

## Karakteristik Profil Nikel Laterit Pada PT. Oti Eya Abadi (OEA) di Blok X, Daerah Siumbatu, Kecamatan Bahodopi, Kabupaten Morowali, Provinsi Sulawesi Tengah

Fitri Hnadayani<sup>1</sup>, Amara Nugrahini<sup>2</sup>, Herning Dyah Kusuma<sup>2</sup>

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Geologi Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Korespondensi : [amara@itny.ac.id](mailto:amara@itny.ac.id).

### ABSTRAK

Daerah penelitian berada pada daerah Siumbatu, Kecamatan Bahodopi, Kabupaten Morowali, Provinsi Sulawesi Tengah. Daerah penelitian merupakan bagian dari jalur Ophiolit Sulawesi dengan kondisi geologi yang kompleks dan tektonik yang aktif. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik profil nikel laterit yang berada di daerah Siumbatu, Kecamatan Bahodopi, Kabupaten Morowali, Provinsi Sulawesi Tengah. Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini mencakup penelitian secara langsung di lapangan dan analisis di laboratorium. Pada daerah penelitian terdapat 2 jenis profil nikel laterit yang dimana pada morfologi sedang-kuat terdapat profil nikel laterit yang tak beraturan dengan jenis bedrock secara petrografi yaitu Hazburgit dan pada morfologi lemah sedang terdapat profil nikel laterit yang beraturan dengan jenis bedrock secara petrografi yaitu Olivine Websterite. Kedalaman Zona Limonit yaitu sekitar 0 - 4 meter dengan kandungan Ni sekitar 0,72- 1,72%, Fe sekitar 52,64-15,88%, dan SiO<sub>2</sub> sekitar 3,3141,03%. Kedalaman saprolit sekitar 4 - 9 meter dengan kandungan Ni sekitar 0,81-0,98%, Fe sekitar 112,87- 11,31%, SiO<sub>2</sub> sekitar 38,33-53,37%. lapisan yang paling banyak mengandung nikel laterit dijumpai pada Zona Saprolit. **Kata kunci:** Profil nikel laterit, Siumbatu, petrografi dan XRF.

### ABSTRACT

*The study area is located in Siumbatu, Bahodopi Sub-district, Morowali Regency, Central Sulawesi Province. The research area is part of the Sulawesi Ophiolite line with complex geological conditions and active tectonics. This research is intended to determine the characteristics of the laterite nickel profile in the Siumbatu area, Bahodopi District, Morowali Regency, Central Sulawesi Province. The research methods used in this study include direct research in the field and analysis in the laboratory. In the research area there are 2 types of nickel laterite profiles where in the medium-strong morphology there is an irregular nickel laterite profile with a petrographic bedrock type of Hazburgite and in the weak-medium morphology there is a regular nickel laterite profile with a petrographic bedrock type of Olivine Websterite. The Limonite Zone depth is about 0 - 4 meters with Ni content around 0.72-1.72%, Fe around 52.64-15.88%, and SiO<sub>2</sub> around 3.3141.03%. Saprolite depth is about 4-9 meters with Ni content around 0.81-0.98%, Fe around 112.87-11.31%, SiO<sub>2</sub> around 38.33-53.37%. the layer that contains the most nickel laterite is found in the Saprolite Zone.*

**Keyword :** Profile of nickel laterite, Siumbatu, petrography and XRF.

### PENDAHULUAN

Pulau Sulawesi terletak di bagian tengah kepulauan Indonesia, bentuk pulau Sulawesi yang berbentuk K yang memiliki empat semenanjung yang mengarah ke timur, timurlaut, tenggara dan selatan. Sulawesi dan sekitarnya yaitu daerah yang kompleks karena merupakan tempat pertemuan antara tiga lempengan besar yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Pasifik dan lempeng Eurasia. Proses dari tumbukkan antara lempengan itu menyebabkan pulau Sulawesi memiliki empat lengan dengan proses tektonik yang berbeda-beda yang membentuk satu kesatuan mozaik geologi. Endapan nikel laterit terbentuk dari proses pelapukan yang sangat intensif di daerah tropis pada batuan yang mengandung nikel seperti, dunit (olivin), peridotit (olivine+piroksen), dan serpentinite. Proses pelapukan pada batuan asal tersebut (laterisasi) menyebabkan nikel berubah menjadi larutan dan diserap oleh mineral-mineral oksida besi yang membentuk garnierite pada lapisan saprolite (Golightly,1981).

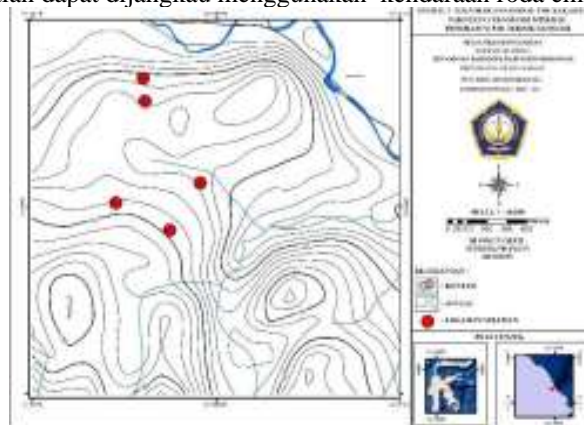
Deposit nikel dapat diklasifikasikan dalam dua kelompok, yaitu kelompok bijih sulfida dan kelompok bijih laterit (oksida dan silikat). 72% cadangan nikel dunia merupakan jenis nikel laterit dan baru 42% dari cadangan tersebut yang diproduksi (Dalvi, dkk., 2004). Meskipun 72% dari tambang nikel berbasis bijih



ISSN: 1907-5995

laterit, 60% dari produksi primer nikel berasal dari bijih sulfida (Superiadi, 2007). Bijih nikel laterit banyak ditemukan di belahan bumi yang memiliki iklim tropis atau subtropis yang terdiri dari pelapukan batuan ultramafik yang mengandung zat besi dan magnesium kadar tinggi. Deposit sulfida nikel biasanya lebih kecil dari deposit laterit. Deposit laterit berkadar antara 1,0 - 1,5% Ni dengan rata-rata kadar nikel 0,6 - 1,5% dengan tonase yang jauh lebih besar (Yildirim dkk., 2012). Di daerah Sulawesi Tengah khususnya Morowali terdapat sumberdaya alam berupa endapan nikel laterit yang berada di daerah Siumbatu dan yang dimana jenis endapan laterit di daerah morowali sangat ekonomis untuk ditambang. Untuk melakukan suatu pertambangan di suatu daerah dibutuhkan data tentang daerah tersebut berupa data topografi, litologi dan data penunjang lainnya agar mendapatkan hasil yang akurat. Atas dasar itu penulis merasa tertarik untuk mengambil studi kasus di wilayah PT. OTI EYA ABADI (OEA) untuk dijadikan penelitian skripsi berupa karakteristik profil nikel laterit di daerah PT. OTI EYA ABADI (OEA). PT OTI EYA ABADI (OEA) berdiri sejak tahun 2008, PT ini bergerak pada bidang pertambangan dan mineral yang berada di desa Siumbatu dan Ululere. Lokasi Penelitian

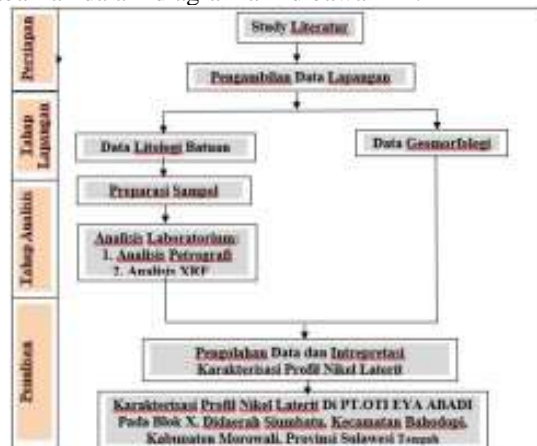
Lokasi penelitian berada pada PT. Oti Eya Abadi pada site Siumbatu pada Blok X. Secara administratif daerah penelitian terletak di Desa Siumbatu, Kecamatan Bahodopi, Kabupaten Morowali, Provinsi Sulawesi Tengah. Secara geografis berada pada koordinat  $121^{\circ}56'0''\text{BT} - 121^{\circ}57'0''\text{BT}$  dan  $2^{\circ}41'0''\text{LS} - 2^{\circ}42'0''\text{LS}$ . Daerah penelitian masuk kedalam (Peta Geologi Regional Tinjau Lembar Bungku, Simandjuntak dkk [13]. Lokasi penelitian dapat ditempuh menggunakan pesawat komersil dengan rute Yogyakarta – Palu selama 1 jam 45 menit. Dari kota palu perjalanan dapat dilanjutkan dengan kendaraan roda empat selama 12 jam. Cangkupan daerah penelitian dapat dijangkau menggunakan kendaraan roda empat.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini mencakup penelitian secara langsung di lapangan dan analisis di laboratorium. Yang dimana penelitian secara langsung ini berupa pengambilan data di lapangan seperti data litologi dan data geomorfologi. Dan analisis di laboratorium berupa analisis petrografi dan analisis XRF. Dengan metode penelitian yang digunakan diharapkan dapat mencapai tujuan dari penelitian ini yang akan dijabarkan dalam diagram alir dibawah ini.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

### Hasil Analisis Laboratorium

Pengamatan geologi daerah penelitian difokuskan pada bukti data geologi yang ditemui dilapangan. Lokasi penelitian yang berada di Desa Siumbatu, Kecamatan Bahodopi, Kabupaten Morowali, Provinsi Sulawesi Tengah. diinterpretasikan sebagai endapan nikel laterit. Hasil dari penelitian ini akan menggambarkan karakteristik profil nikel laterit di daerah penelitian.

### Hasil Penelitian

Secara umum hasil dari penelitian ini berupa keterdapatan fenomena geologi yang berada pada daerah penelitian yang berlokasi di daerah Desa Siumbatu, Kecamatan Bahodopi, Kabupaten Morowali, Provinsi Sulawesi Tengah berupa pengamatan secara langsung di lapangan dan juga analisis di laboratorium. Untuk menghasilkan sebuah kesimpulan dari hasil penelitian perlu diuraikan terlebih dahulu mengenai kondisi geologi di daerah penelitian. Proses terbentuknya endapan nikel laterit yang terjadi di daerah penelitian tidak dapat dipisahkan dari kondisi geologi di daerah penelitian sehingga masih saling berkaitan

### Geomorfologi Daerah Penelitian

Geomorfologi pada blok X di site Siumbatu dari kenampakan morfologi berdasarkan kenampakan di lapangan, kondisi geomorfologi yang dapat dibagi menjadi dua yaitu morfologi curam hingga agak curam dan morfologi miring hingga landai. Morfologi curam- agak curam terdapat pada daerah punggung bukit sedangkan morfologi miring- landai pada area lembah atau lereng bukit. Pada area ini sangat dimungkinkan untuk terjadinya proses laterisasi, pada morfologi curam - agak curam dan morfologi miring – landai terdapat jenis batuan ultramafik yang kenampakan secara langsung terlihat sama tetapi setelah dianalisis secara petrografi terdapat 2 jenis satuan batuan yang berbeda yang dimana pada morfologi curam – agak curam terdapat jenis batuan Hazburgit dan pada morfologi miring – landai terdapat jenis batuan Olivin Websterit.

### Litologi batuan pada daerah penelitian

Litologi batuan ( gambar 3) yang berada di daerah penelitian site Siumbatu pada blok X berdasarkan pengamatan dilapangan diketahui berupa jenis batuan ultramafik. Dengan kenampakan megakopis yaitu mempunyai warna lapuk abu-abu putih dengan warna segar hitam keabu-abuan, kristalinitas pada batuan yaitu holokristalin, granularitas fanerik dengan komposisi mineral yaitu piroksen dan olivine, struktur massif dengan tingkat pelapukan kuat.



**Gambar 3.** kenampakan litologi batuan Peridotit dengan arah foto N 176°

### Vegetasi pada blok X di site Siumbatu

Vegetasi yang berada pada blok X merupakan vegetasi primer (asli) yaitu vegetasi yang tumbuh pada daerah penelitian belum mengalami gangguan. Vegetasinya berupa pohon pinus dan semak belukar yang menyebar luas hampir diseluruh daerah penelitian (gambar 4).



**Gambar 4.** kenampakan vegetasi pada blok X dengan arah foto N 165°



ISSN: 1907-5995

### Stratigrafi Daerah Penelitian

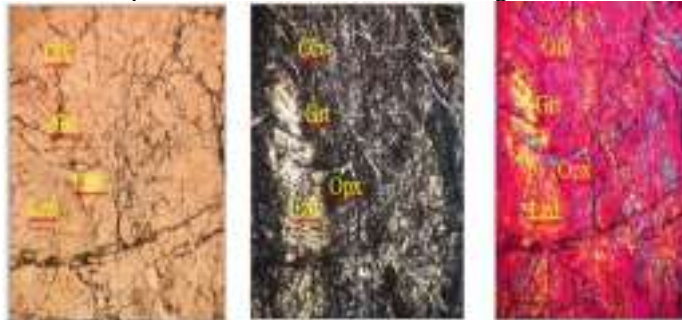
Pengelompokan satuan batuan di dasarkan kepada data bawah permukaan lokasi penelitian. Berdasarkan data pemboran, daerah penelitian tersusun atas dua jenis satuan batuan yaitu Satuan Batuan Hazburgite dan Satuan Batuan Olivin Websterit.

### Satuan Hazburgit

Satuan batuan ini disusun seluruhnya oleh Hazburgite (Gambar 5). Hazburgite memiliki ciri fisik warna segar hitam kehijauan, warna lapuk coklat kehijauan, memiliki tekstur fanerik dan berstruktur masif. Pengamatan sayatan tipis ini dilakukan dalam perbesaran 40x (lensa okuler 10x dan lensa objektif 4x). Secara umum sayatan menunjukkan tekstur umum yaitu holokristalin, granularitas fanerik, bentuk mineral anhedral dan relasi inequigranular dan sebagian memperlihatkan tekstur khusus yaitu pseudomorfik dan struktur massif dengan komposisi mineral Lizardit kelimpahan dalam sayatan batuan sebanyak 30%, mineral Olivine kelimpahan dalam sayatan batuan sebanyak 44 %, mineral Ortopiroksen kelimpahan dalam sayatan batuan sebanyak 20% dan mineral Garnet kelimpahan dalam sayatan batuan sebanyak 6%.



**Gambar 5** Kenampakan bedrock dari satuan Hazburgit dari titik bor ULR-14



**Gambar 6.** Kenampakan sayatan petrografi satuan Hazburgit.

### Satuan Olivin Websterit

Satuan batuan ini disusun seluruhnya oleh Olivin Websterit (Gambar 7). Olivin Websterit memiliki ciri fisik warna segar hitam kehijauan, warna lapuk coklat kehijauan, memiliki tekstur fanerik dan berstruktur masif. Pengamatan sayatan tipis ini dilakukan dalam perbesaran 40x (lensa okuler 10x dan lensa objektif 4x).

Secara umum sayatan menunjukkan tekstur umum yaitu holokristalin, granularitas fanerik, bentuk mineral subhedral-anhedral dan relasi inequigranular dan sebagian memperlihatkan tekstur khusus yaitu pseudomorfik dan struktur massif dengan komposisi mineral Lizardit kelimpahan dalam sayatan batuan sebanyak 48%, mineral Olivin kelimpahan dalam sayatan batuan sebanyak 20%, dan Spinel kelimpahan dalam sayatan batuan sebanyak 32 %.



**Gambar 7.** Kenampakan bedrock dari satuan Olivin websterit dari titik



**Gambar 8.** Kenampakan sayatan petrografi satuan Olivin Websterit.

### Struktur Daerah Penelitian

Tidak adanya batuan tersingkap di daerah penelitian membuat tidak mungkin menemukan data struktur geologi di permukaan. Oleh karena itu, struktur geologi yang digunakan menggunakan struktur geologi regional. Struktur utama di lembar Bungku berupa sesar dan lipatan. Sesar meliputi sesar turun, sesar geser, sesar naik dan sesar sungkup. Penyesaran diduga berlangsung sejak Mesozoikum. Sesar Matano merupakan sesar utama dengan arah baratlaut-tenggara. Sesar ini menunjukkan gerakan mengiri, diduga bersambung dengan Sesar Sorong. Keduanya merupakan satu sistem sesar lurus yang mungkin telah terbentuk sejak Oligosen. Kelanjutannya diperkirakan pada Sesar Palu-Koro yang juga menunjukkan gerakan mengiri (di luar Lembar Bungku; diperkirakan masih aktif). Sesar yang lain di daerah ini lebih kecil dan merupakan sesar tingkat kedua atau mungkin tingkat ketiga Simandjuntak dkk [13].

### Pembahasan Penelitian

#### Karakteristik Profil Nikel Laterit di Daerah Penelitian

Didaerah Siumbatu, batuan Peridotit yang telah mengalami proses pelapukan berwarna abu-abu putih kehijauan. Top soil yang dijumpai memiliki ketebalan yang bervariasi sekitar  $\pm 0-5$  meter menutupi lapisan dari nikel laterit di daerah Siumbatu. Ketebalan dari nikel laterit didaerah ini bervariasi yang dimana zona limonit memiliki ketebalan  $\pm 0-4$  meter dengan komposisi mineralnya yaitu hematit, magnetit dan kromit. Zona limonit terbagi atas 2 jenis yang dimana terdapat limonit yang pure dan limonit yang berwarna cerah atau yellow limonit tetapi yang terdapat dilapangan pada daerah penelitian yaitu limonit (yang pure yang berwarna merah gelap kehitaman (Gambar 9).

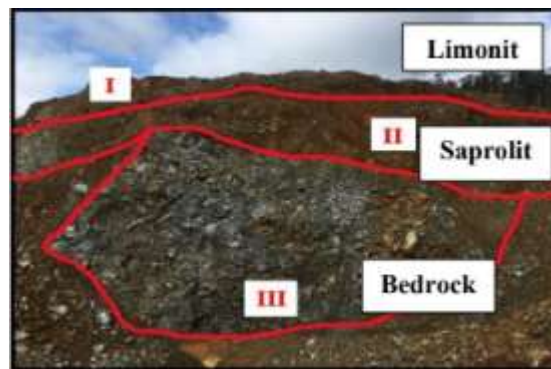
Zona saprolit yang dijumpai dilapangan yaitu memiliki ketebalan  $\pm 4-9$  meter dengan komposisi mineral berupa lizardit, antigorite, krisotil dan olivine. Zona saprolite terbagi atas 2 jenis yaitu hard sap dan soft sap tetapi yang terdapat dilapangan pada profil nikel laterit didaerah penelitian yaitu hard sap yang dimana pada zona ini bedrock bercampur bersama soil didalamnya (Gambar 9). dan zona paling bawah pada profil nikel laterit yaitu bedrock yang memiliki komposisi mineral berupa lizardit, olivine dan antigorit. Faktor morfologi sangat berpengaruh terhadap ketebalan dari zona laterisasi, dari hasil pengamatan dilapangan dapat disimpulkan bahwa profil nikel laterit di daerah penelitian yaitu tidak terartur (gambar 12). zona profil nikel laterit secara vertical didaerah Siumbatu, Kecamatan Bahodopi, Kabupaten Morowali, Provinsi Sulawesi Tengah (Gambar 9).



**Gambar 9.** Kenampakan Profil Nikel Laterit didaerah Siumbatu yang



**Gambar 10.** Skema ilustrasi nikel laterit didaerah penelitian



**Gambar 11.** Kenampakan Profil nikel laterit didaerah Siumbatu yang tak teratur

➤ Lapisan tanah penutup (Top soil)

Lapisan tanah penutup dibagi berdasarkan satuan geomorfologi yang ada, berupa daerah perbukitan. memperlihatkan adanya tanah penutup yang agak kurang atau relatif lebih tipis. Lapisan tanah penutup pada daerah penelitian memiliki karakteristik berwarna kecoklatan, tua-muda berbutir halus sampai sedang, memiliki kekerasan yang lunak sampai sedang, dan pada bagian atas mengandung lapisan humus organik serta fragmen material lepas.

➤ Zona Limonit

Zona Limonit berwarna coklat kekuningan – coklat kehitaman, berbutir halus sampai dengan kasar, kekerasan lunak sampai sedang, dijumpai adanya mineralisasi, dengan tingkat elastisitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan Zona lainnya. Pada Zona Limonit sering dijumpai adanya fragmen batuan asal dengan mineral utama berupa mineral magnetit, kromit, dan hematit. Gradasi ke arah Zona Saprolit dapat terlihat dari adanya perubahan warna menjadi coklat kekuningan – coklat putih kehijauan.

➤ Zona Saprolit

Zona Saprolit berwarna coklat kekuningan – coklat putih kehijauan, berbutir halus sampai dengan kasar, dengan kekerasan yang lunak sampai kasar, pada zona ini masih terlihat relik mineral batuan asal, atau fragmen peridotit. Semakin ke arah bawah terlihat adanya gradasi ukuran butir yang menjadi lebih kasar, dengan perselingan bongkah. Semakin ke arah bawah rekahan yang dijumpai semakin intensif. Komposisi mineral berupa lisardit, olivine dan antigorite.

➤ Bedrock (batuan dasar)

Bedrock merupakan bagian paling bawah pada zona laterit dimana bedrock ini merupakan batuan asal dari endapan nikel laterit berupa batuan peridotit yang bersifat massive, Bedrock yang dijumpai di daerah Siumbatu berwarna abu-abu kehitaman dan abu-abu kehijauan,

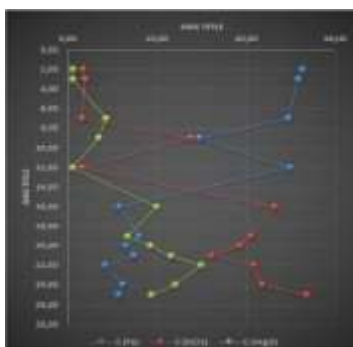
dimana pada batuan tersebut banyak dijumpai rekahan yang biasanya telah terisi oleh mineral kuarsa dengan penyebaran yang tidak merata. Komposisi mineral berupa lisardit, antigorit, dan olivin.

Pada daerah penelitian terdapat 2 jenis profil nikel laterit yang terbagi berdasarkan morfologi yang ada yang dimana pada morfologi curam – agak curam terdapat jenis profil yang tidak beraturan dengan jenis batuan yaitu Hazburgit sedangkan pada morfologi miring – landai terdapat profil yang beraturan terdapat jenis batuan yaitu Olivine Websterit.

Berdasarkan analisis XRF pada sampel limonit dan saprolite pada daerah penelitian mendapatkan hasil Zona Limonit yaitu sekitar dengan kandungan Ni sekitar 0,72– 1,72%, Fe sekitar 52,64-15,88%, dan SiO<sub>2</sub> sekitar 3,3141,03%. Zona saprolite dengan kandungan Ni sekitar 0,81-0,98%, Fe sekitar 112,87-11,31%, SiO<sub>2</sub> sekitar 38,33- 53,37%. lapisan yang paling banyak mengandung nikel laterit dijumpai pada Zona Saprolit.

**Tabel 1.** Hasil XRF beberapa sampel yang di ambil di lokasi penelitian.

METER		IDENT	C (Ni)	C (Fe)	C (SiO <sub>2</sub> )	C (MgO)
FROM	TO	UNIT	%	%	%	%
1,00	2,00	LIM-LB2551	0,72	52,64	3,31	1,00
2,00	3,00	LIM-LB2551	0,79	51,55	3,88	1,00
6,00	7,00	LIM-LB2526	0,47	49,30	3,18	8,30
8,00	9,00	LIM-LAR 08	1,27	29,46	27,55	7,00
11,00	11,20	LIM-LAR 08	0,48	49,82	3,23	1,00
15,00	16,00	SAP-LAR 08	0,35	11,47	46,27	19,80
18,00	19,00	LIM-S2530	1,72	35,88	41,08	13,30
19,00	20,00	SAP-LB2515	0,81	22,87	38,33	18,50
20,00	21,00	SAP-LB2520	1,11	34,87	32,19	23,20
21,00	22,00	SAP-LAR 08	0,33	8,51	41,62	29,80
23,00	24,00	SAP-LB2526	0,65	22,25	43,44	24,00
24,00	25,00	SAP-2551E	0,98	11,31	53,37	18,70



**Gambar 12.** Grafik distribusi vertical penyebaran unsur Fe, SiO<sub>2</sub> dan MgO pada hasil pembaroran.

## KESIMPULAN

Daerah penelitian merupakan bagian dari jalur Ofiolit Sulawesi dengan kondisi geologi yang kompleks dan tektonik yang aktif. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik profil nikel laterit yang berada di daerah Siumbatu, Kecamatan Bahodopi, Kabupaten Morowali, Provinsi Sulawesi Tengah. Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini mencakup penelitian secara langsung di lapangan dan analisis di laboratorium. Pada daerah penelitian terdapat 2 jenis profil nikel laterit yang dimana pada morfologi sedang-kuat terdapat profil nikel laterit yang tak beraturan dengan jenis bedrock secara petrografi yaitu Hazburgit dan pada morfologi lemah sedang terdapat profil nikel laterit yang beraturan dengan jenis bedrock secara petrografi yaitu Olivine Websterit. Kedalaman Zona Limonit yaitu sekitar 0 - 4 meter dengan kandungan Ni sekitar 0,72– 1,72%, Fe sekitar 52,64-15,88%, dan SiO<sub>2</sub> sekitar 3,3141,03%. Kedalaman saprolit sekitar 4 – 9 meter dengan kandungan Ni sekitar 0,81-0,98%, Fe sekitar 112,87- 11,31%, SiO<sub>2</sub> sekitar 38,33-53,37%. lapisan yang paling banyak mengandung nikel laterit dijumpai pada Zona Saprolit.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Institut Teknologi Nasional Yogyakarta sebagai institusi penulis berasal, kepada Dr. Ir. Amara Nugrahini, M.T dan Hening Dyah Kusuma W.,S.T.,M.Eng selaku dosen pembimbing skripsi yang telah membimbing, memberikan ilmu, masukan dan motivasi yang bermanfaat bagi penulis

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ahmad, W. (2002). Nickel Laterites-A Short Course : Chemistry, Mineralogy

*Karakteristik Profil Nikel Laterit Pada PT. Oti Eya Abadi (OEA) di Blok X, Daerah Siumbatu, Kecamatan Bahodopi, Kabupaten Morowali, Provinsi Sulawesi Tengah (Fitri Hnadayani)*



ISSN: 1907-5995

- [2] Ahmad, W. 2006. Laterite : Mine Geology at PT. International Nickel Indonesia. Sorowako, South Sulawesi: PT. International Nickel Indonesia.
- [3] Ahmad, Waheed. (2008). Laterite : Fundamental of Chemistry, Mineralogy, Weathering Processes, formation and exploration. PT. International Nickel Indonesia : Sorowako, South Sulawesi. And Formation of Nickel Laterites. PT. Inco
- [4] Boldt, J. R., 1979. The Winning of Nickel its Geology, Mining and Extractive Metallurgy. Toronto.
- [5] Brand, N.W., Butt, C.R.M. dan Hellsten, K.J. (1998). Structural and lithological controls on the formation of the Cawse nickel laterite deposits, Western Australia—implications for supergene ore formation and exploration in deeply weathered terranes. Melbourne: Australasian Institute of Mining and Metallurgy Publication Series 6/96, p. 185–190. Brand, N. W., Butt, C. R. dan Elias, M. (1998). Nickel laterites: Classification and Features. AGSO Journal of Australian Geology and Geophysics. (17), 81-88.
- [6] Burger, P. A. (1996). Origins and Characteristics of Lateritic Deposits In: Proceeding Nickel. The Australian Institute of Mining and Metallurgy. 96:179-183.
- [7] Elias, M, (2002). Nickel Laterite Deposits- Geological Overview, Resources and Exploration. Special Publication 4 Nickel Elias Assotiation. CSA Australia Pty Ltd, 24p.
- [8] Golightly, J, P., 1979. Nickeliferous Laterite Deposits, Economic Geology 75th Anniversary Volume, 710-735.
- [9] Hall, R., Wilson, M., 2000. Neogene Sutures in Eastern Indonesia. Journal of Asian Earth Sciences 18.
- [10] Sompotan F. Armstrong., (2012). Struktur Geologi Sulawesi, Institut Teknologi Bandung : Bandung.
- [11] Sukanto, R. dan Simandjuntak, T.O., 1983. Tectonic Relationship Between Geologic Provinces Of Western Sulawesi, Eastern Sulawesi And Banggai-Sula In The Light Of Sedimentological Aspects. Indonesian Geological Research Development Centre, Bulletin.
- [12] Surono dan Hartono, U., (2013). Geologi Sulawesi, Pusat Survei Geologi, Bandung, 352 hal.
- [13] T.O SIMANDJUNTAK, E. RUSMANA, J.B. SUPANDJONO, A. KOSWARA (1993). Peta Geologi