar lapisan ini tebal. Sebagian dari nikel pada zona ini hadir di dalam mineral *hematite*. Ketebalan rata-rata *red limonite* 0,3 – 1,5 meter.

*Faktor-Faktor Penyebab Terbentuknya Nikel Laterit*

Nikel laterit bukanlah endapan dengan sebaran yang homogen. Ketebalan total nikel laterit di pengaruhi oleh bentukan topografi. Pada topografi landai pada puncak bukit yang landai akan memiliki endapan nikel laterit yang relatif tipis dibandingkan dengan yang ada pada lereng bukit yang landai. Pada daerah yang datar,

*yellow limonite* akan lebih dominan sedangkan pada daerah yang miring, *red limonite* akan lebih dominan.



**Gambar 12.** Kenampakan profil endapan nikel laterit pada titik testpit 003 pada stasiun 11.

Berdasarkan struktur regional yang terdapat di daerah penelitian menyebabkan terjadinya rekahan pada Kompleks Mafik. Adanya rekahan pada batuan akan mempermudah rembesan air masuk kedalam tanah dan mempercepat proses pelapukan pada batuan induk.

Curah hujan yang tinggi daerah penelitian mempengaruhi jumlah air yang melewati tanah seiring dengan kecepatan *run off* air tanah akan meningkat dan waktu penyerapan air tanah akan berkurang sehingga mineral *hematite* sebagai penciri *red limonite* akan lebih banyak dari mineral *goetite* yang menjadi penciri *yellow limonite*. Penyerapan air yang lama membuat *limonite* pada daerah penelitian memberikan waktu yang cukup untuk mengubah mineral *hematite* ( $Fe_2O_3$ ) yang memiliki cerat berwarna merah menjadi mineral *goetite* ( $Fe_2O_3 + H_2O$ ) bercerat kuning kecoklatan. Hal ini menyebabkan *yellow limonite* pada daerah penelitian tersebut lebih sedikit dari pada *red limonite*.

**Tabel 2.** Profil nikel laterit pada titik bor daerah penelitian.

Titik Bor	Hole Id	Kedalaman (Meter)	Ni (%)	Zona	Titik Bor	Hole Id	Kedalaman (Meter)	Ni (%)	Zona	Titik Bor	Hole Id	Kedalaman (Meter)	Ni (%)	Zona
1	DS_033	0-1	0,22	<i>Red Limonite</i>	2	DS_042	0-1	0,35	<i>Red Limonite</i>	3	DS_069	0-1	0,30	<i>Red Limonite</i>
	DS_033	1-2	0,26			DS_042	1-2	0,41			DS_069	1-2	0,37	
	DS_033	2-3	0,24			DS_042	2-3	0,45			DS_069	2-3	0,37	
	DS_033	3-4	0,23			DS_042	3-4	0,45			DS_069	3-4	0,47	
	DS_033	4-5	0,20			DS_042	4-5	0,37			DS_069	4-5	0,75	
	DS_033	5-6	0,21			DS_042	5-6	0,37			DS_069	5-6	0,74	
	DS_033	6-7	0,23			DS_042	6-7	0,33			DS_069	6-7	0,79	
	DS_033	7-8	0,25			DS_042	7-8	0,34			DS_069	7-8	0,68	
	DS_033	8-9	0,33			DS_042	8-9	0,34			DS_069	8-9	0,47	
	DS_033	9-10	0,40			DS_042	9-10	0,53			DS_069	9-10	0,64	
Titik Bor	Hole Id	Kedalaman (Meter)	Ni (%)	Zona	Titik Bor	Hole Id	Kedalaman (Meter)	Ni (%)	Zona	Titik Bor	Hole Id	Kedalaman (Meter)	Ni (%)	Zona
4	DS_078	0-1	0,69	<i>Red Limonite</i>	5	DS_087	0-1	0,38	<i>Red Limonite</i>	6	DS_091	0-1	0,58	<i>Red Limonite</i>
	DS_078	1-2	0,95			DS_087	1-2	0,28			DS_091	1-2	0,72	
	DS_078	2-3	1,01			DS_087	2-3	0,29			DS_091	2-3	0,54	
	DS_078	3-4	0,98			DS_087	3-4	0,32			DS_091	3-4	0,55	
	DS_078	4-5	0,98			DS_087	4-5	0,37			DS_091	4-5	0,47	
	DS_078	5-6	1,03			DS_087	5-6	0,46			DS_091	5-6	0,60	
	DS_078	6-7	1,18			DS_087	6-7	0,57			DS_091	6-7	0,56	
	DS_078	7-8	1,08			DS_087	7-8	0,57			DS_091	7-8	0,49	
	DS_078	8-9	1,01			DS_087	8-9	0,67			DS_091	8-9	0,44	
	DS_078	9-10	1,02			DS_087	9-10	0,51			DS_091	9-10	0,40	

Mineral serpentin yang berasal dari batuan asal yang terbentuk saat proses laterisasi. Mineral serpentin juga membuat proses laterisasi menjadi lebih cepat. Saat batuan ultramafik menjadi batuan serpentinite, unsur Fe pada mineral akan lepas dan membentuk mineral baru yaitu magnetite. Proses laterisasi yang tujuannya memisahkan unsur Ni-Mg dari unsur Fe akan terbantu karena unsur Fe-nya sudah terpisah saat proses serpentinisasi terjadi. Endapan laterit yang berasal dari batuan serpentinite akan mengandung lebih banyak mineral serpentin dibandingkan dengan endapan nikel laterit yang berasal dari kelompok ultramafik yang tidak mengalami proses serpentinisasi.

### Kesimpulan

Pertama, karakteristik batuan pada daerah penelitian memiliki 3 tipe batuan yang pertama satuan peridotit terserpentinisasi, Kedua satuan dunit terserpentinisasi, dan yang ketiga satuan serpentin. Ketiga batuan tersebut telah mengalami serpentinisasi dengan intensitas kuat, mineral penyusunnya telah di dominasi oleh mineral serpentin, sedikit mineral opak, sedikit mineral piroksen, dan sedikit mineral utama dari ketiga batuan tersebut yaitu olivin. Kedua, berdasarkan hasil interpolasi IDW, penyebaran nikel laterit pada bagian barat daerah penelitian dengan 6 titik bor pada kedalaman 0 – 10 m memiliki kadar nikel 0,50 – 1,2 %, sedangkan pada bagian selatan – timur daerah penelitian memiliki kadar nikel 0,20 – 0,5%.

### Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Fakultas Teknik, Universitas Tadulako yang telah memberikan pembiayaan dari hibah penelitian DIPA. Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya juga disampaikan kepada LPPM Universitas Tadulako yang telah memberikan kesempatan dalam

melaksanakan salah satu tridarma yaitu penelitian dan pengabdian kepada masyarakat.

### Daftar Pustaka

- Arifin, M., Widodo, S. dan Anshariah. 2015. *Karakteristik Endapan Nikel Laterit Pada Blok X PT. Bintang Delapan Mineral Kecamatan Bahodopi Kabupaten Morowali Provinsi Sulawesi Tengah*. Jurnal Geomine. 1(1), pp.37-45. <https://doi.org/10.33536/jg.v1i1.7>
- Burger, P.A. 1996. *Origins and Characteristic of Lateritic Deposits*. In: *Proceeding nickel'96* pp.179 – 183, Melbourne: The Australasian Institute of Mining and Metallurgy.
- Hall, R. dan Wilson, M.E. 2000. *Neogene sutures in eastern Indonesia*. Journal of Asian Earth Sciences. 18(6), pp.781-808. [https://doi.org/10.1016/S1367-9120\(00\)00040-7](https://doi.org/10.1016/S1367-9120(00)00040-7)
- Hasria., Hasan, E.S., Deniyatno, Salihin, L.M.I. dan Asdiwam. 2020. *Characteristics of Ultramafic Igneous Rock Ophiolite Complex in Asera District, North Konawe Regency, Southeast Sulawesi Province, Indonesia*. Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology. 5(3), pp.108-112. <https://doi.org/10.25299/jgeet.2020.5.3.4113>
- Hutabarat, J. dan Ismawan. 2015. *Tinjauan Keterdapatan Batuan Ultramafik dalam Komplek Ophiolit Ciletuh di Daerah Ciletuh, Jawa Barat*. Bulletin of Scientific Contribution: Geology. 13(3), pp.213-220. <https://jurnal.unpad.ac.id/bsc/article/view/8408>
- Jafar, N., Erwin, M.A. dan Djamaluddin. 2016. *Analisis Perbandingan Kandungan Unsur Nikel (Ni) dan Besi (Fe) dari Data Titik Bor dengan Realisasi Penambangan*. Jurnal

- Geomine. 4(2), pp.63-66.  
<https://doi.org/10.33536/jg.v4i2.53>
- Kose, S. 2010. *Hydrometallurgical Processing of Lateritical Nickel Ores*. Master Thesis, Middle East Technical University.
- Kyle, J. 2010. *Nickel laterite processing technologies – where to next?* In: ALTA 2010 Nickel/Cobalt/Copper Conference, 24 – 27 May, Perth, Western Australia.
- Ringwood, A.E. 1975. *Composition And Petrology of The Earth's Mantle*. London, New York, and Sydney : McGraw-Hill, Inc.
- Rusmana, E., Koswara, A. dan Simandjuntak, T.O. 1993. *Peta Geologi Lembar Luwuk 215 – 231 skala 1:250.000*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Subagja, R. Prasetyo, A.B. Sari, W.M. 2016. *Peningkatan Kadar Nikel Dalam Laterit Jenis Limonit Dengan Cara Peletasi, Pemanggangan Reduksi Dan Pemisahan Magnet Campuran Bijih, Batu Bara, Dan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>*. Jurnal Metalurgi. 31(2), pp. 103-115.  
<https://ejournalmaterialmetalurgi.lipi.go.id/index.php/metalurgi/article/view/156>
- Streckeisen, A.L. 1976. *Classification and Nomenclature of Igneous Rocks*. N. Jahrb. Miner. Abh., 107, 144-240.
- Waheed, A. 2002. *Nickel Laterites-A Short Course: Chemistry, Mineralogy, and Formation of Nickel Laterites*. Sorowako, South Sulawesi: PT. International Nickel Indonesia.
- Waheed, A. 2008. *Laterite : Fundamental of Chemistry, Mineralogy, Weathering Processes, formation and exploration*. Sorowako, South Sulawesi: PT. International Nickel Indonesia.
- Williams, H., Turner, F.J. and Gilbert, M. 1954. *Petrography*. San Francisco: W.H. Freeman and Co.
- Wilson, M. 1989. *Igneous Petrogenesis : a Global Tectonoc Approach*. Springer Nature Switzerland AG.