

HUBUNGAN KARAKTERISTIK BATUAN DASAR TERHADAP KADAR Ni PADA ZONA LATERIT DI DAERAH WULU, KABUPATEN BUTON TENGAH, SULAWESI TENGGARA

Richelin Eksa J¹⁾, Sutarto¹⁾, Jatmika Setiawan¹⁾, Faried Ardian P²⁾

¹⁾Prodi Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, UPN "Veteran" Yogyakarta
Jl. SWK (104) Lingkar Utara, Condongcatur, Depok, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, 55283

²⁾ PT. Arga Morini Indah

Sari – Daerah penelitian ini terletak di Pulau Kabaena yang merupakan suatu pulau yang kaya akan sumber daya nikel. Daerah penelitian masuk ke dalam formasi kompleks ultramafik yang terdiri dari batuan-batuan ultramafik, seperti peridotite, dunite dan serpentinite. Pada daerah penelitian yang merupakan daerah pertambangan ditemukannya kadar nikel yang berbeda-beda pada tiap bukaan tambang (*pit*) sehingga menyebabkan terjadinya perbedaan kadar nikel pada saat dilakukannya *ore getting*. Didapatkan hasil dari kadar nikel yang termasuk *low grade* hingga *high grade*, dari adanya perbedaan kadar tersebut menyebabkan adanya beberapa tumpukan material dari *ore getting* memiliki kadar yang kecil sehingga tidak dapat untuk dikirim ke smelter. Salah satu faktor yang mempengaruhi kadar nikel adalah batuan dasar. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh karakteristik batuan dasar terhadap kadar nikel pada endapan nikel laterit.

Metode yang digunakan pada penelitian kali ini adalah dengan melakukan survey lapangan secara langsung mencakup pengambilan data litologi dan data hasil pemboran dari daerah penelitian. Data pemboran yang digunakan berjumlah 5 titik bor pada tiap daerah dengan jenis batuan dasar yang berbeda. Penelitian ini menggunakan analisis petrografi dan analisis geokimia menggunakan XRF (X-Ray Fluorescence).

Daerah penelitian memiliki tiga satuan batuan yang berumur Kapur Awal (79 – 137 jtl) yaitu, Satuan Dunite Wulu, Satuan Peridotite Wulu, dan Satuan Serpentinite Wulu. Dari hasil analisis geokimia adanya unsur-unsur geokimia utama (major) seperti Ni, Fe, SiO₂, dan MgO. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa batuan dasar dunite memiliki kadar Ni paling tinggi dibandingkan dengan batuan dasar peridotite dan serpentinite dengan kadar Ni pada zona limonit 0,95%, pada zona saprolit sebesar 1,60% dan pada zona batuan dasar sebesar 0,54%, dengan kadar Ni tertinggi pada daerah berlitologi dunite yang pernah didapat sebesar 2,71%. Pada batuan dasar peridotite didapatkan pada zona limonit mengandung Ni sebesar 0,92%, pada zona saprolit sebesar 1,29% dan pada zona batuan dasar sebesar 0,53%. Pada batuan dasar serpentinite didapatkan pada zona limonit mengandung Ni sebesar 0,86%, pada zona saprolit sebesar 1,23% dan pada zona batuan dasar sebesar 0,49%. Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa batuan dasar memiliki peranan penting dalam tinggi-rendahnya kadar Ni, sehingga dengan batuan dasar yang berbeda maka kadar Ni yang terbentuk juga akan berbeda.

Kata Kunci : Geologi, Laterit, Batuan Dasar, Kadar Ni, Pulau Kabaena

PENDAHULUAN

Indonesia memberikan sumbangsi produksi nikel di dunia sebesar 15% yang membuat Indonesia termasuk kedalam tiga negara yang mempunyai produksi bahan galian logam nikel terbesar di dunia (Fitriani, 2011).

Nikel Laterit adalah produk residual pelapukan kimia pada batuan ultramafik. Proses ini berlangsung selama jutaan tahun dimulai ketika batuan ultramafik tersingkap di permukaan bumi. Salah satu faktor yang mempengaruhi pembentukan endapan nikel laterit adalah batuan dasar. Selain mempengaruhi pembentukan endapan nikel, batuan dasar juga sangat berpengaruh terhadap kadar dari endapan nikel laterit (Adi Kurniadi, 2018).

Permasalahan yang melatarbelakangi penelitian ini adalah ditemukannya kadar Ni yang berbeda-beda pada tiap bukaan tambang (*pit*) pada daerah penelitian sehingga menyebabkan terjadinya kesenjangan kadar nikel pada saat dilakukannya *ore getting*. Pada saat *ore getting* terdapat hasil dari kadar nikel yang termasuk *low grade* hingga *high grade*, dari adanya perbedaan kadar tersebut menyebabkan adanya beberapa tumpukan material dari *ore getting* tersebut memiliki kadar yang kecil sehingga tidak dapat untuk dikirim ke smelter. Untuk mencegah terjadinya kesenjangan kadar nikel pada saat *ore getting*, maka saya melakukan penelitian tentang faktor apa yang mempengaruhi kadar nikel pada bukaan tambang yang satu dengan yang lainnya memiliki kadar nikel yang berbeda-beda, salah satu faktor pembentukan nikel laterit yang berkaitan dengan kadar nikel adalah batuan dasarnya, sehingga saya ingin mengetahui hubungan dari karakteristik tiap batuan dasar terhadap kadar nikel pada daerah penelitian.

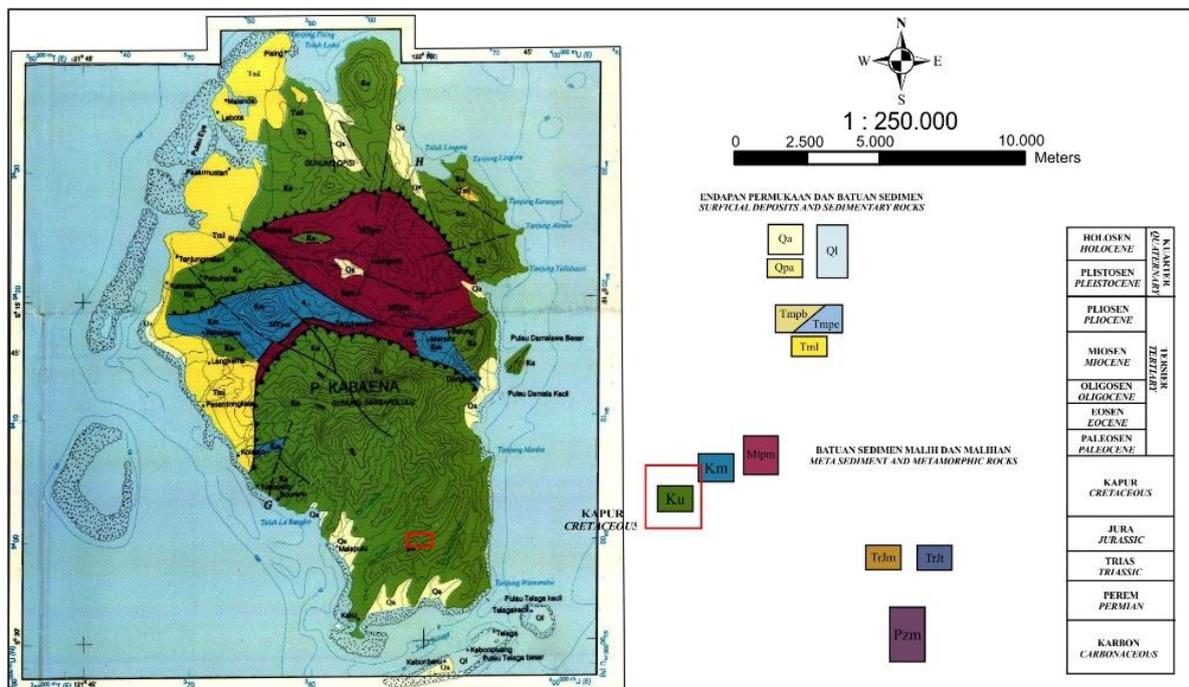
Daerah penelitian yang merupakan bagian lengan Sulawesi Tenggara yang memiliki beragam batuan ultramafik seperti dunite, peridotite, dan serpentine sebagai batuan dasar penghasil nikel, sehingga dengan keberagaman tersebut sangat menarik untuk diteliti pengaruhnya terhadap kadar nikel yang dihasilkan.

KAJIAN PUSTAKA

Geologi

Daerah penelitian yang berada di Pulau Kabaena secara stratigrafi dari yang termuda hingga tertua, terdiri atas :

- Aluvium (Qa), merupakan endapan paling muda berumur Holosen terdiri atas lumpur, lempung, pasir, kerikil, dan kerakal.
- Formasi Langkowala (Tml), berumur Miosen terdiri atas konglomerat, batupasir, serpih, dan setempat kalkarenit.
- Komplek Pompangeo (Mtpm), berumur Kapur – Paleosen terdiri atas sekis mika, sekis glokofan, sekis amfibolit, sekis klorit, rijang berlapis sekis genesan, pualam, dan batugamping malih.
- Formasi Matano (Km), berumur Kapur terdiri dari batugamping terhablur ulang dan terdaunkan, rijang radiolaria, dan batusabak.
- Komplek Ultramafik (Ku), merupakan batuan tertua berumur Kapur terdiri atas harsburgit, dunit, wherlite serpentin, gabro, basal, dolerit, diorit, mafik malih, amfibolit magnesit, dan setempat rodingit



Gambar 1. Geologi Regional Pulau Kabaena, Simandjuntak dkk.(1993)

Batuan Dasar Endapan Nikel Laterit

Batuan Ultrabasa hadir dalam bumi sebagai komponen utama penyusun mantel atas di bawah kerak benua atau kerak samudera (Kadarusman, 2009). Secara sederhana batuan beku ultramafik adalah batuan beku yang secara kimia mengandung kurang dari 45% SiO₂ dari komposisinya. Kandungan mineralnya didominasi oleh mineral-mineral berat dengan kandungan unsur-unsur seperti Fe dan Mg (Ahmad, 2006).

Batuan ultramafik merupakan batuan yang menjadi sumber bagi endapan nikel laterit dan nikel sulfida. Selain sebagai sumber nikel, batuan ultramafik juga dapat menjadi induk dari kromit, logam dasar, kelompok logam platinum (PGM), intan, dan bijih besi laterit (Kadarusman, 2009).

Contoh batuan ultramafik adalah dunite, piroksenit, hornblendit, serpentine, dan peridotit, namun dalam kaitannya dengan nikel laterit, dari beberapa batuan ultramafik tersebut hanya ada beberapa batuan yang dapat menjadi batuan dasar dari endapan nikel laterit, yaitu dunite, peridotit dan serpentine, namun dalam beberapa kasus batuan piroksenit juga bisa mengandung nikel. Batuan yang dapat menjadi batuan dasar dari nikel laterit

harus memiliki kandungan mineral mineral berat seperti olivine dan piroksen yang mempunyai kandungan unsur-unsur seperti Fe dan Mg serta mengandung SiO₂ yang kurang dari 45%.

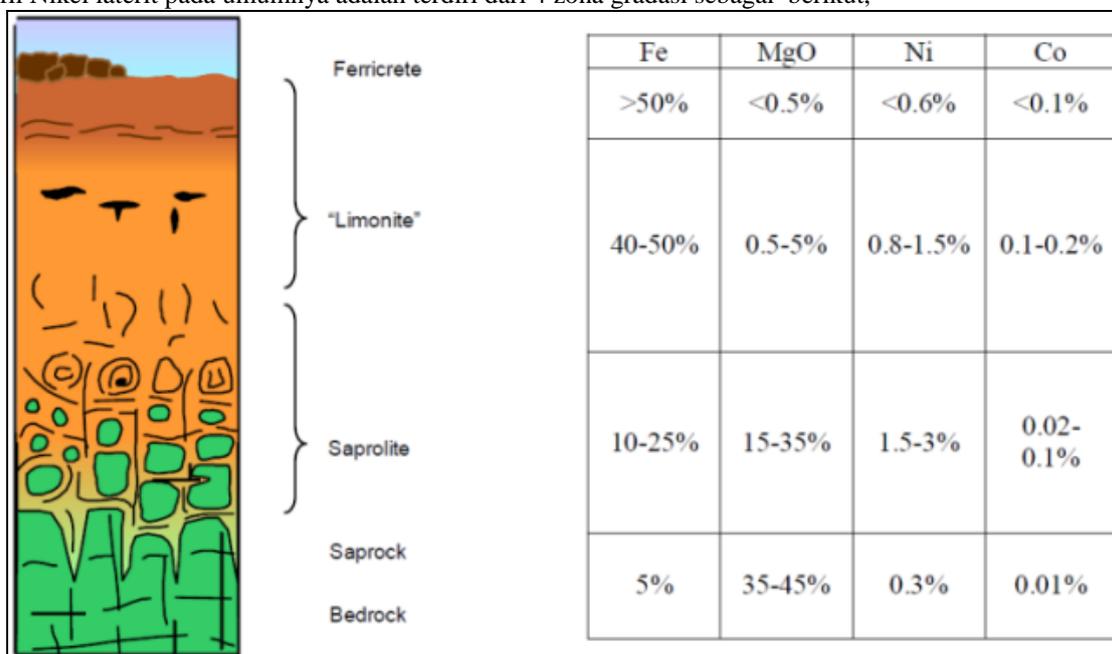
Endapan Nikel Laterit

Menurut Waheed Ahmad (2008), Laterit nikel adalah tanah sisa yang telah berkembang di atas batuan ultrabasa melalui proses pelapukan kimia dan pengayaan supergen. batuan ultramafik pada kondisi lingkungan dengan curah hujan tinggi dan dikontrol oleh pergerakan fluktuatif muka air tanah. Proses leaching unsur-unsur mobil menyebabkan konsentrasi sisa unsur immobile seperti besi (Fe), nikel (Ni), dan kobalt (Co). Secara umum, bijih nikel laterit dapat dibagi menjadi tiga tipe berdasarkan kandungan mineral pembawa nikel menurut Brand (1998) dan Elias (2002) yaitu:

- a. *Hydrous Mg Silicate Ore*
Mineral silikat utama pembawa nikel adalah Garnierite.
- b. *Clay Silicate Ore*
Mineral lempung utama pembawa nikel adalah grup Smectite seperti Nontronite
- c. *Oxide Ore*
Mineral oksida utama pembawa nikel adalah Goethite

Profil Endapan Nikel Laterit

Profil Nikel laterit pada umumnya adalah terdiri dari 4 zona gradasi sebagai berikut,

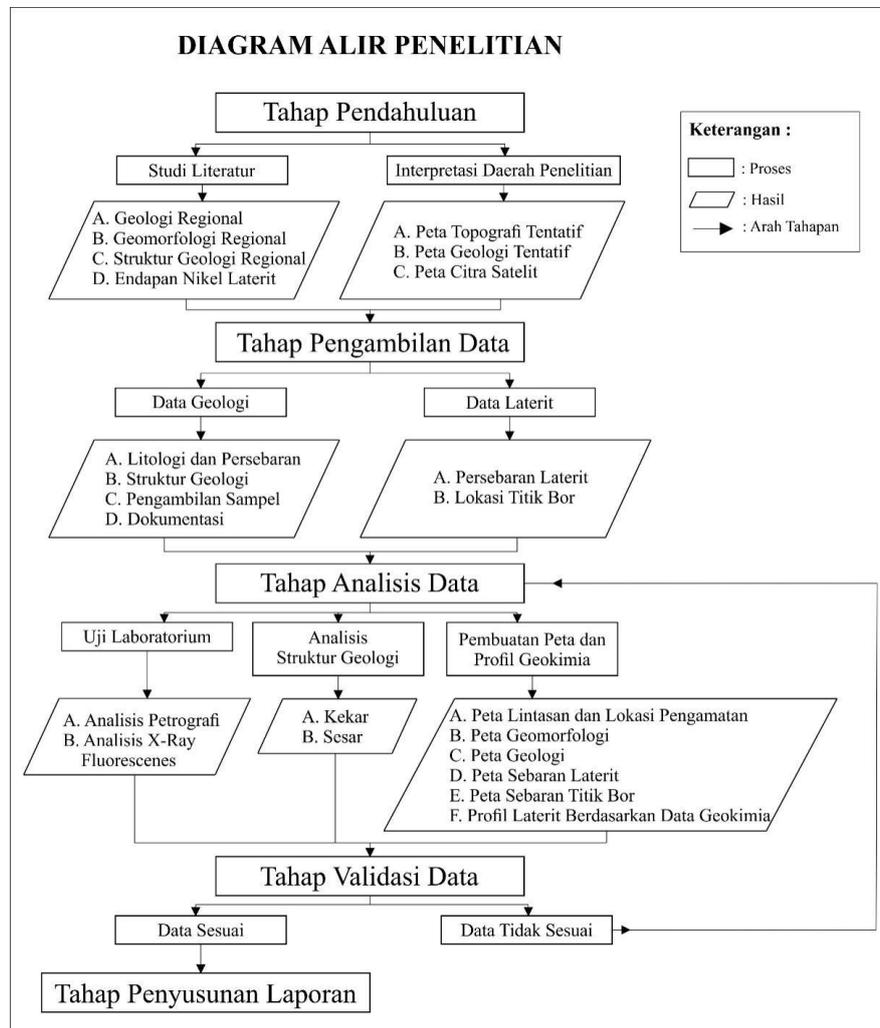


Gambar 2. Profil Endapan Nikel Laterit (Waheed Ahmad, 2006)

- a. Tanah Penutup atau Top soil (biasanya disebut "Iron Capping") Tanah residu berwarna merah tua yang merupakan hasil oksidasi yang terdiri dari masa hematit, geothit serta limonit. Kadar besi yang terkandung sangat tinggi dengan kelimpahan unsur Ni yang sangat rendah.
- b. Zona Limonit Berwarna merah coklat atau kuning, berukuran butir halus hingga lempungan, lapisan kaya besi dari limonit soil yang menyelimuti seluruh area.
- c. Zona Saprolit Merupakan campuran dari sisa – sisa batuan, bersifat pasiran, *saprolitic rims*, vein dari garnierite, *nickeliferous quartz*, mangan dan pada beberapa kasus terdapat silika bozwork, bentukan dari suatu zona transisi dari limonit ke *bedrock*. Terkadang terdapat mineral quartz yang mengisi rekahan, mineral primer yang terlapukan, chlorit. Garnierite dilapangan biasanya diidentifikasi sebagai "colloidal talk" dengan lebih atau kurang nickeliferous serpentine. Struktur dan tekstur batuan asal masih terlihat.
- d. Batuan dasar (*Bedrock*) Tersusun atas bongkahan atau blok dari batuan induk yang secara umum sudah tidak mengandung mineral ekonomis (kadarnya sudah mendekati atau sama dengan batuan dasar). Bagian ini merupakan bagian terbawah dari profil laterit.

METODE

Pada penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder. Metode yang digunakan dalam mendapatkan data primer ialah melakukan pemetaan geologi maupun laterit dan analisis laboratorium berupa analisis petrografi. Sedangkan data sekunder yaitu data pemboran berupa data geokimia yang dianalisis menggunakan metode *X-Ray Fluorescence*.



Gambar 3. Diagram alir penelitian

HASIL

Berdasarkan hasil pemetaan geologi dan juga analisis petrografi, pada daerah penelitian didapatkan tiga jenis batuan dasar, yaitu dunite, peridotite dan serpentinite. Kemudian pada daerah dengan batuan dasar yang beragam tersebut diambil lima titik bor yang dilengkapi dengan data geokimia hasil dari analisis menggunakan alat XRF (*X-Ray Fluorescence*), yang menghasilkan unsur-unsur major seperti unsur Fe, MgO, SiO₂ dan Ni yang kemudian dilakukan analisis berdasarkan geokimia untuk mendapatkan pembagian zona limonit, saprolite dan zona batuan dasar (*bedrock*). Namun untuk unsur yang difokuskan pada penelitian ini adalah unsur nikel (Ni, %).

Terdapat data geokimia pada kelima data bor dengan litologi batuan serpentinite (Tabel 1), batuan peridotite (Tabel 2) dan batuan dunite (Tabel 3) hasil dari analisis menggunakan alat XRF (*X-Ray Fluorescence*).

Tabel 3. Unsur-unsur geokimia pada lima titik bor dengan litologi batuan dunite

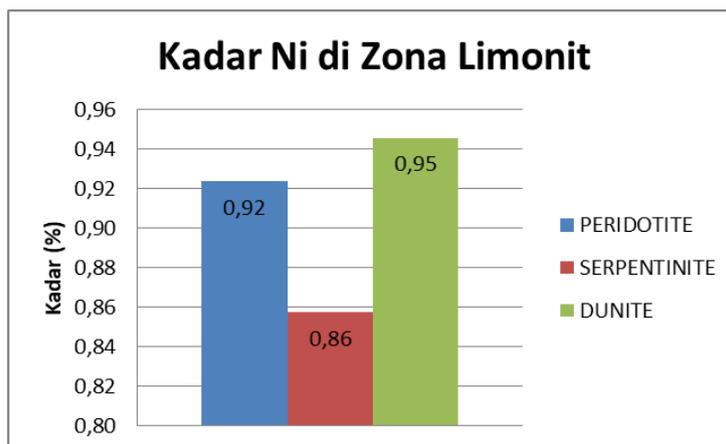
RD_1					
Tebal (m)	Zona	Assay Result			
		Ni	Fe	MgO	SiO2
1	limo	1,03	39,45	2,10	12,46
1	limo	1,04	38,78	1,33	11,87
1	sapr	1,90	21,93	4,49	28,31
1	sapr	2,32	15,77	7,03	34,15
1	sapr	2,55	11,88	11,72	35,30
1	sapr	2,00	20,55	4,44	32,16
1	sapr	1,74	18,73	4,56	33,30
1	sapr	1,37	21,51	5,79	32,86
1	sapr	0,99	17,27	5,02	41,06
0,5	sapr	1,20	19,08	4,77	37,60
0,5	bld	0,97	7,24	15,77	32,14
1	sapr	1,17	16,81	6,19	33,36
0,4	sapr	0,72	6,54	13,90	31,08
0,6	sapr	1,07	16,82	7,07	32,54
1	sapr	0,96	15,88	7,91	32,87
1	brk	0,51	7,93	14,29	32,40
1	brk	0,39	6,60	16,52	30,52
1	brk	0,38	6,21	17,70	31,34
RD_2					
Tebal (m)	Zona	Assay Result			
		Ni	Fe	MgO	SiO2
1	limo	1,25	35,88	3,57	15,14
1	limo	1,21	39,89	1,03	11,12
1	limo	1,27	38,80	3,20	11,79
0,6	sapr	2,01	27,83	3,30	24,43
0,4	bld	2,71	8,87	14,39	28,57
1	sapr	2,22	22,35	5,01	28,38
1	sapr	2,55	14,14	12,36	27,17
1	sapr	2,25	22,07	3,93	28,77
1	sapr	2,36	17,47	8,50	31,47
1	sapr	2,04	8,59	15,95	32,85
0,6	sapr	2,02	14,37	9,56	32,45
0,4	bld	1,68	7,02	17,33	30,91
1	brk	1,08	6,99	17,87	31,42
1	brk	0,58	7,15	18,34	33,14
1	brk	0,43	6,62	20,89	33,37
RD_3					
Tebal (m)	Zona	Assay Result			
		Ni	Fe	MgO	SiO2
1	limo	1,41	40,32	1,16	10,66
1	limo	1,48	39,95	0,5	10,88
1	limo	1,85	35,79	1,34	13,98
1	sapr	2,27	23,54	6,22	22,66
1	sapr	2,14	26,84	2,55	20,65
1	sapr	2,27	19,78	5,84	27,15
1	sapr	1,66	9,1	14,88	27,97
1	sapr	1,43	8,95	15,57	29,49
1	brk	0,73	5,96	18,34	27,37
1	brk	0,74	5,85	20,26	28,69
1	brk	0,66	5,44	21,24	28,41
RD_4					
Tebal (m)	Zona	Assay Result			
		Ni	Fe	MgO	SiO2
1	limo	0,45	26,87	-0,02	18,64
1	limo	0,25	9,52	-0,36	42,82
1	limo	0,61	34,35	-0,47	11,57
1	limo	1,10	42,42	1,26	8,06
1	sapr	2,44	7,95	18,07	31,80
1	sapr	2,10	12,89	13,94	30,56
1	sapr	1,79	11,13	11,97	30,39
1	sapr	1,31	10,60	14,17	32,39
1	sapr	1,03	9,92	14,10	33,18
1	sapr	0,73	9,18	14,41	32,23
1	brk	0,53	7,13	16,96	32,33
1	brk	0,40	6,04	17,81	30,24
1	brk	0,42	6,65	19,84	33,86
RD_5					
Tebal (m)	Zona	Assay Result			
		Ni	Fe	MgO	SiO2
1	limo	0,34	22,15	0,13	30,64
1	limo	0,54	34,51	-0,44	17,26
1	limo	0,43	39,55	-0,34	9,25
1	limo	0,75	24,27	0,66	9,13
1	limo	0,81	38,79	0,79	7,91
1	limo	0,69	45,07	0,41	4,92
1	limo	0,96	40,70	1,21	8,04
1	limo	1,44	32,05	3,42	8,59
1	sapr	1,99	20,85	8,42	23,50
1	sapr	0,95	19,75	2,91	27,99
1	sapr	1,98	9,81	15,77	29,92
1	sapr	1,70	11,15	16,10	29,72
1	sapr	1,45	11,07	13,15	30,08
1	sapr	1,04	8,37	13,62	32,10
1	sapr	0,49	6,77	14,67	28,62
1	sapr	0,40	5,74	18,20	33,14
1	sapr	0,38	5,69	17,63	31,58
1	sapr	0,36	5,71	18,49	32,47
1	brk	0,40	5,57	20,28	33,07
1	brk	0,33	6,16	20,05	32,44
1	brk	0,34	4,76	20,79	31,21
1	brk	0,31	4,83	20,71	30,44

HUBUNGAN KARAKTERISTIK BATUAN DASAR TERHADAP KADAR NI

Berdasarkan persebaran batuan dasar dan data bor beserta data geokimianya, persebaran unsur Ni dapat diketahui melalui kadar unsur Ni yang tersebar di zona limonit, zona saprolit dan zona batuan dasar pada daerah penelitian dengan jenis batuan dasar yang berbeda, diantaranya terdapat batuan dasar peridotite, serpentine dan dunite. Dari ketiga batuan dasar tersebut memiliki hasil persebaran unsur Ni yang berbeda pada tiap zona laterit.

Zona Limonit

Kadar unsur Ni tertinggi berada pada zona limonit dengan batuan dasar berjenis dunite dengan kadar unsur Ni rata-rata dari 5 data titik bor sebesar 0,95%, sedangkan pada limonit dengan batuan dasar peridotite memiliki kadar unsur Ni sebesar 0,92% dan pada limonit dengan batuan dasar serpentine memiliki kadar Ni sebesar 0,86%.

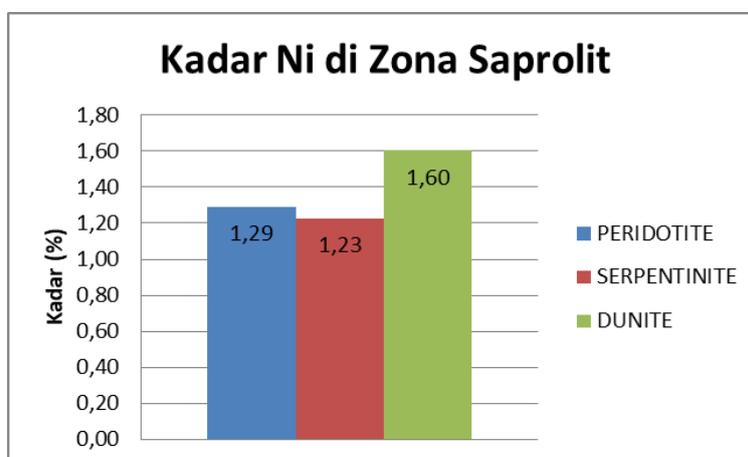


Gambar 4. Persebaran unsur Ni pada zona limonit

Zona Saprolit

Zona saprolite yang menjadi tempat terkayakannya unsur Ni pada endapan nikel laterit memiliki persebaran unsur Ni yang berbeda-beda. Perbedaan tersebut didasari oleh adanya perbedaan batuan dasar yang menjadi protolith pembentuk zona saprolit.

Persebaran unsur Ni tertinggi pada zona saprolit berada pada zona saprolit dengan batuan dasar dunite, dengan kadar unsur Ni rata-rata dari 5 titik bor sebesar 1,6%. Pada zona saprolit dengan batuan dasar peridotite mengandung unsur Ni sebesar 1,29% dan pada zona saprolit dengan batuan dasar serpentine sebesar 1,23%. Pada zona saprolit dengan batuan dasar dunite menjadi zona laterit dengan kadar unsur Ni tertinggi tidak lepas dari pengaruh komposisi mineral penyusun batuan dunite, yaitu dengan >90% mengandung mineral olivine yang menjadi mineral pembawa unsur Ni.

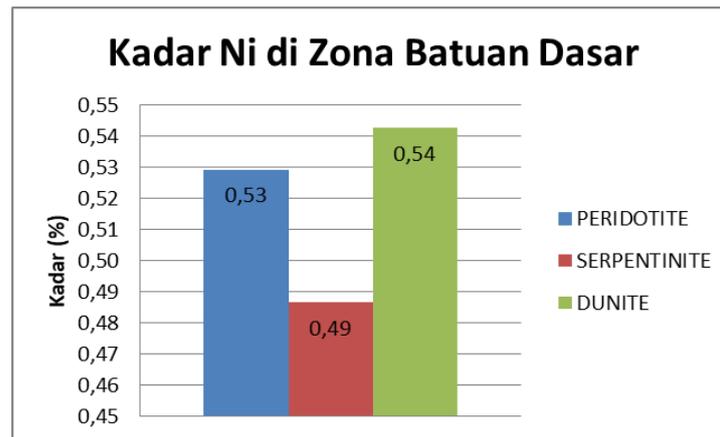


Gambar 5. Persebaran unsur Ni pada zona saprolit

Zona Batuan Dasar

Persebaran unsur Ni pada endapan nikel laterit yang berada di zona batuan dasar memiliki persebaran unsur yang berbeda. Perbedaan tersebut terjadi karena adanya perbedaan jenis batuan, sehingga dengan adanya perbedaan jenis batuan maka komposisi mineral penyusun batuan juga akan berbeda. Perbedaan persebaran unsur pada batuan dasar juga tidak terlepas dari perbedaan daya tahan mineral terhadap pelapukan.

Persebaran unsur Ni pada zona batuan dasar tertinggi berada pada zona batuan dasar dunite dengan kadar unsur Ni rata-rata dari 5 titik bor sebesar 0,54%, kemudian pada batuan dasar peridotite mengandung unsur Ni sebesar 0,53% dan pada batuan dasar serpentine mengandung unsur Ni sebesar 0,49%. Pada batuan dasar dunite memiliki unsur Ni terbesar karena batuan dunite mengandung >90% mineral olivine yang mudah lapuk sehingga unsur-unsur pembentuk mineral olivine terurai sehingga dapat mengikat unsur Ni yang lebih banyak daripada batuan peridotite dan serpentine.



Gambar 6. Persebaran unsur Ni pada zona batuan dasar

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian di Pulau Kabaena, daerah Wulu, Kecamatan Talaga Raya, Kabupaten Buton Tengah, Provinsi Sulawesi Tenggara dapat disimpulkan bahwa berdasarkan analisis petrografi dan geokimia diketahui bahwa daerah telitian yang tersusun oleh batuan dunite memiliki kadar Ni tertinggi dengan kadar rata-rata dari 5 titik bor pada zona limonit 0,95%, pada zona saprolit 1,60% dan pada zona batuan dasar 0,54% dengan kadar Ni tertinggi di yang pernah didapat adalah 2,71%, sedangkan pada daerah yang tersusun oleh batuan peridotite memiliki kadar Ni rata-rata paa zona limonit sebesar 0,92%, pada zona saprolit 1,29% dan pada zona batuan dasar 0,53% dengan kadar Ni tertinggi yang pernah didapat sebesar 2,20%, dan pada daerah yang tersusun oleh batuan serpentinite memiliki kadar Ni rata-rata pada zona limonit sebesar 0,86%, pada zona saprolit 1,23% dan pada zona batuan dasar 0,49% dengan kadar tertingi yang pernah didapat sebesar 2,07%. Jenis litologi pada batuan dasar sangat berpengaruh dalam pembentukan endapan nikel laterit, sehingga dengan litologi yang berbeda maka komposisi mineral sebagai penyusun batuan akan berbeda dan kemampuan dalam mengikat unsur Ni juga berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, Waheed. 2006. Nickel Laterite : Fundamentals Of Chemistry, Mineralogy Weathering Processes AND Laterite Formation. Property of PT.INCO dor Laterite Ore Manual.
- Ahmad, Waheed. 2008. Nickel Laterite : Fundamentals Of Chemistry, Mineralogy Weathering Processes, Formation And Exploration. Sorowako.
- Ainun Mandalay, Suci. 2021. Pengaruh Batuan Dasar Terhadap Kadar Endapan Nikel Laterit Berdasarkan Analisis Petrografi Dan Geokimia Pada Site "Ainun" Blok "Suci" Pt. St Nickel Resources, Kabupaten Konawe, Provinsi Sulawesi Tenggara. Surabaya : Prosiding, Seminar Teknologi Kebumihan dan Kelautan, ITATS Vol. 3 No. 1
- Asfar, Suryawan. 2019. Karakteristik Batuan Ultrabasa Pada Kompleks Ofiolit Desa Paka Indah Kabupaten Konawe Utara Provinsi Sulawesi Tenggara : Jurnal Rekayasa Geofisika Indonesia
- Brand NW, Butt CRM, Elias M. 1998. Nickel laterites: classification and features. AGSO Journal of Australian Geology and Geophysics 17: 81-88
- Butt, Charles R. M. 2013. Nickel Laterite Ore Deposits: Weathered Serpentinities : ELEMENTS, VOL. 9, PP. 123-128
- Elias M. 2002. Nickel laterite deposits - a geological overview, resources and exploitation. Centre for Ore Deposit Research, University of Tasmania, Hobart, Special Publication 4, pp 205-220
- Freyssinet P, Butt CRM, Morris RC, Piantone P. 2005. Ore-forming processes related to lateritic weathering. Economic Geology Publishing Company, New Haven, Connecticut, pp 681-722
- Fitiran E.B., Massinai M.A., Maria, 2011, Identifikasi Sebaran Nikel Laterit dan Volume Bijih Nikel Daerah Anoa menggunakan Korelasi data Bor : Jurnal Geofisika Universitas Hasanuddin.
- Golightly, J. P., 1981, Nickeliferous Laterite Deposits, Economic Geology 75th Anniversary Volume, h. 710-735.
- Golightly, J. Paul. 2010. Progress In Understanding The Evolution Of Nickel Laterites. Society of Economic Geologists, Inc. Special Publications, v. 15.
- Hall, R., Wilson, E.J., 2000. Neogene suture in Eastern Indonesia. J.Asian Earth Sci. 18, 781 – 808
- Hamilton, Warren. 1979. Tectonics of the Indonesian Region. Geological Society of Malaysia, Bulletin 6:3-10.

- Hasria. 2021. Pengaruh Geomorfologi Terhadap Pola Distribusi Unsur Nikel Dan Besi Pada Endapan Nikel Laterit Di Kabupaten Buton Tengah-Sulawesi Tenggara : Jurnal GEOSAPTA Vol. 7 No.2
- Helmut G. F. Winkler. 1976. Petrogenesis of Metamorphic Rocks, Fourth Edition. New York : Springer-Verlag New York Inc.
- Kadarusman, Ade, Miyashita S., Shigenori M., Parkinson C.P., Ishikawa A. 2004. Petrology, geochemistry and paleogeographic reconstruction of the East Sulawesi Ophiolite, Indonesia. *Tectonophysics* 392 (2004) 55– 83
- Kamaruddin, Hashari. 2018. Profile Of Nickel Laterites In Pomalaa, Kolaka Regency, Southeast Sulawesi Province : *Buletin Sumber Daya Geologi Volume 13 Nomor 2*
- Kurniadi, Adi. 2018. Karakteristik Batuan Asal Pembentukan Endapan Nikel Laterit Di Daerah Madang Dan Serakaman Tengah. Bandung : *Padjadjaran Geoscience Journal Vol.2, No.3*
- Loughnan, F.C. 1969. Chemical weathering of the silicate minerals : American Elsevier Publishing Co. Inc., New
- McDonough, William F dan Rudnick, Roberta L. 1998. Mineralogy and Composition of the Upper Mantle : Department of Earth and Planetary Sciences Harvard University
- Nukdin, Ernita. 2012. Geologi Dan Studi Pengaruh Batuan Dasar Terhadap Deposit Nikel Laterit Daerah Taringgo Kecamatan Pomalaa, Kabupaten Kolaka Provinsi Sulawesi Tenggara : *Jurnal Ilmiah MTG, Vol. 5, No. 2*
- Parkinson, C.D., 1998. Emplacement of the East Sulawesi Ophiolite: evidence from sub ophiolite metamorphic rocks. *J. SE Asian Earth Sci.* 6 (1), 1 – 16.
- Reston, Virginia. Van Gorsel, G. T., 2018. Bibliography Of The Geology Of Indonesia And Surrounding Areas : *Bibliography of Indonesian Geology Ed. 7.0*
- Rickard, M.J. 1972. Fault Classification : Discussion. *Geological Society of America Bulletin*, 2345-2546.
- Santoso, Budi. 2018. The Laterite Nickel Modelling Based On Resistivity Data, In South Kabaena, Bombana District, Southeast Sulawesi Province. Bandung : *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral Vol.19. No.3*
- Simandjuntak, T.O., Suroño., dan Sukido. 1993. Peta Geologi Lembar Kolaka, Sulawesi, Skala 1 : 250.000. Bandung : Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi
- Somptan, Amstrong F., 2012. Struktur Geologi Sulawesi, Bandung; Perpustakaan Sains Kebumihan Institut Teknologi Bandung.
- Strecheisen, A.L. 1976. Classification of The Common Igneous Rocks by Means of Their Chemical Composition: A Provisional Attempt. *Neues Jahrbuch For Mineralogie, Monatshefte*.
- Suroño. 2010. Geologi Lengan Tenggara Sulawesi, Badan Geologi, Bandung.
- Suroño. 2013. Geologi Lengan Tenggara Sulawesi. Bandung: Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral.
- Thamsi, A. B. 2017. Estimasi Cadangan Terukur Endapan Nikel Laterit Cog 2, 0% Menggunakan Metode Inverse Distance Pada Pt. Teknik Alum Service, Blok X : *Jurnal Geomine*, 4(3)
- USGS. 2011. Ni-Co Laterites – A Deposit Model. U.S Geological Survey.
- Van Leeuwen, T. M. and P. E. Pieters. 2011. Mineral Deposits of Sulawesi : *Proceedings of the Sulawesi Mineral Resources (December):1–10*.
- Williams, H., Turner, F.J., and Gilbert, C.M., 1954, *Petrography. An Introduction To The Study Of Rocks In Thin Section*, University Of California Berkeley, W. H. Freeman And Company, San Fransisco. 90
- Zakaria, Z., Sidarto. 2015. Aktivitas Tektonik di Sulawesi dan Sekitarnya Sejak Mesozoikum Hingga Kini Sebagai Akibat Interaksi Aktivitas Tektonik Lempeng Tektonik Utama di Sekitarnya, *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral Vol. 16(3)*, 115-127.