



## ANALISIS KARAKTERISTIK PROFIL ENDAPAN NIKEL LATERIT BERDASARKAN DATA GEOKIMIA PADA LAPANGAN AMG-1 PT. ST NICKEL RESOURCES KECAMATAN AMONGGEDO, KABUPATEN KONAWE, PROVINSI SULAWESI TENGGARA

Lintang Dially Kusuma Wardhani<sup>[1]</sup>, dan Sapto Heru Yuwanto<sup>[1]</sup>

<sup>[1]</sup>Institut Teknologi ADhi Tama Surabaya  
Jl. Arief Rahman Hakim no. 100, Surabaya

e-mail: saptoheru@itats.ac.id

### **ABSTRAK**

Secara garis besar menurut Ahmad (2004), endapan nikel laterit terbagi menjadi empat lapisan yaitu iron cap (lapisan tanah penutup), saprolite, limonit, dan bedrock atau batuan dasar. Dari beberapa lapisan tersebut memiliki kadar Ni dan Fe yang berbeda-beda. Sehingga dari teori tersebut yang mendorong penulis untuk melakukan penelitian untuk mengetahui karakteristik ore di lapangan penelitian. Geokimia adalah sains yang menggunakan prinsip dan teknologi bidang kimia untuk menganalisis dan menjelaskan mekanisme di balik system geologi seperti kerak bumi dan lautan yang berada di atasnya. Geokimia penelitian yang dilakukan menggunakan metode laser XRF dimana metode tersebut ditembakkan di sampel sehingga menghasilkan kadar-kadar unsur yang diperlukan. Geologi di daerah penelitian batuan tersusun dari batuan beku yaitu dunit dan peridotit, dimana strukturnya sudah tidak terlihat dikarenakan erosi dan proses eksploitasi yang tengah di kerjakan. Mineral yang ditemukan di daerah penelitian di setiap lapisan berupa mineral hematit, goethit, olivine, serpentine, piroksenit dan silika. Karakteristik ore endapan nikel laterit di daerah penelitian adalah berwarna merah kecokelatan pada zona saprolit, mengandung unsur Ni sebesar 1,2% dan Fe 15%, dengan zona limonit yang paling tebal dan memiliki kadar Ni tertinggi yaitu Ni 1,2% dan Fe 14,2%. Sedangkan lapisan paling bawah (*bedrock*) terdiri dari batuan beku ultramafic. Hampir di seluruh pit Amg-1 ditemukan mineral garnierite di vein lapisan. Menghasilkan ore yang sangat baik kualitasnya untuk dikelola secara ekonomis

*Kata kunci:* Nikel laterit, geokimia, ore, geologi Sulawesi, XRF

### **PENDAHULUAN**

Berdasarkan struktur litotektonik, Sulawesi dan pulau-pulau sekitarnya dibagi menjadi empat, yaitu; Mandala barat (West & North Sulawesi Volcano-Plutonic Arc) sebagai jalur magmatik yang merupakan bagian ujung timur Paparan Sunda. Mandala tengah (Central Sulawesi Metamorphic Belt) berupa batuan malihan yang ditumpangi batuan banteh sebagai bagian dari blok Australia. Mandala timur (East Sulawesi Ophiolite Belt) berupa ofiolit yang merupakan segmen dari kerak samudera berimbrikasi dan batuan sedimen berumur Trias-Miosen dan yang keempat adalah Fragmen Benua Banggai-Sula-Tukang Besi, kepulauan paling timur dan tenggara Sulawesi yang merupakan pecahan benua yang berpindah ke arah barat karena strike-slip faults dari New Guinea.

Nikel adalah mineral yang berasal dari pelapukan batuan beku ultrabasa yang berada di permukaan bumi. Menurut Santos-Ynigo and Esguerra (1961) endapan nikel laterit dengan jumlah yang banyak ditemukan pada endapan hasil erosi batuan beku peridotite, dunit, dan serpentinite sedangkan untuk endapan nikel laterit yang sedikit ditemukan pada endapan hasil erosi dari batuan piroxenite dan konglomerat. Untuk istilah laterit sendiri berasal dari

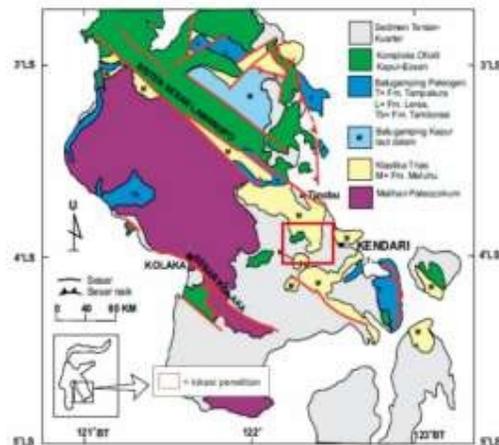
bahasa latin yaitu “later” yang berarti batubata merah yang dikemukakan oleh Buchanan Hamilton (1807).

Geokimia adalah sains yang menggunakan prinsip dan teknologi bidang kimia untuk menganalisis dan menjelaskan mekanisme di balik system geologi seperti kerak bumi dan lautan yang berada di atasnya. Oleh sebab itu, mengetahui unsur geokimia untuk pengolahan endapan nikel laterit sangat dibutuhkan agar mengetahui kadar unsur Ni yang berpotensi ekonomis sehingga bisa dimanfaatkan. Secara garis besar menurut Ahmad (2004), endapan nikel laterit terbagi menjadi empat lapisan yaitu, iron cap (lapisan tanah penutup), saprolite, limonit, dan bedrock atau batuan dasar. Dari beberapa lapisan tersebut memiliki kadar Ni dan Fe yang berbeda-beda. Sehingga dari teori tersebut yang mendorong penulis untuk melakukan penelitian untuk mengetahui karakteristik ore di lapangan penelitian.

### **Geologi Regional**

Kompleks ofiolit dipisahkan dengan Kepingan Benua Sulawesi Tenggara di Pegunungan Tangkelamboke oleh Sistem Sesar Lawanopo (Gambar 1). Di sekitar Pulau Labengke kompleks ini dengan Formasi Tampakura dipisahkan oleh Sesar Naik Labengke yang mempunyai kemiringan kecil ke arah timur

(Silver dkk., 1983a,b). Dibeberapa tempat, kompleks ofiolit ini tersesar - naikan ke atas batuan malihan dan/atau lapisan sedimen tepi benua. Hal ini menunjukkan bahwa sebelum dikoyak Sesar Lawanopo, kompleks ini telah tersesar-naikan ke atas kepingan benua.



Gambar 1. Peta Geologi Lengana Tenggara Sulawesi (disederhanakan dan dimodifikasi dari Rusmana dkk., 1993; Simandjuntak dkk., 1933a, b, c)

### **Faktor yang mempengaruhi endapan nikel laterit**

Menurut Gleeson. dkk (2003), faktor pengontrol pembentukan nikel laterit adalah sebagai berikut:

#### 1. Komposisi Batuan Dasar

Batuan dasar untuk endapan nikel laterit adalah batuan ultrabasa yang mengandung banyak olivin jenis forsterit (Ni 0,2 – 0,4%). Sejumlah kecil endapan nikel laterit di Mesir terbentuk dari batuan asal batuan sedimen, yang memiliki komposisi penyusunnya batuan ultrabasa. Retas dolerit yang memotong batuan ultrabasa sangat lapuk dan berkomposisi smektit juga dapat mengonsentrasikan Ni yang dibawa dari pelapukan batuan ultrabasa yang letaknya berdekatan dengan retas tersebut. Batuan ultrabasa yang menjadi batuan dasar untuk nikel laterit pada umumnya berasal dari peridotit, khususnya harzburgit, yang secara sebagian atau keseluruhan telah mengalami serpentinisasi. Jenis litologi batuan dasar hanya mempengaruhi sebagian dari endapan nikel laterit. Pada batuan dasar berupa dunit, endapan besi akan lebih dominan.

#### 2. Tatanan tektonik

Nikel laterit dapat terbentuk pada kompleks ofiolit Phanerozoikum, yang mengalami akresi dengan

endapan Kapur hingga Miosen. Komplek ini mengalami sesar dan kekar yang intensif, juga dipengaruhi oleh pengangkatan tektonik yang menghasilkan relief-relief positif dan menurunkan muka air tanah, yang kesemuanya itu mengangkat aliran air dan mengintensifkan pelapukan. Endapan nikel laterit juga ditemukan pada kraton berumur Arkean hingga Proterozoikum, namun memiliki kadar yang lebih rendah, berasosiasi dengan lapisan kompleks batuan basa dan komatit. Pada kedua tipe umur tersebut, nikel dengan kadar tinggi selalu berasosiasi dengan zona sesar tegak dan kekar. Sebaliknya, sesar anjakan mayor yang berasosiasi dengan pemindah-tempatan (emplacement) kompleks ofiolit serta pelamparan luas batuan ultrabasa yang stabil cenderung menghasilkan zona milonitik dari batuan serpentin – atau alterasi lempung karbonat. Kondisi ini memiliki permeabilitas yang lebih rendah dan menghasilkan pembatas hidromorfik, yang tidak mengonsentrasikan nikel pada lapisan regolithnya. Semakin banyak jumlah kekar (baik kecil maupun besar), sebaran kadar dan ketebalan endapan akan semakin besar, karena mineral garnierit yang memiliki unsur Ni tinggi akan banyak terendapkan (Syafrizal, 2009).

### **METODE**

Untuk memperoleh data yang dibutuhkan, diperlukan beberapa tahapan yaitu tahapan pustaka, tahapan pengambilan data, dan yang terakhir tahapan analisis data dan hasil akhir. Berikut penjabaran metode penelitian yang dilakukan.

#### 1. Tahap Pustaka

Tahap Pustaka terbagi menjadi dua kegiatan yaitu Studi literatur dan perumusan masalah. Studi literatur yang dilakukan yaitu dengan membaca buku dan jurnal – jurnal yang berkaitan dengan permasalahan yang dibahas. Data yang dikumpulkan yaitu data-data yang bersumber dari data sekunder.

#### 2. Pengambilan Data Lapangan

Tahap pengambilan data lapangan adalah tahap untuk mengumpulkan data-data guna tahap selanjutnya atau tahap analisis, data yang diambil pada tahap ini terbagi menjadi dua data yaitu;

##### a. Data Primer

Data primer yang dibutuhkan berupa data bor yang berupa data assay atau data hasil analisis nikel, data collar yang merupakan titik koordinat titik bor, data geologi yang berupa data litologi dan geologi.

##### b. Data Sekunder

Data sekunder untuk mendukung data primer yang dibutuhkan adalah peta RBI, dan peta geologi regional.

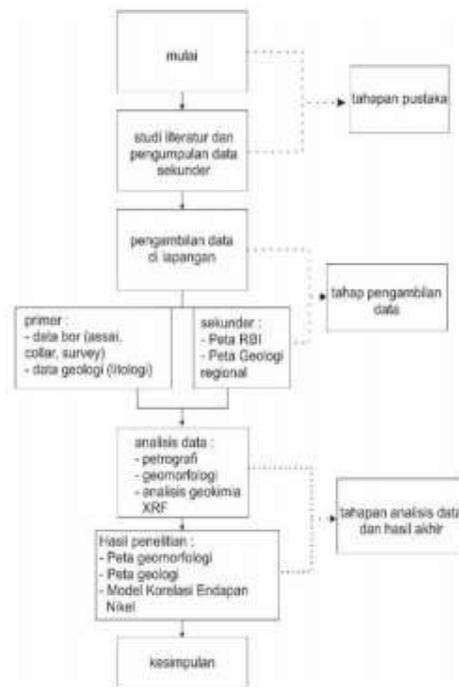
### 3. Analisis Data dan Hasil

Tahap analisis data merupakan tahap analisis data yang diperoleh dari tahap sebelumnya, dalam tahap ini pengolahan data menggunakan aplikasi berupa ArcGIS. Dari tahap ini data yang perlu di analisis berupa :

- Litologi yang akan menghasilkan peta geologi dan geomorfologi
- Data bor yang akan menghasilkan tabel persentase kadar nikel.
- Analisis geokimia yang akan menghasilkan kadar unsur-unsur yang terdapat pada sampel dan menjadi acuan untuk membuat model korelasi profil

### 4. Kesimpulan

Tahap kesimpulan merupakan tahap terakhir dalam diagram alur, dimana pada tahap ini dilakukan pembuatan laporan hasil akhir dari penelitian, kritik dan saran.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

## HASIL DAN DISKUSI

Pengambilan data bor pada daerah penelitian terbagi menjadi 17 titik bor. Mineral penyusun endapan yang ditemukan di lapangan terdiri dari beberapa mineral yaitu mineral serpentin, olivine, klinopiroksen, hornblende, orthopiroksen.

- Olivine

- Berwarna biru, memiliki relief sedang, system kristal ortorombik biasrangkap 0.0330-0,0390, ukuran (0,02-0,05),  $n > n_{KB}$  (A4-C4 dan C2), hadir merata di sayatan. Keterdapatannya 70-80% pada terdapat di batuan peridotit.

- Klinopiroksen

- Berwarna netral-kehijauan, relief tinggi, bentuk minerak subhedral, system kristal monoklin, ukuran 0,02-0,05mm finokris,  $n > n_{KB}$ , pemadaman parallel, memiliki orientasi moderate-high (D6 dan A6) . Kehadirannya sekitar 5-15% di sayatan.

- Hornblende

- Warna coklat kekuningan (F8), relief sedang-tinggi, euhedral prismatik, ukuran 0,05mm,  $n > n_{KB}$ , BF 0.0019, pemadaman parallel, orientasi length-slow, presentase kehadiran di sayatan 5% .

- Orthopiroksen

- Warna ungu ke kuningan, relief tinggi, subhedral, sistem kristal ortorombik, biasrangkap 0,011-0,015, ukuran 0,02-0,08mm finokris,  $n > n_{KB}$ , pemadaman parallel, orientasi moderate - high (G4 dan E6

### Kadar Unsur Kimia Daerah Penelitian

Endapan nikel yang ada di daerah penelitian adalah jenis nikel laterit, yang merupakan hasil pelapukan dari batuan ultrabasa (peridotit). Menurut *Vinogradov*, batuan ultrabasa pada awalnya mempunyai kandungan nikel rata-rata sebesar 0.2%. Batuan induk ini akan berubah menjadi serpentin akibat pengaruh larutan hidrotermal atau larutan residual pada waktu proses pembentukan magma (proses serpentinisasi). Faktor-faktor lain yang dominan membentuk endapan laterit yakni halnya proses pelapukan dan pelindihan (*leaching*).

Proses pelapukan dan laterit yang menghasilkan serpentin dan peridotit lapuk. Adanya proses kimia dan fisika dari udara, air, serta pergantian panas dan dingin yang *continoues*, mengakibatkan disintegrasi dan dekomposisi pada batuan induk. Batuan asal yang mengandung unsur-unsur Fe, Ca, Mg, Si, Cr, Mn, Ni, dan Co akan mengalami dekomposisi.

Pada daerah penelitian kadar unsur kimia didapatkan dari hasil analisa laboratorium dengan menggunakan analisis XRF (X-RAY Fluorescence) yang bertujuan untuk menganalisis unsur Ni dan Fe yang terkandung dalam tiap sampel batuan dasar. Dari hasil data analisa unsur kimia, zonasi laterit daerah penelitian dapat dibagi menjadi tiga zona yakni zona limonit, zona saprolit dan zona bedrock (batuan dasar) didasarkan pada kandungan unsur Ni. Pembagian tiap zonalateritnya akan dibahas pada pembahasan korelasi zona laterit daerah penelitian.

Tabel 1. Prosentase kadar Ni dan Fe pada setiap sampel

Kode sampel	Analisis XRF (%)	
	Ni	Fe
DH 120	1,2	10,9
DH 121	0,8	10
DH 122	1,1	12,5
DH 123	1,08	12,9
DH 124	1,09	12,9
DH 125	1	14,6
DH 126	1,5	16,4
DH 127	1,3	12,2
DH 128	0,8	10,9
DH 129	0,9	15,1
DH 130	1,3	12,6
DH 131	1,5	11,9
DH 132	0,69	10,8
DH 133	0,96	20
DH 134	1,1	15,2
DH 135	1,3	13,03
DH 136	0,9	12,18



Gambar 3. Grafik kadar Ni dan Fe (XRF) untuk mengetahui kadar ni dan fe tertinggi

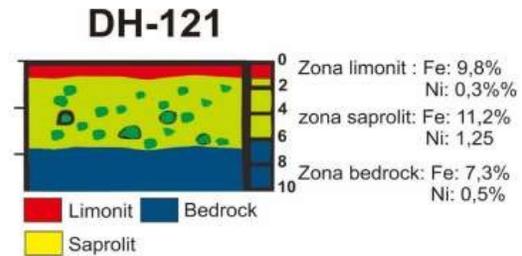
**Korelasi Zonasi Endapan Laterit**

Endapan nikel laerit di daerah penelitian merupakan endapan laterit yang terbentuk dari hasil proses pelapukan (weathering) yang berasal dari batuan beku peridotite. Data penelitian yang disajikan merupakan hasil dari 13 titik bor di daerah penelitian. Hasil korelasi daerah penelitian mengacu pada data geokimia kadar unsur pada sampel inti bor pada setiap meternya. Berikut hasil analisis kimia dari inti bor :

1. Titik Bor DH-121

Pada titik bor DH-121 di kedalaman 1-1,5 merupakan zona limonit dengan kadar Ni sebesar 0,3% dan kadar Fe sebesar 10. Lalu zona saprolit pada kedalaman 1,5-8,4m dengan kadar ni 1% dan fe

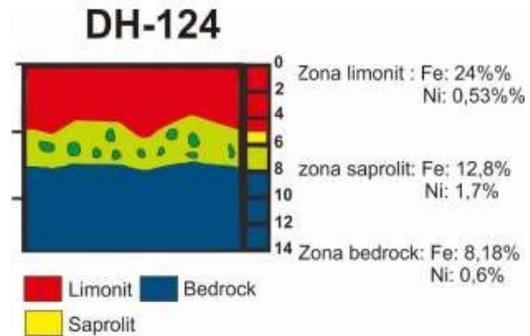
10,7%, lapisan selanjutnya 8,4-9m dengan kadar ni 0,4% dan fe 5,1%



Gambar 3. Penampang lapisan titik bor DH 121

2. Titik Bor DH-124

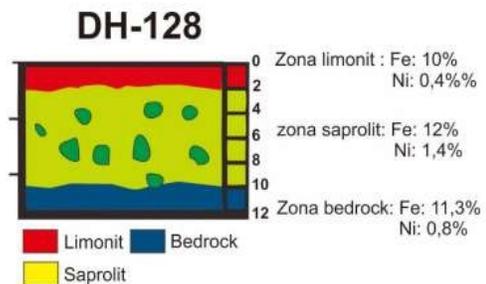
Pada titik bor DH-124 di kedalaman 0-5m memiliki kadar ni 0,69% dan fe 19,3%, lalu pada kedalaman 5-11,4m memiliki kadar ni 0,85% dan fe 25,6%, lapisan paling bawah dari DH-124 dengan ketebalan 11,4-13m kadar ni 0,85 sebesar dan fe 8,27%.



Gambar 4. Penampang lapisan titik bor DH 124

3. Titik bor DH128

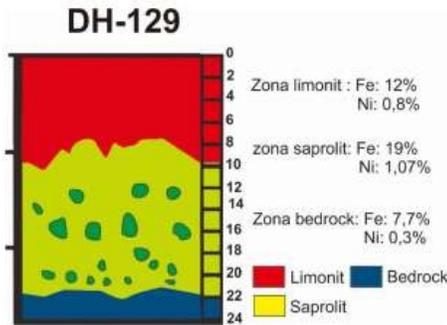
Titik bor DH128 memiliki lapisan limonit dengan ketebalan 0-1m dengan kadar Ni 1,27% dan Fe 18,2%, lapisan selanjutnya 2-10m dengan kadar ni 0,8% dan Fe 10%, lapisan paling bawah dengan ketebalan 10-12m dengan kadar ni 0,2% dan fe 7,3%.



Gambar 5. Penampang lapisan titik bor DH 128

4. Titik bor DH129

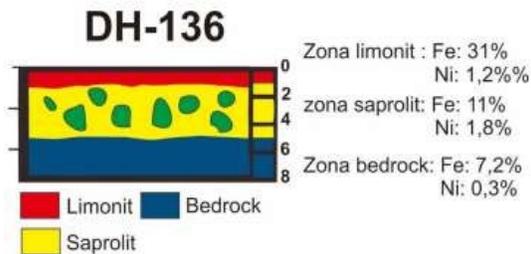
Titik bor DH-129 memiliki lapisan paling atas ang dimulai dari 0-9,4m dengan kadar Ni dan Fe, lapisan selanjutnya 9,4-22m dengan kadar Ni dan Fe, dan laipsan bedrock dengan ketebalan 22-23m dengan kadar ni 0,3% dan fe 7,7%.



Gambar 6. Penampang lapisan titik bor DH 129

5. Titik bor DH 136

Titik bor DH-136 lapisan pertama 0-1m dengan kadar ni 1,2% dan Fe 31%, lapisan selanjutnya dengan ketebalan 1-5m dengan kadan Ni 1,8% dan Fe 11%, lapisan berikutnya lapisan bedrock dengan ketebalan 5-7m dengan kadar ni 0,3% dan fe 7,2%.

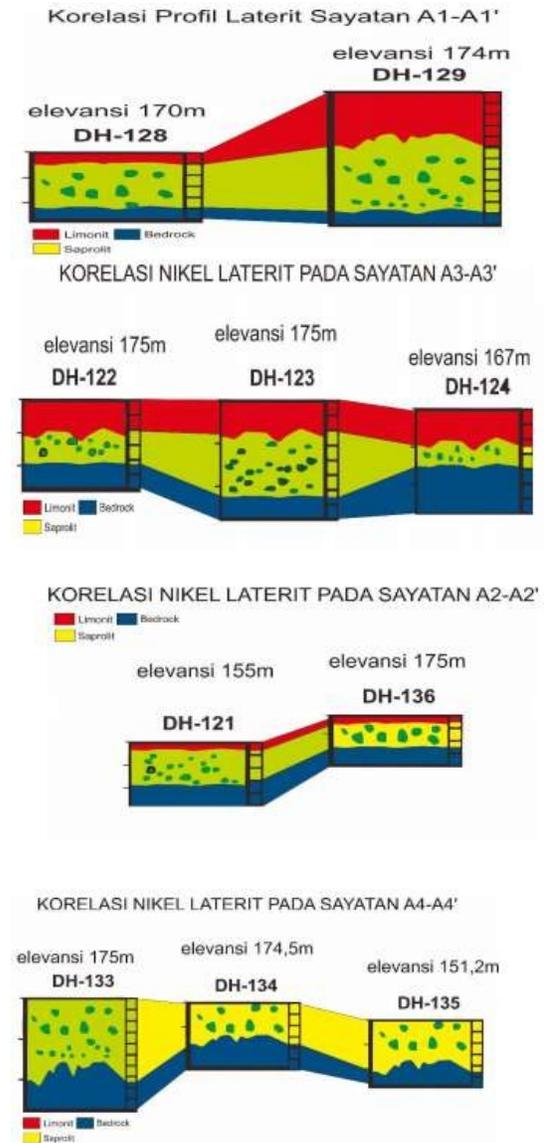


Gambar 7. Penampang lapisan titik bor DH 136

**Korelasi profil antar titik bor**

Daerah penelitian terdiri dari tiga lapisan yaitu lapisan limonit saprolite, dan bedrock. Dimana elevasi setiap lapisan beragam, dikarenakan dipengaruhi oleh morfologi yang merupakan satuan morfologi denudasional tererosi parah, dari model korelasi diketahui bahwa lapisan bedrock sangat tipis dan terletak di paling bawah endapan profil. Lapisan dengan kadar ni tertinggi yaitu lapisan saprolite diketahui merupakan lapisan yang paling tebal dan mendominasi daerah penelitian, beberapa titik tidak ditemukan lapisan saprolite dikarenakan proses

eksploitasi yang sedang berlangsung dan pengikisan yang berasal dari endogen.



Gambar 8. Korelasi antar penampang lapisan pada beberapa titik bor

**SIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan zonasi endapan nikel laterit pada daerah penelitian didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Karakteristik ore endapan nikel laterit di daerah penelitian adalah berwarna merah kecokelatan pada zona saprolit, mengandung unsur Ni sebesar 1,% dan Fe 15%, dengan zona limonit yang paling tebal dan memiliki kadar Ni tertinggi

yaitu Ni 1,2% dan Fe 14,2%. Sedangkan lapisan paling bawah (*bedrock*) terdiri dari batuan beku ultramafic. Hampir di seluruh pit AMG-1 ditemukan mineral garnierite di vein lapisan. Jenis mineral yang di jumpai pada tiap lapisan laterit, yaitu mineral Hematit, Goethit, Olivin, Piroksen, Serpentin dan Silika.

2. Korelasi zonasi laterit dari data bor pada area blok Amg-1 dapat dibagi menjadi tiga zonasi laterit yakni zona limonit dengan kadar presentase Ni 0,6%-1,8% dan Fe 9,2% - 28,9%, zona saprolit dengan kadar presentase Ni 0,6% - 1,8% dan Fe 7,4% - 28,9%, dan zona bedrock dengan kadar presentase Ni 0,2% - 1,1%, Fe 6,8% - 11,3%. hasil dari model korelasi ditemukan di beberapa titik bor yang tidak memiliki lapisan saprolit/iron cap. Disebabkan karena erosi dan pelapukan yang tinggi

### UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam pembuatan paper ini banyak pihak yang membantu penulis sehingga dapat menyelesaikan paper ini, untuk itu Penulis mengucapkan terimakasih kepada: Bapak Sapto Heru Yuwanto, S.Si., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah membimbing saya selama pengerjaan skripsi ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, W., 2006, LATERITES: Fundamentals of Chemistry, Mineralogy, Weathering Processes and Laterite Formation, Property of PT.INCO for Laterite Ore Manual, Unpublished.
- Coleman, R.G., 1977. Ophiolite. SpringerVerlag, Berlin, 229 h.
- Hamilton, W., 1979. Tectonics of the Indonesian region. U.S. Geological Survey Professional Paper, 1078, 345 h.
- Hekinian, R. (1982), Petrology of the Ocean Floor. Elsevier Scientific Publishing Company Inc.
- Gleeson, A.S., Butt, M.R.C., Elias, M. (2003), Nickel Laterites: A Riview, SEG (Society of Economic Geologist) Newsletter, No. 54.
- Golightly, J.P. (2002), Nickeliferous Laterites: A General Description. PT. INCO Indonesia.
- Kadariusman, A., (2009), Ultramafic Rocks Occurrences In Eastern Indonesia and Their Geological Setting, Proceedings PIT IAGI

SEMARANG 2009, The 38th IAGI Annual Convention and Exhibition, Semarang.

- Kundig, E., 1956. Geology and ophiolite problems of east-Celebes. Nederlandse Geologisch Mijnbouwkundig Genootschap Verhandelingen Series, 16, h.210-235.
- Santos-Ynigo-Esquerro (1961). Geology and Geochemistry of the Nickeliferous Laterites of Nonoc and Adjacent Islands, Surigao Province, Philippines
- Silver, E.A., McCaffrey, R., Joyodiwiryo, Y., dan Stevens, S., 1983b. Ophiolite emplacement by collision between the Sula Platform and the Sulawesi
- Island Arc, Indonesia. Journal of Geophysics Research, 88B, h.9419-9435.
- Simandjuntak, T.O., Rusmana, E., Supandjono, J.B., dan Koswara, A., 1993a. Peta Geologi Lembar Bungku, Sulawesi, skala 1 : 250.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Simandjuntak, T.O., Rusmana, E., Surono, dan Supandjono, J.B., 1993b. Peta Geologi Lembar Malili, Sulawesi, skala 1 : 250.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Simandjuntak, T.O., Surono, dan Sukido, 1993c. Peta Geologi Lembar Kolaka, Sulawesi, skala 1: 250.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Syafrizal, Heriawan, M. Nur., Notosiswoyo, Sudarto., Anggayana, Komang., Samosir, Jogi S. (2009), Hubungan Kemiringan Lereng dan Morfologi Dalam Distribusi Ketebalan Horizon Laterit Pada Endapan Nikel Laterit: Studi Kasus Endapan Nikel Laterit di Pulau Gee dan Pulau Pakal, Halmahera Timur, Maluku Utara, JTM, Vol XVI, No. 3/2009
- Streckeisen, A., 1976. To each plutonic rock its proper name. Earth Science Review, 12, h.1-33.
- Rusmana, E., Koswara, A., dan Simandjuntak, T.O., 1993a. Peta Geologi Lembar Luwuk, Sulawesi, skala 1 : 250.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.

Rusmana, E., Sukido, Sukarna, D., Haryono, E., dan Simandjuntak, T.O., 1993b. Peta Geologi Lembar Lasusua-Kendari, Sulawesi, skala 1 : 250.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.

Van Bemmelen, R.W., 1949. Geology of Indonesia. Government Printing Office, The Hague, 729 h

Wakabayashi, John., Dilek, Yildirim (2009), What Constitutes "Emplacement of an Ophiolite?" : Mechanisms and Relationship to Subduction Initiation and Formation of Metamorphic Soles, Geological Society, London, Special Publications. Vol 2018.