

Pengaruh Batuan Dasar dan Geomorfologi Terhadap Laterisasi dan Penyebaran Kadar Ni dan Fe Pada Endapan Nikel laterit PT. Tambang Bumi Sulawesi, Desa Pongkalaero, Kabupaten Bombana, Sulawesi Tenggara

Hasria¹, Erwin Anshari², Tri Binajaya Rezky¹

¹Jurusan Teknik Geologi, Universitas Halu Oleo, Kendari

²Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Halu Oleo, Kendari

email : ¹hasriageologi@uho.ac.id, ²erwin_anshari@gmail.com; tribinajayarezki@gmail.com

Abstrak: Penelitian ini terletak di wilayah PT. Tambang Bumi Sulawesi, Desa Pongkalaero Kecamatan Kabaena Selatan Kabupaten Bombana Provinsi Sulawesi Tenggara. Tujuan dari Penelitian ini yaitu untuk mengidentifikasi hubungan batuan dasar terhadap sebaran kadar nikel, hubungan morfologi terhadap laterisasi dan kondisi sebaran kadar Ni dan Fe pada profil endapan nikel laterit. Metode yang dilakukan pada penelitian ini yaitu dengan melakukan survey lapangan secara langsung mencakup pengambilan data litologi dan geomorfologi serta data hasil pengeboran PT. Tambang Bumi Sulawesi berupa kadar Ni, Fe dan kedalaman pengeboran pada daerah penelitian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa batuan dasar pada daerah penelitian terdiri atas batuan peridotit yakni lherzolit dan batuan piroksinit yaitu olivin websterit dan olivin klinopiroksinit dengan sebaran kadar Ni paling banyak terdapat pada daerah yang memiliki batuan dasar jenis peridotit. Analisis kelerengan daerah penelitian terbagi atas lereng datar, lereng landai, lereng miring dan lereng curam, dimana pada daerah yang datar dan landai memiliki ketebalan laterit yang tebal sedangkan pada daerah yang curam ketebalan lateritnya tipis. Kadar Ni terdapat paling banyak pada zona saprolit sedangkan kadar Fe paling banyak terdapat pada zona limonit hal ini dikarenakan unsur Ni yang bersifat mobile dan unsur Fe yang bersifat immobile.

Kata Kunci : Batuan Dasar, Geomorfologi, Nikel Laterit, Unsur Ni, Unsur Fe,

Abstract: This research lies at PT. Tambang Bumi Sulawesi region, Pongkalaero Village, South Kabaena District, Bombana Regency, Southeast Sulawesi Province. This research purposed to identifying relationship between basement and nickel grade distribution, connected morphology to laterization and grade distribution condition of Ni and Fe to the profile. The method did in this research is the direct field survey including litology and geomorphology data as well as drilling result data of PT. Tambang Bumi Sulawesi as Ni, Fe and depth drilling in the research area. The results of the study indicate that basement on research area consists of peridotite which was lherzolite and piroksenite which were olivine, websterite, and olivine clinopiroksenite with Ni grade distribution exceeds on area contained peridotite on those basement. Slope analysis on the research area consist of flat, slightly tilted, tilted, and steep wherein on flat slope and slightly tilted has thick laterite layering whereas on steep slope has thin laterite layering. Grade Ni occurrence exceed to saprolite zone whereas Fe occurrence exceed to limonite zone caused by Ni tend to mobile element and Fe tend to immobile element.

Keywords : Basement, Geomorphology, Nickel Laterite, Grade Ni, Grade Fe,

1. PENDAHULUAN

Kompleks Ofiolit Sulawesi, Indonesia, merupakan kompleks ofiolit ketiga terluas di dunia setelah Kompleks Ofiolit Oman dan Kompleks Ofiolit Papua Nugini (Simandjuntak, 1992). Kompleks Ofiolit Sulawesi dikenal sebagai East Sulawesi Ophiolite Belt (ESOB) atau lajur Ofiolit Sulawesi Timur. Endapan nikel terbentuk melalui proses pelapukan yang sangat intensif di daerah tropis pada batuan yang mengandung nikel seperti peridotit dan serpentinit yaitu sebanyak 0,25 % Ni. (Maulana, 2014).

Batuan induk dan topografi merupakan faktor yang sangat mempengaruhi pembentukan deposit nikel laterit (Ahmad, 2008). Batuan induk merupakan tempat terbentuknya endapan nikel laterit dan umumnya terdapat pada batuan ultrabasa yang diantaranya adalah peridotit. Topografi setempat sangat mempengaruhi sirkulasi air beserta reagen-reagen lain. Pada daerah yang landai, maka air akan bergerak perlahan-lahan sehingga akan mempunyai kesempatan untuk mengadakan penetrasi lebih dalam. Akumulasi endapan umumnya terdapat pada daerah-daerah yang landai sampai kemiringan sedang, hal ini menerangkan bahwa ketebalan pelapukan mengikuti bentuk topografi. Pada daerah yang curam, secara teoritis, jumlah air yang meluncur (*run off*) lebih banyak daripada air yang meresap, sehingga dapat menyebabkan pelapukan kurang intensif (Ahmad, 2008). Geomorfologi merupakan studi yang menggambarkan bentuk bentang alam dan proses pembentukannya, menyelidiki keterkaitan antara bentuk dan proses serta pengontrolnya (Van Zuidam, 1985). Pembagian satuan geomorfologi ditentukan berdasarkan analisis lapangan dan analisis peta topografi dengan melihat pola-pola kontur kemudian melakukan sayatan morfometri pada peta topografi.

Desa Pongkalaero, Kecamatan Kabaena Selatan, Kabupaten Bombana, Provinsi Sulawesi Tenggara (Gambar 1) merupakan suatu wilayah pertambangan

nikel yang dikelola oleh PT. Tambang Bumi Sulawesi. Berdasarkan hal tersebut sangat penting dilakukan penelitian tentang analisis kontrol batuan dasar dan geomorfologi terhadap laterisasi dan pola penyebarankadar Ni dan Fe pada profil endapan nikel laterit di daerah tersebut.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian dibagi dalam 4 (empat) tahap yakni : (i) studi pustaka (*desk study*), (ii) pekerjaan lapangan (*fieldwork*) dan (iii) analisis laboratorium (iv) pengolahan data.

Studi Pustaka (*Desk Study*)

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data sekunder yang terdiri dari data pengeboran (*logging*) dan data XRF (X-Ray Fluorescence) dan pengkajian literatur hasil penelitian terdahulu yang berhubungan dengan kondisi geologi daerah penelitian.

Pekerjaan Lapangan (*Fieldwork*)

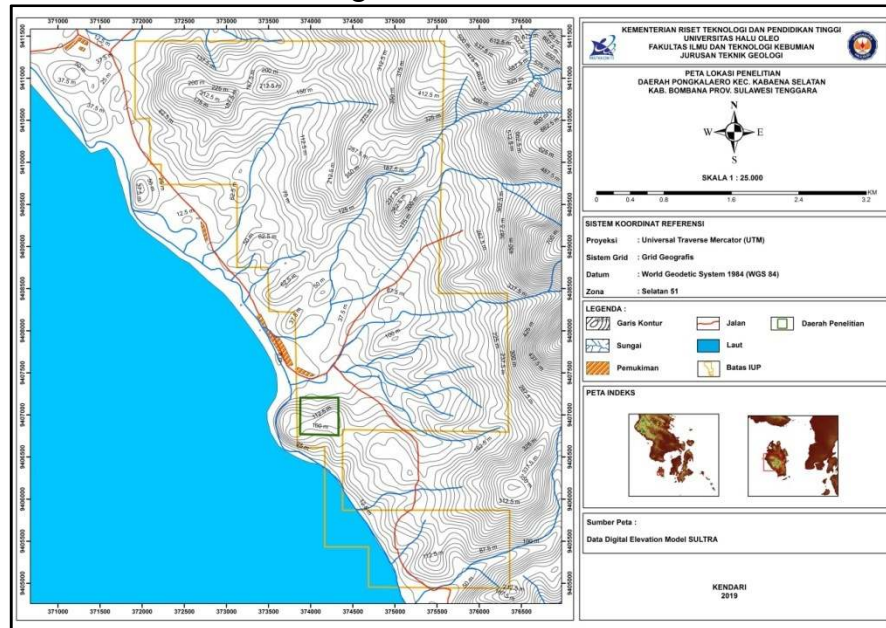
Pekerjaan lapangan meliputi pengamatan geologi permukaan dan pengambilan sampel yang representatif berupa pengambilan data litologi yang akan diidentifikasi berupa warna, tekstur, struktur dan komposisi mineral. Selain itu juga pengambilan data geomorfologi diantaranya yaitu kemiringan lereng, jenis erosi, vegetasi dan tata guna lahan.

Analisis Laboratorium

Analisis laboratorium pada penelitian ini terdiri atas analisis petrografi. Analisis ini untuk menentukan jenis dan kelimpahan mineral yang hadir (baik primer maupun sekunder) untuk mengidentifikasi jenis batuan dasar yang mempengaruhi proses alterasi dan kelimpahan mineral Ni dan Fe. Analisis petrografi dimulai dengan melakukan preparasi sampel batuan menjadi sayatan tipis (*thin section*) dengan ketebalan berkisar 0.03 mm yang menempel pada *slide glass* mikroskop. preparasi sampel dilakukan di Laboratorium Pusat Survey Geologi (PSG)

Bandung dan dianalisis di
Laboratorium Fakultas Ilmu dan Teknologi

Kebumian Universitas Halu Oleo Kendari.



Gambar 1. Peta Daerah Penelitian

Tahap Pengolahan Data

Pengolahan data dari penelitian ini terdiri dari :

➤ Pengolahan data litologi

Pengolahan data litologi dilakukan dengan menggabungkan dan menyesuaikan data litologi yang dijumpai pada setiap titik pengamatan lapangan dengan hasil analisa petrografi/laboratorium yang mewakili setiap jenis batuan dari hasil deskripsi petrografi untuk dituangkan pada peta stasiun litologi daerah penelitian dengan menggunakan arcgis 10.3.

➤ Pengolahan data geomorfologi

Analisis selanjutnya adalah analisis geomorfologi yang didasarkan pada acuan pengklasifikasian bentuk muka bumi berdasarkan klasifikasi geomorfik Van Zuidam (1985) yakni klasifikasi bentang alam kelerengan. Pada analisis ini, dilakukan pengklasifikasian terhadap presentase kemiringan lereng yang dilakukan dengan interpolasi kontur pada citra satelit untuk menghasilkan peta morfometri pada daerah penelitian. Selanjutnya, pengolahan data sekunder dengan menggunakan data pengeboran yang

terdiri dari data *collar* untuk mengetahui titik pengeboran dan data XRF, data *survey* dan data *logging* untuk membuat peta sebaran distribusi unsur nikel (Ni) dan besi (Fe) serta menghubungkannya dengan kondisi struktur geologi yang berkembang pada daerah penelitian agar dapat diketahui hubungan orientasi struktur geologi dengan kadar tersebut guna mengetahui besar hubungan suatu struktur geologi dengan kadar nikel (Ni) dan besi (Fe).

➤ Pengolahan data sekunder

Pengolahan data sekunder menggunakan data pengeboran yang terdiri dari data *collar* untuk mengetahui titik pengeboran serta data XRF yang akan membantu dalam mengetahui unsur – unsur dari profil laterit pada setiap lapisan yang kemudian akan dilakukan pembuatan peta sebaran kadar Ni, dan Fe serta menghubungkan kondisi litologi terhadap sebaran nikel dan kondisi geomorfologi terhadap laterisasi pada daerah penelitian menggunakan *software Arcgis 10.3*.

➤ Pengolahan data Petrografi

Tahap analisis laboratorium yaitu analisis petrografi, dilakukan dengan pengamatan sampel dari sayatan

tipis batuan untuk mengetahui warna, tekstur, komposisi mineral, dan penentuan nama batuan dengan menggunakan klasifikasi Streckeisen (1976) dari beberapa titik stasiun di daerah penelitian.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Batuan Dasar Daerah Penelitian

Pengamatan dan pengambilan sampel batuan pada daerah penelitian dilakukan pada empat titik stasiun yakni EQ-001, EQ-002, EQ-003, dan EQ-004 (Gambar 2).

a. Stasiun EQ-001

Hasil analisis petrografi pada stasiun ini menunjukkan bahwa komposisi mineralnya terdiri dari olivin, ortopiroksin, klinopiroksin, serpentin dan opak. Berdasarkan Streckeisen, 1976 maka nama batuan tersebut lherzolit (Gambar 3).

b. Stasiun EQ-002

Hasil analisis petrografi pada stasiun ini memiliki komposisi mineral yang terdiri dari olivin, ortopiroksin, klinopiroksin, serpentin dan mineral opak (Gambar 4). Adapun nama batuan tersebut adalah olivin websterit (Streckeisen, 1976) (Gambar 5).

c. Stasiun EQ-003

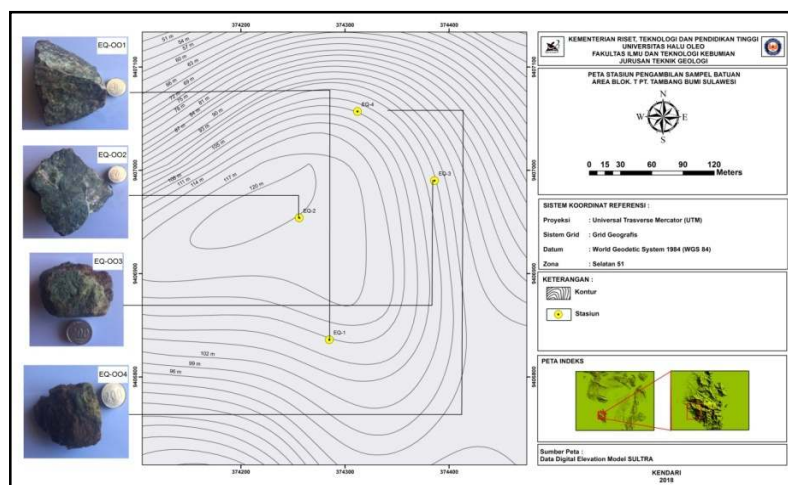
Pada stasiun EQ-003, hasil analisis petrografi menunjukkan bahwa komposisi

mineral terdiri dari olivin, ortopiroksin, klinopiroksin, serpentin dan opak (Gambar 6). Dari hasil analisis tersebut, maka nama batuanya adalah olivin klinopiroksinit (Streckeisen, 1976) (Gambar 7).

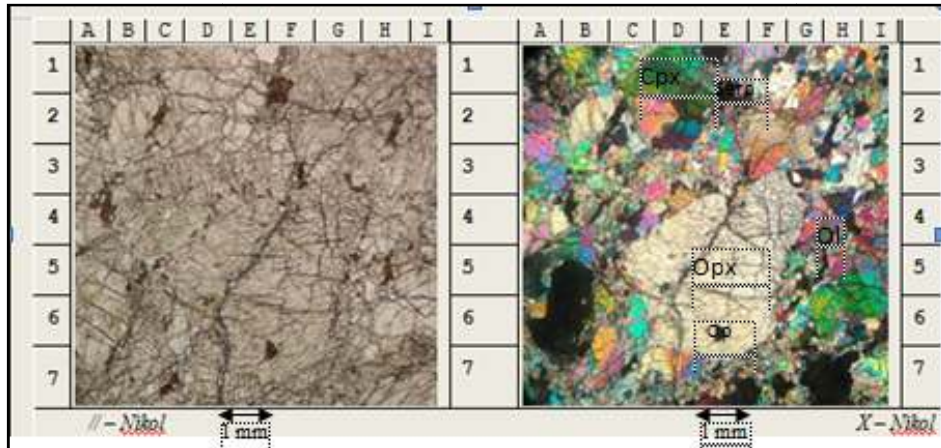
d. Stasiun EQ-004

Hasil analisis petrografi pada stasiun ini menunjukkan bahwa komposisi mineral terdiri dari olivin, ortopiroksin, klinopiroksin, serpentin, dan mineral opak (Gambar 8). Dari hasil analisis tersebut maka nama batuan pada stasiun EQ-004 yaitu Olivin websterit (Streckeisen, 1976) (Gambar 9).

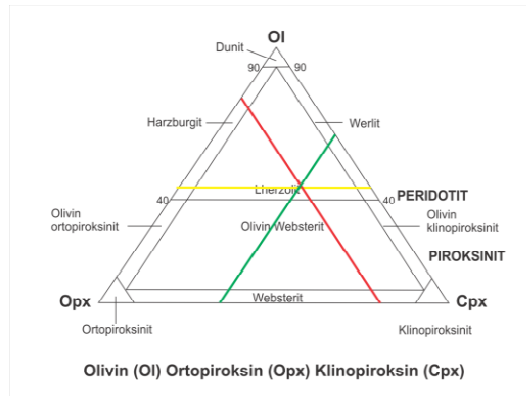
Berdasarkan dari hasil analisis petrografi, menunjukkan bahwa secara umum batuan penyusun di daerah penelitian yaitu jenis batuan ultrabasa dengan nama Peridotit yang terdiri atas Lherzolit dan Piroksinit yang terdiri atas olivin klinopiroksinit dan olivin websterit (Streckeisen, 1976). Batuan ini merupakan jenis batuan yang jika mengalami pelapukan akan membentuk suatu endapan nikel laterit. Hal ini bersesuaian dengan Ahmad, 2008 yang menyatakan bahwa factor utama pembentukan nikel laterit disebabkan karena adanya batuan induk berupa peridotit yang telah mengalami laterisasi sehingga terbentuknya endapan nikel laterit, dengan batuan induknya adalah batuan ultrabasa



Gambar 2. Peta Stasiun Pengambilan Sampel Batuan



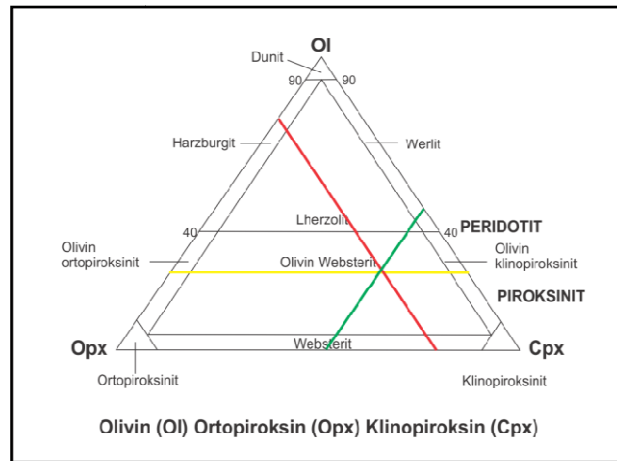
Gambar 3. Kenampakan mikroskopis sampel stasiun EQ-001. Mineral olivin (Ol), ortopiroksin (Opx), klinopiroksin (Cpx), Serpentin (Serp), Opak (Op).



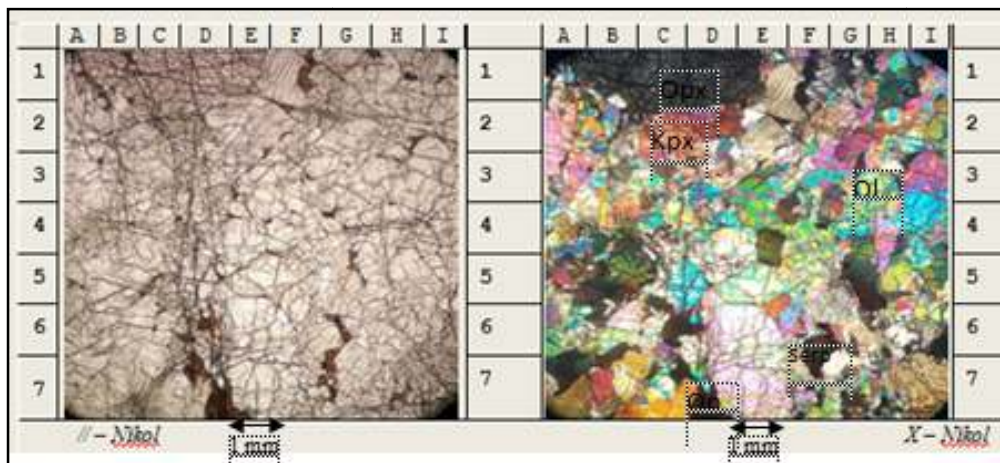
Gambar 4. Klasifikasi (Streckeisen,1976)



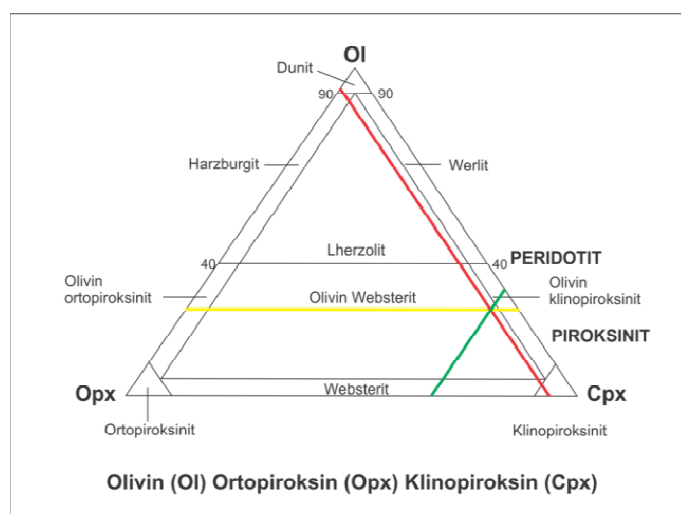
Gambar 5. Kenampakan Mikroskopis Sampel Stasiun EQ-002. Mineral Olivin (Ol), Ortopiroksin (Opx), Klinopiroksin (Cpx), Opak (Op), Serpentin (Serp).



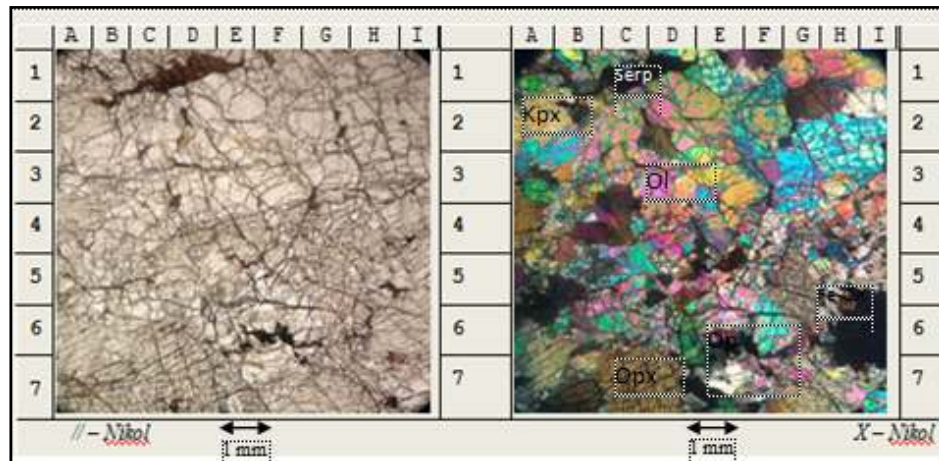
Gambar 6. Klasifikasi (Streckeisen,1976).



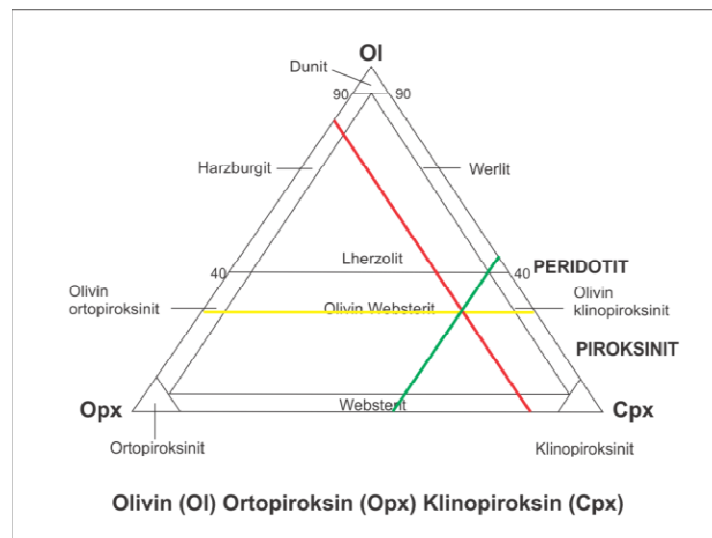
Gambar 7. Kenampakan Mikroskopis Sampel Stasiun EQ-003.Mineral olivin (Ol), Ortopiroksin (Opx), klinopiroksin (Cpx), Serpentin (Serp), Opak (Op).



Gambar 8. Klasifikasi (Streckeisen,1976)



Gambar 9. Kenampakan Mikroskopis Sampel Stasiun EQ-004. Mineral Olivin (Ol), Ortopiroksin (Opx), klinopiroksin (Cpx), dan Opak (Op), Serpentin (Serp).



Gambar 10. Klasifikasi (Streckeisen,1976)

2. Morfologi Daerah Penelitian

2.1. Analisis Kemiringan Lereng dan Keadaan Morfologi

Berdasarkan hasil analisis kemiringan lereng, secara umum daerah penelitian merupakan wilayah IUP PT. Tambang Bumi Sulawesi yang terdiri atas beberapa satuan morfologi, diantaranya satuan morfologi pedataran, satuan morfologi perbukitan landai, satuan morfologi perbukitan miring, dan satuan morfologi perbukitan curam (Van Zuidam, 1985) (Gambar 11).

a. Satuan Morfologi Pedataran

Berdasarkan hasil analisis kemiringan lereng, satuan morfologi

pedataran hingga hampir datar (Van Zuidam, 1985), memiliki persentase kemiringan lereng 0 - 2 % morfologi ini tersebar di bagian barat daerah penelitian (Gambar 11A).

b. Satuan Morfologi Perbukitan Landai

Satuan morfologi perbukitan landai (Van Zuidam, 1985), memiliki persentase kemiringan lereng 2 – 7 %. Morfologi ini tersebar di bagian barat dan utara daerah penelitian (Gambar 11B).

c. Satuan Morfologi Perbukitan Miring

Satuan morfologi perbukitan miring (Van Zuidam, 1985), memiliki persentase kemiringan lereng 7-15%. Morfologi ini tersebar di bagian

selatan sampai ke utara di daerah penelitian (Gambar 11C).

d. Satuan Morfologi Perbukitan Curam

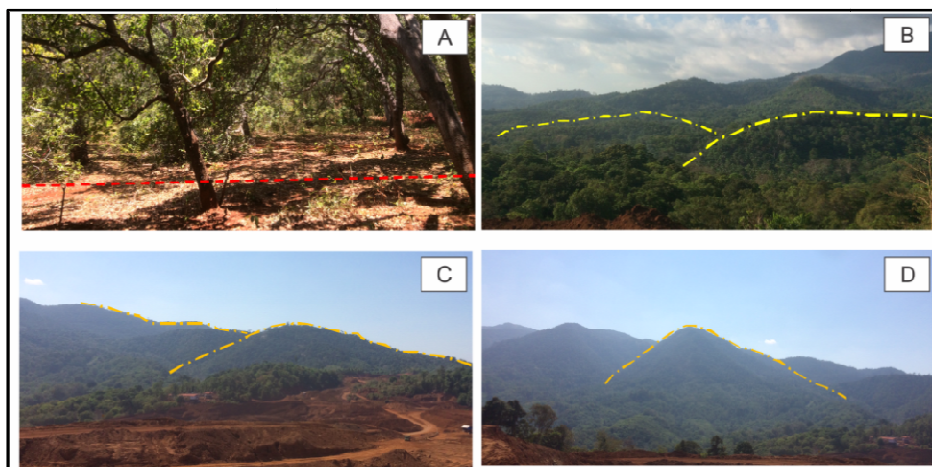
Satuan morfologi perbukitan curam (Van Zuidam, 1985), memiliki persentase kemiringan lereng 15-30%. Morfologi ini tersebar dibagian selatan, timur dan utara pada daerah penelitian (Gambar 11D).

2.2. Kondisi Kemiringan Lereng Terhadap Proses Laterisasi

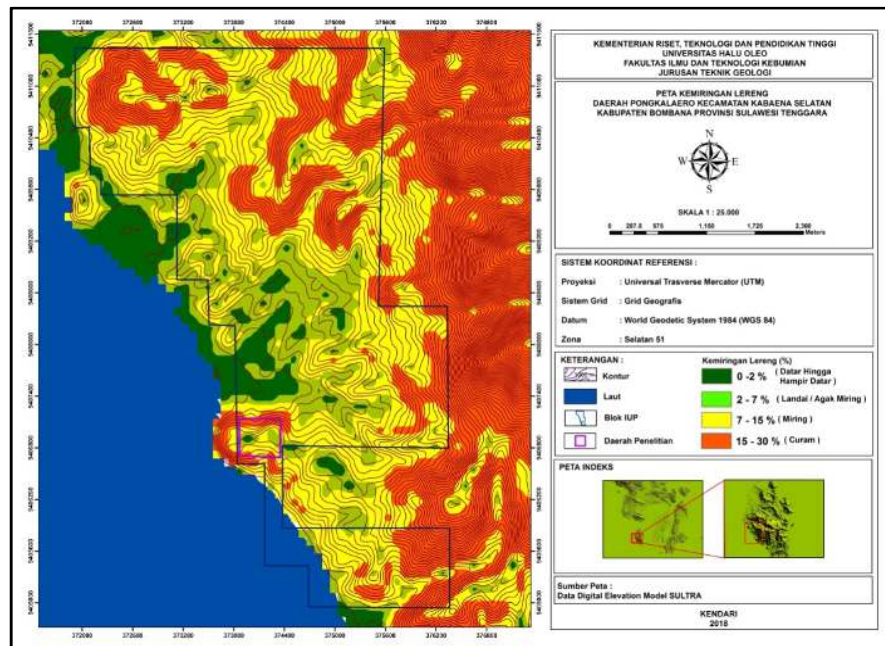
Berdasarkan hasil analisis ketebalan, makadiperoleh bahwa pada daerah yang curam atau tinggi tingkat persen kelerengannya maka ketebalan lateritnya semakin tipis, sebaliknya semakin rendah tingkat persen kelerengan maka semakin tebal tingkat ketebalan lateritnya (Tabel 1). Hal ini dikarenakan pada daerah yang datar atau landai maka akan mengakibatkan air yang berada diatas permukaan akan bergerak perlahan – lahan sehingga akan mempunyai kesempatan penetrasi lebih dalam hingga ke bawah permukaan. Pada daerah yang tingkat kelerengannya besar secara teoritis jumlah air yang meluncur akan lebih banyak di bandingkan jumlah air yang meresap sehingga dapat menyebabkan pelapukan yang kurang intensif. Dapat dilihat pada titik bor TBR-001, TBR-002, dan TBR-006 yang berada pada morfologi daerah

yang curam dimana hasil pengeboran pada daerah ini, kedalaman titik bor dari ketiga titik tersebut kurang dari sebelas meter, sedangkan pada titik bor yang berada pada morfologi yang datar dan landai yakni pada titik bor TBR-23, TBR-29, dan TBR-30, hasil pengeboran pada daerah ini di dapatkan kedalamannya diatas delapan belas meter. Hal ini bersesuaian dengan teori Ahmad (2002) yang mengemukakan bahwa bentuk topografi kemiringan lereng yang berbeda maka akan membentuk ketebalan laterit yang berbeda pula. Pada daerah lereng yang curam ketebalan lateritnya tipis sedangkan pada daerah yang landai ketebalan lateritnya tebal dikarenakan adanya waktu untuk air berpenetrasi lebih dalam kebawah permukaan (Gambar 12).

Berdasarkan hubungan antara topografi dengan proses laterisasi maka morfologi pada daerah penelitian termasuk dalam tipe *Rolling Hill* atau Bukit Bergelombang (Ahmad, 2006). Pada tipe *Rolling Hill* atau bukit bergelombang, dicirikan dengan proses erosi yang berlangsung secara lambat, aliran air permukaan mengalir dengan lambat sehingga menyebabkan adanya waktu untuk air masuk ke bawah permukaan, daerah ini ditandai dengan lapisan laterit yang tebal (Ahmad, 2006) (Gambar 13).



Gambar 11. Geomorfologi Daerah Penelitian.

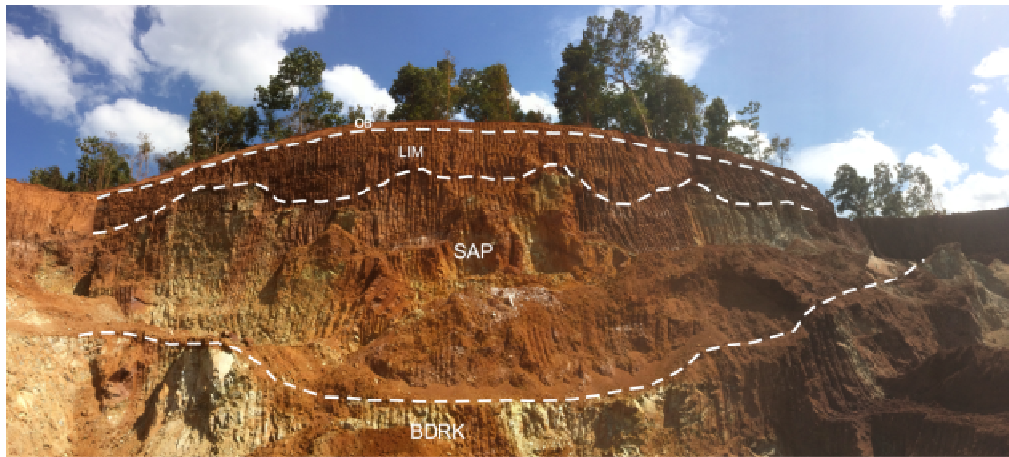


Gambar 12. Peta Analisis Kemiringan Lereng Terhadap Proses Laterisasi Daerah Penelitian.

Tabel 1. Ketebalan Laterit Daerah Penelitian.

NO.	Hole_ID	Tebal Laterit	NO.	Hole_ID	Tebal Laterit
1	TBR-001	10	18	TBR-018	13
2	TBR-002	6	19	TBR-019	10
3	TBR-003	10	20	TBR-020	17
4	TBR-004	9	21	TBR-021	30
5	TBR-005	10	22	TBR-022	28
6	TBR-006	10	23	TBR-023	25
7	TBR-007	15	24	TBR-024	30
8	TBR-008	21	25	TBR-025	14
9	TBR-009	16	26	TBR-026	10
10	TBR-010	22	27	TBR-027	9
11	TBR-011	14	28	TBR-028	13
12	TBR-012	21	29	TBR-029	26
13	TBR-013	24	30	TBR-030	19
14	TBR-014	19	31	TBR-031	9
15	TBR-015	24	32	TBR-032	27
16	TBR-016	29	33	TBR-033	21
17	TBR-017	25			

Sumber: Hasil Penelitian



Gambar 13. Tipe *Rolling Hill* (Bukit Bergelombang) Pada Daerah Penelitian (Atas) Penampang Topografi (Bawah) Profil Endapan Nikel Laterit Daerah Penelitian.

3. Sebaran Kadar Nikel (Ni) dan Besi (Fe)

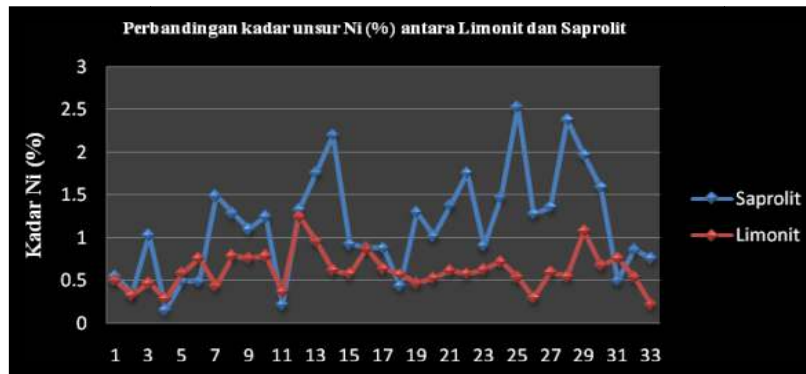
Berdasarkan hasil perbandingan kadar unsur Ni antara zona limonit dan saprolit maka didapatkan hasil secara umum unsur Ni paling banyak terdapat pada zona saprolit ketimbang pada zona limonit (Gambar 14). Hal ini karena Nikel merupakan unsur yang bersifat mobile, mudah larut dan tertransportasi hingga ke zona yang lebih ideal yaitu zona saprolit.

Hasil perbandingan kadar unsur Fe antara zona limonit dan saprolit maka didapatkan hasil yaitu secara umum unsur Fe paling banyak terdapat pada zona limonit ketimbang zona saprolit (Gambar 15). Hal ini dikarenakan unsur Fe memiliki sifat immobile yaitu sifat yang tidak mudah larut atau terbawa oleh air yang melewatinya. Hal ini bersesuaian menurut teori Golightly (1981) yang menyatakan unsur Ni pada zona limonit lebih rendah dari zona saprolit dan unsur Fe pada zona saprolit lebih rendah dari zona limonit.

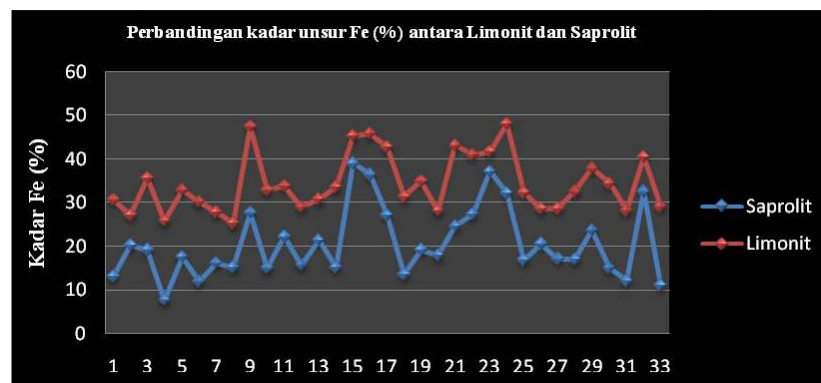
4. Pengaruh Batuan Dasar Terhadap Sebaran Kadar Nikel

Berdasarkan hasil analisis sebaran kadar nikel dengan litologi daerah penelitian terdapat dua jenis litologi diantaranya peridotit dengan tipe lherzolit dan piroksinit dengan tipe olivin websterit dan olivin klinopiroksinit. Daerah dengan

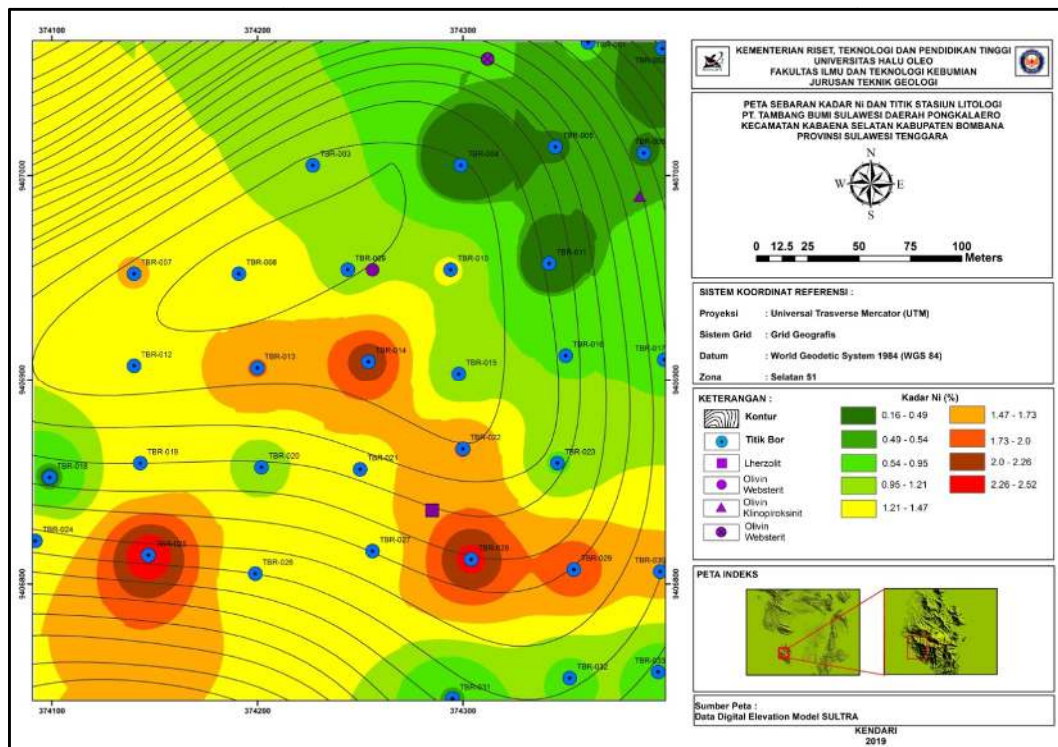
kadar nikel 1.47 – 1.73 % memiliki batuan dasar Peridotit (lherzolit) dan kadar nikel 0.49 – 1.21 % disusun oleh batuan dasar Piroksinit (olivin websterit dan olivin klinopiroksinit) (Gambar 16). Batuan dasar peridotit mengandung kadar nikel tinggi dibandingkan batuan dasar piroksinit dikarenakan batuan peridotit lebih banyak mengandung mineral olivin yang akan membentuk mineral garnierit, dimana mineral tersebut merupakan mineral pembawa unsur nikel, sedangkan batuan dasar piroksinit pada umumnya banyak mengandung mineral piroksin dibanding mineral olivin. Hal ini bersesuaian dengan Ahmad, (2002) yang menyatakan bahwa salah satu batuan dasar endapan nikel laterit yaitu peridotit dan piroksinit dimana peridotit (lherzolit) memiliki kandungan mineral olivin sebesar 65% sedangkan piroksinit merupakan batuan yang mengandung lebih banyak mineral piroksin ketimbang mineral olivine.



Gambar14. Grafik Perbandingan Penyebaran unsur Ni antara Limonit Dan Saprolit



Gambar 15. Grafik Perbandingan Penyebaran Unsur Fe Antara Limonit Dan Saprolit.



Gambar 16. Peta Analisis Sebaran Kadar Nikel Dan Stasiun Litologi.

4. KESIMPULAN

Litologi yang berkembang pada daerah penelitian yaitu tersusun atas batuan ultrabasa yang berdasarkan kandungan mineraloginya terdiri atas batuan peridotit dengan tipe Lherzolit, dan batuan piroksinit dengan tipe olivin klinopiroksinit, dan olivin websterit. Dari hasil interpolasi penyebaran kadar nikel, daerah yang memiliki kadar nikel tinggi terdiri atas batuan peridotit tipe Lherzolit dengan kadar sebesar 1.47-1.73 % dan daerah dengan kadar nikel rendah terdiri atas batuan piroksinit tipe olivin klinopiroksinit dan olivin websterit dengan kadar sebesar 0.49-1.21 %.

Morfologi yang berkembang pada daerah penelitian yaitu terdiri atas perbukitan bergelombang. Berdasarkan hasil analisis kelerengan pada daerah penelitian terbagi atas beberapa kelas lereng yaitu lereng datar, lereng landai/agak miring, lereng miring dan lereng curam. Proses pembentukan endapan nikel laterit akan sangat berpengaruh dari keadaan lerengnya. Pada daerah penelitian, lereng yang memiliki persen kelerengan besar maka ketebalan endapan yang akan terbentuk akan semakin menipis yaitu berkisar antara 6-12 m, sebaliknya lereng yang memiliki persen kelerengan kecil maka ketebalan endapan yang akan terbentuk semakin tebal yaitu berkisar antara 18-30 m.

Penyebaran kadar Nikel (Ni) terdapat paling banyak pada zona saprolit, hal ini karena nikel merupakan unsur yang bersifat mobile, mudah larut dan tertransportasi hingga ke zona yang lebih ideal yaitu zona saprolit. Penyebaran kadar Besi (Fe) paling banyak terdapat pada zona limonit, Hal ini dikarenakan unsur Fe memiliki sifat immobile yaitu sifat yang tidak mudah larut atau terbawa oleh air yang melewatinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, W. 2008. *Laterite : Fundamental of Chemistry, Mineralogy, Weathering Processes and Laterit Formation*. Sorowako, South Sulawesi: PT. International Nickel Indonesia.
- _____. 2004. *Nickel Laterites - A Short Course On The Chemistry, Mineralogy and Formation of Nickel Laterites*. Sorowako, South Sulawesi: PT. Inco, Indonesia (*Unpublished*).
- _____. 2002. *Nickel Laterites - A Short Course On The Chemistry, Mineralogy and Formation of Nickel Laterites*. Sorowako, South Sulawesi: PT. Inco, Indonesia.
- Golightly, J.P. 1979. *Nickeliferous Laterites : A General Description. International Laterit Symposium New Orleans*, Feb 19-21.
- Maulana, Adi. 2014. *Laporan Akhir Buku Ajar Endapan Mineral*. Makassar: Universitas Hasanuddin
- Streckeisen, A.L. 1976. *Classification of The Common Igneous Rocks by Means of Their Chemical Composition: A Provisional Attempt*. Neues Jahrbuch For Mineralogie, Monatshefte.
- Surono. 2013. *Geologi Lengan Tenggara Sulawesi*. Bandung: Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral.
- Van, Zuidam, R. A. 1985. *Aerial Photo-Interpretation In Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping*. The Hague, Enschede, Netherlands: Smith Publisher.