

PENGARUH GEOMORFOLOGI TERHADAP POLA DISTRIBUSI UNSUR NIKEL DAN BESI PADA ENDAPAN NIKEL LATERIT DI KABUPATEN BUTON TENGAH-SULAWESI TENGGARA

Hasria¹, Suryawan Asfar², La Ode Ngkoimani³, Ali Okto⁴, Rio Irhan Mais Cendra Jaya⁵, Risal Sepdiansar⁶

^{1,2,3,4,5,6}Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan, Universitas Halu Oleo

e-mail: ¹hasriageologi@gmail.com, ²suryawan_asfar@yahoo.com, ³laodem@yahoo.com, ⁴aliokto.geologi@uho.ac.id, ⁵riocj@uho.ac.id, ⁶risalsepdiansar@gmail.com

ABSTRAK

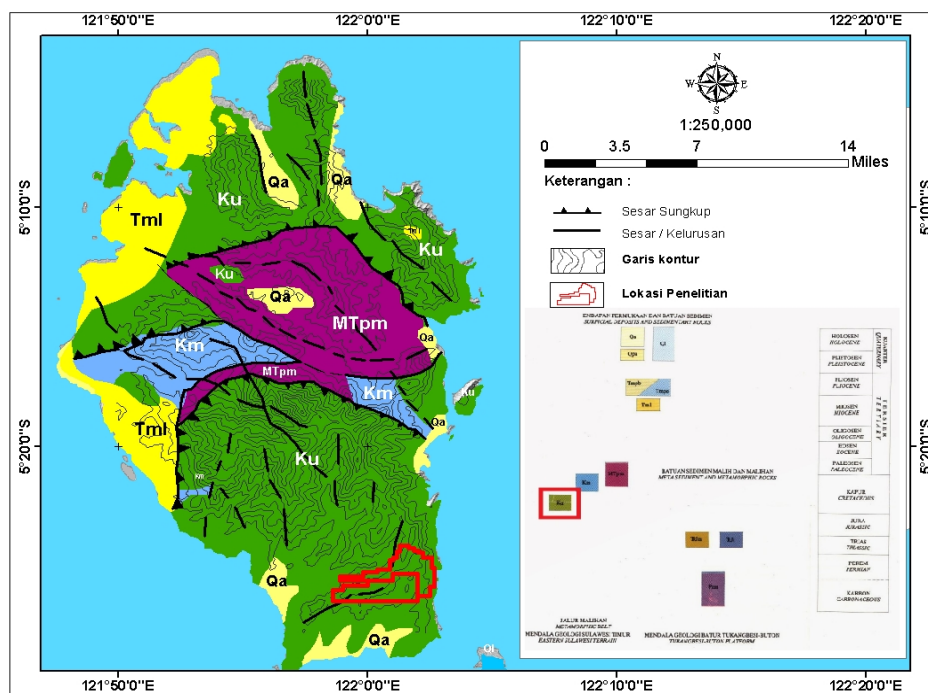
Penelitian ini terletak di Pulau Kabaena yakni di Desa Wulu Kecamatan Talaga Raya Kabupaten Buton Tengah Provinsi Sulawesi Tenggara. Tujuan dari penelitian ini untuk mengidentifikasi pengaruh geomorfologi terhadap pola distribusi kandungan unsur nikel dan besi pada endapan nikel laterit. Metode penelitian terdiri dari studi pustaka; pengamatan geomorfologi dan pengambilan sampel yang representatif; analisis laboratorium menggunakan X-Ray Fluorescence (XRF); serta analisis data. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata pola distribusi kandungan unsur nikel dan besi mengalami peningkatan pada geomorfologi perbukitan tinggi dengan kemiringan agak curam di zona limonit dan saprolit. Hal ini diinterpretasikan karena terdapatnya rekahan-rekahan pada geomorfologi tersebut sehingga memudahkan masuknya air sehingga proses pelapukan/laterisasi yang terjadi akan meningkat. Adapun kandungan unsur nikel mengalami pengkayaan (*enrichment*) di zona saprolit sedangkan unsur Fe mengalami pengkayaan di zona limonit. Hal ini disebabkan karena unsur Ni merupakan unsur yang mempunyai mobilitas yang tinggi (*mobile*) sehingga selama proses pelapukan/laterisasi, akan tertransportasi ke arah bawah permukaan dan terkonsentrasi pada bagian bawah yakni zona saprolit, sedangkan unsur Fe merupakan unsur yang *immobile* yang tidak mudah bergerak ke arah bawah sehingga terkonsentrasi pada bagian atas yakni zona limonit.

Kata-kata kunci : Geomorfologi, nikel, besi, saprolit, limonit.

PENDAHULUAN

Daerah penelitian berada di wilayah Pulau Kabaena yang secara geomorfologi berada pada Satuan stratigrafi berada pada Kompleks ultramafik (Gambar-1) yang terdiri atas harzburgit, dunit, wherlit, serpentinit, gabbro, basal, dolerit, diorit, mafik meta, amphibolit, magnesit dan setempat rodingit yang diperkirakan berumur Kapur [1]. Sesar Sungkup yang berarah Barat-Timur mensesar sungkupkan Kompleks Ultramafik ke atas Kompleks Pompangeo dan sedimen malih Kabaena, yang diperkirakan terjadi pada Mesozoikum. Sesar lainnya yang

dijumpai di daerah ini berukuran lebih kecil yang terbentuk pada Kala Plio-Pliostosen. Adapun lipatan yang dijumpai di daerah ini terdiri dari lipatan lemah dengan kemiringan lapisan tidak lebih dari 20° dan berkembang pada batuan yang berumur Neogen dengan sumbu lipatan biasanya bergelombang berarah Utara-Selatan dibagian Barat lembar peta dan Barat Laut – Tenggara dibagian tengah dan Timur lembar peta ini. Kekar dijumpai hampir di semua jenis batuan, terutama batuan beku (Kompleks Ultramafik), batuan sedimen malih berumur Mesozoikum, dan batuan metamorf (Kompleks Pompangeo).



Gambar-1. Peta geologi daerah penelitian (modifikasi [1]).

Nikel terdapat dalam batuan ultramafik yang kaya akan mineral mafik. Proporsi kandungan nikel (Ni) umumnya berkurang dalam mineral mafik yaitu olivin > orthopyroksin > clinopyroksin. Kromit primer dan magnetit juga mengandung nikel dalam jumlah kecil. Kehadiran nikel paling banyak berasal dari pergantian unsur Mg pada struktur olivine. Namun beberapa unsur nikel (Ni) dalam jumlah besar dapat menggantikan besi (Fe) atau atom-atom Fe^{++} dalam olivine [2]. Pelapukan (laterisasi) yang terjadi pada batuan ultramafik seperti peridotit menyebabkan unsur-unsur yang *mobile* larut dan terendapkan pada zona bagian bawah laterit, sedangkan unsur dengan mobilitas rendah atau *immobile* mengalami pengayaan secara residual dan sekunder. Proses pembentukan nikel laterit dipengaruhi oleh batuan asal, struktur (joint), iklim, proses pelarutan kimia dan vegetasi, topografi dan waktu [3].

Menurut [4] bahwa laterit merupakan tubuh batuan atau regolith yang mempunyai kandungan Fe yang tinggi dan telah mengalami pelapukan, termasuk di dalamnya profil endapan hasil transportasi yang masih tampak batuan asalnya. Proses pelapukan akan menghasilkan laterit dengan karakteristik kadar, kimia dan mineralogi yang beragam serta ketebalan endapan nikel laterit [5].

Morfologi merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi sirkulasi air hujan yang jatuh ke permukaan tanah. Keadaan morfologi daerah setempat mempengaruhi proses pelarutan suatu unsur *mobile* dan *immobile* dalam batuan ultramafik untuk membentuk endapan nikel laterit. Ketika air hujan jatuh ke permukaan tanah maka air hujan yang mengalir akan dikontrol dengan keadaan morfologi, seperti vegetasi dan kemiringan lereng. Kondisi vegetasi dan kemiringan lereng menentukan air hujan untuk mengalir di permukaan tanah atau menginfiltrasi ke dalam tanah. Menurut [3] mengemukakan bahwa topografi memberikan pengaruh kuat pada tingkat pelapukan dan akumulasi residu. Pada saat bersamaan, proses laterisasi mempengaruhi perkembangan bentang alam yang tidak biasa. Pada lereng curam, air hujan lebih banyak yang mengalir dan sedikit yang menginfiltrasi ke dalam tanah sedangkan pada lereng yang landai, air hujan memiliki peluang untuk menginfiltrasi ke dalam tanah.

Pulau Kabaena wilayahnya didominasi oleh Kompleks Ultramafik, memiliki potensi endapan nikel laterit dengan kandungan unsur nikel (Ni) dan besi (Fe)

yang bervariasi. Di wilayah ini telah berdiri perusahaan PT. Arga Morini Indah yang telah melakukan penambangan terhadap bijih nikel. Penelitian di wilayah ini sangat penting untuk dilakukan karena pengaruh geomorfologi terhadap pola distribusi unsur nikel dan besi di daerah penelitian memiliki karakteristik yang unik dibandingkan dengan di wilayah lain di Sulawesi Tenggara. Penelitian ini juga diharapkan dapat bermanfaat dalam mendukung usaha penambangan bijih nikel di daerah ini dan wilayah lainnya di Sulawesi Tenggara yang memiliki kondisi geologi yang sama.

METODOLOGI

Metode penelitian dibagi menjadi 4 tahap yakni; (1) studi pustaka yang meliputi proses pembuatan peta administrasi daerah terkait dan pengkajian referensi hasil penelitian terdahulu serta pengumpulan data sekunder, (2) tahap penelitian meliputi pe yang telah melakukan penambangan terhadap bijih nikel ngambilan data primer berupa gambaran geomorfologi; (3) Analisis laboratorium menggunakan X-Ray Fluorescence (XRF) dilakukan di Laboratorium perusahaan PT. Arga Morini Indah, (4) Analisis data meliputi analisis geomorfologi berdasarkan [6] dan penentuan sebaran kandungan nikel (Ni) dan besi (Fe).

HASIL DAN DISKUSI

Daerah penelitian umumnya memiliki geomorfologi yang dipengaruhi oleh proses erosi permukaan dan pelapukan yang intensif pada batuan ultramafik. Hal ini nampak pada karakteristik endapan nikel laterit yang heterogen dan bentuk topografi yang termasuk dalam kategori perbukitan tinggi. Ketinggian topografi daerah penelitian berada pada ketinggian antara 500 sampai 551,25 meter di atas permukaan laut. Pengamatan satuan geomorfologi ini berdasarkan analisis morfometri dan analisis morfografi dengan pendekatan aspek geomorfologi yang mempengaruhi daerah penelitian.

Analisis Morfometri dan Morfografi

Analisis morfometri atau analisa kemiringan lereng dengan metode penginderaan jauh geologi pada wilayah ini dilakukan menggunakan *software Arcgis 10.8* dan *Microsoft excel 2019*, dimana pada daerah penelitian terdapat 5 kelas kemiringan lereng yang berbeda berdasarkan [6] (Tabel-1).

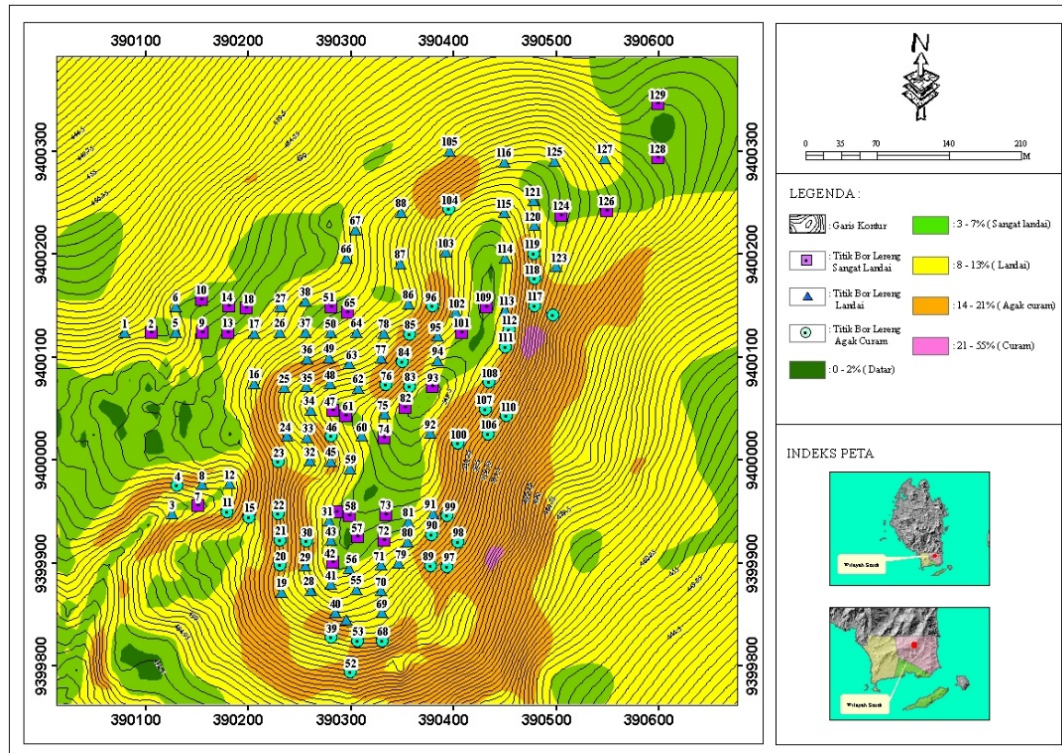
Tabel 1. Kemiringan lereng daerah penelitian berdasarkan klasifikasi [6].

Slope	Luas (m2)	Persen (%)
Datar	3868.56	1.11
Sangat Landai	64512.64	18.46
Landai	202874.22	58.04
Agak Curam	75276.44	21.53
Curam	3033.23	0.87
Grand Total	349565.09	100

Berdasarkan pengklasifikasian [6], maka kemiringan lereng daerah penelitian yang terdiri dari datar (0 – 2%), sangat landai (3 – 7%), landai (8 – 13%), agak curam (14 – 20%) dan curam (21 – 55%).

Namun, sebaran titik bor hanya terdapat pada 3 (tiga) kemiringan lereng yakni sangat landai, landai dan

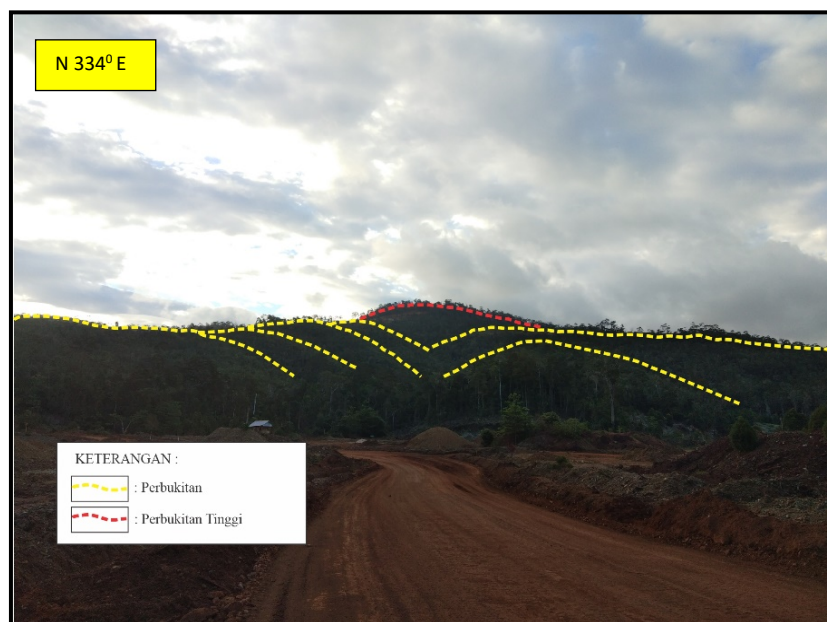
agak curam (Gambar-2). Data pengeboran eksplorasi yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 129 titik bor yang diolah menggunakan *Microsoft excel 2019*. Kemudian dari 129 titik bor dibagi dalam tiga kemiringan lereng yaitu kelerengan sangat landai, landai dan agak curam.



Gambar-1. Peta geomorfologi daerah penelitian beserta sebaran titik bor.

Analisis morfografi dilakukan dengan pengamatan langsung di lapangan secara kualitatif dengan mengamati gejala geologi permukaan dan bentuk morfologi daerah penelitian berupa proses erosi dan pelapukan. Proses erosi yang terdapat pada daerah penelitian berupa erosi alur, sedangkan untuk proses pelapukannya berupa pelapukan fisik dan pelapukan kimiawi. Hal ini dapat terlihat pada profil nikel laterit yang memiliki perbedaan warna setiap layer-nya yang

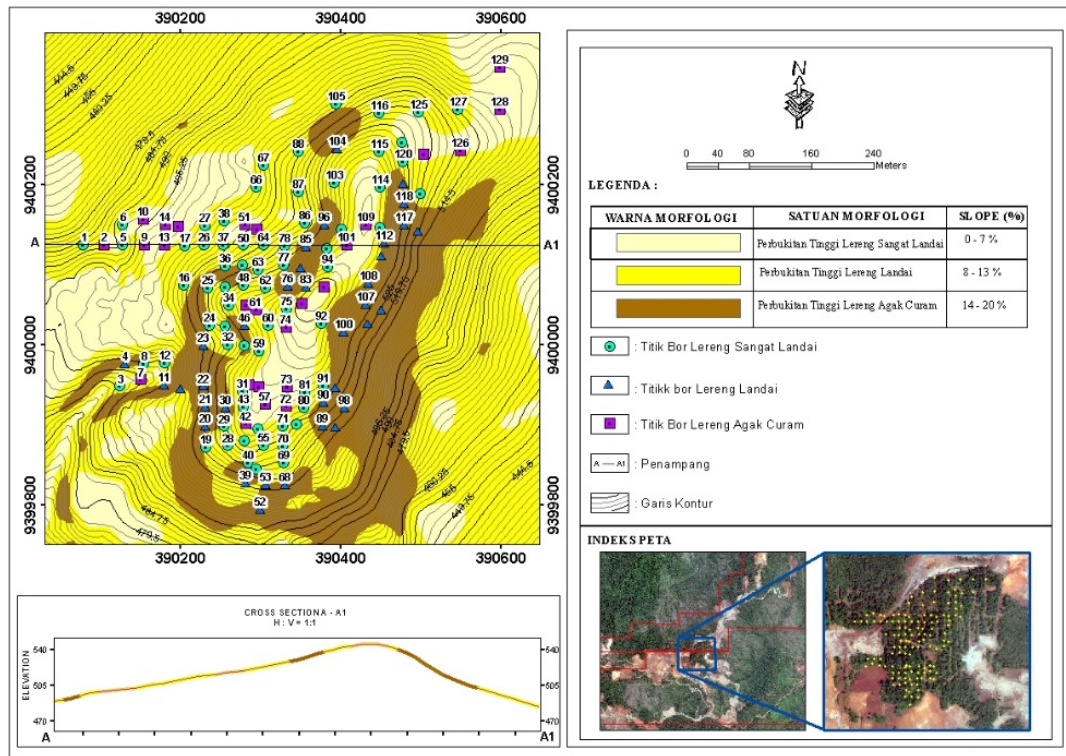
dipengaruhi oleh proses pelarutan unsur kimia dan penghancuran batuan dasar. Bentuk puncak daerah penelitian memiliki puncak “V” terbalik yang relatif tumpul dan memanjang berarah Timur Laut-Barat Daya dengan lembah yang berada di sekitarnya relatif membentuk lembah seperti huruf “U” yang melebar. Daerah penelitian juga memiliki tutupan lahan vegetasi yang ditumbuhi oleh pepohonan dan semak-semak (Gambar-3).



Gambar-2. Keadaan morfografi daerah penelitian dengan arah N 334° E.

Berdasarkan pendekatan hasil analisa morfometri dan morfografi maka diperoleh geomorfologi daerah penelitian yakni terdiri dari satuan morfologi perbukitan tinggi sangat landai, perbukitan tinggi landai, dan perbukitan tinggi agak curam (Gambar-4). Pada kelerengan

sangat landai dipuncak bukit, tidak ditemukan proses erosi yang berkembang, kemudian kelerengan landai yang memiliki tutupan lahan berupa pepohonan dan semak-semak. Adapun kelerengan agak curam terdapat proses erosi alur yang berkembang.



Gambar-3. Satuan morfologi daerah penelitian.

Pola Distribusi Kandungan Nikel (Ni) dan Besi (Fe)

Secara umum sebaran kandungan nikel dan besi ditentukan menggunakan basis data pengeboran eksplorasi yang telah divalidasi dan diolah menggunakan *software ArcGis 10.8* dengan menggunakan metode interpolasi IDW. *Inverse Distance Weighting (IDW)* merupakan metode interpolasi yang digunakan untuk mengetahui nilai kadar suatu unsur pada wilayah yang tidak bersampel berdasarkan data di sekitarnya [7]. Penentuan zona endapan nikel laterit pada daerah penelitian didasarkan pada pengamatan langsung di lapangan pada setiap zona endapan nikel laterit secara megaskopik berdasarkan pengamatan data eksplorasi dengan cara mengamati karakteristik endapan berupa warna, tekstur, kandungan mineral penciri dan sebagainya. Adapun penentuan zona endapan nikel laterit berdasarkan kandungan unsur kimia yang menggunakan X-Ray Fluorescence (XRF) (Tabel 2), dibagi atas kandungan unsur nikel (Ni) dan besi (Fe) yang didasarkan pada penelitian [8] yang mengemukakan bahwa

kandungan nikel dan besi zona top soil (kadar Ni < 1% dan Fe < 30%), Zona Limonit (kadar 1,0% < Ni < 1,4% dan Fe > 40%), *low saprolite ore zone (LSOZ)*, kadar 1,4% < Ni < 1,8% dan Fe < 40%) serta *high saprolite ore zone (HSOZ)*, kadar Ni > 1,8% dan Fe < 30%.

Kandungan Nikel (Ni) dan Besi (Fe) Zona Limonit

Karakteristik zona limonit di daerah penelitian, umumnya memiliki tekstur material yang berwarna merah kecoklatan dan kuning kecoklatan. Material yang berwarna merah kecoklatan terdiri dari mineral mineral oksida besi seperti hematit magnetit, mangan, goethite dan mineral lain. Pada zona limonit dengan warna kuning kecoklatan banyak mengandung mineral goethit, hematit dan beberapa mineral lain [9]. Umumnya materialnya berukuran lempung dan terkadang terdapat material berukuran kerakal sampai pasir hasil dari konsentrasi besi yang cukup tinggi membentuk *ferricrete* (Gambar-6).



Gambar-6. Zona limonit daerah penelitian.

Tabel-2. Hasil analisis XRF daerah penelitian

Sangat Landai							Landai						
Sampel	Limonit			Saprolit			Sampel	Limonit			Saprolit		
	Ni	Fe	Tebal	Ni	Fe	Tebal		Ni	Fe	Tebal	Ni	Fe	Tebal
	(%)	(%)	(m)	(%)	(%)	(m)		(%)	(%)	(m)	(%)	(%)	(m)
2	0,79	35,67	2,3	1,07	12,22	5,7	1	0,87	35,40	1,8	1,22	13,32	5,2
7	0,97	33,26	4	1,28	12,71	15	3	1,09	27,99	5	1,06	32,05	1
9	0,59	32,90	5	0,85	10,38	12	5	0,72	33,32	1,5	0,93	10,95	6,5
10	0,65	38,04	4	0,92	15,32	11	6	0,64	34,91	2,7	0,82	10,49	17,3
13	0,80	35,56	7,35	1,12	9,70	9,65	8	0,82	35,64	4	1,07	11,52	14
14	0,68	38,28	5	0,94	19,68	15	12	0,96	33,64	1	1,49	13,76	11
18	0,65	36,25	5	1,05	19,68	7	16	0,68	16,42	11	0,81	8,18	8
42	0,41	40,54	8	0,46	29,61	8	17	0,76	23,64	5,7	0,72	6,52	0,3
44	0,52	28,24	22	1,11	7,67	3	19	0,73	37,14	17,41	3,28	11,34	2,59
47	0,77	31,46	30	0,80	6,71	1	24	0,73	19,42	16	1,09	9,27	3
51	0,58	30,26	5,5	0,92	13,28	7,5	25	0,50	26,46	7,7	1,32	8,58	2,3
57	0,44	41,57	5	0,67	23,61	29	26	0,69	36,25	2,4	1,19	10,59	19,6
58	0,46	38,74	13	1,55	14,86	13	27	0,59	33,68	5,4	1,13	19,31	3,6
61	0,41	42,91	4	1,12	27,39	22	28	0,63	34,83	9	0,88	12,51	15
65	0,61	34,02	6	0,97	12,58	6	29	0,56	36,76	12	1,09	26,27	18
72	0,44	33,93	39,5	1,35	15,47	7,5	31	0,55	28,47	23	0,81	11,12	4
73	0,45	36,41	25	0,44	17,48	4	32	0,69	36,75	16	1,12	23,51	18
74	0,49	30,61	13	0,65	14,67	5	33	0,63	32,56	16	1,11	12,66	3
82	0,58	34,41	42,8	1,07	7,99	2,2	34	0,65	37,00	17	0,90	18,28	22
93	0,47	32,14	9	1,22	16,91	1	35	0,41	32,25	3,75	0,92	12,24	4,25
101	0,77	27,58	5	1,03	13,59	2	36	0,76	34,58	5	1,76	22,99	6
109	0,74	28,76	20	1,03	10,88	5	37	0,91	25,45	5,75	0,89	11,42	14,25
124	0,89	28,87	4	1,31	12,79	5	38	0,72	34,99	5,35	1,21	13,27	2,65
126	0,69	34,39	4,3	1,30	10,59	5,7	40	0,69	34,86	18	0,52	7,37	6
128	1,14	27,48	0,6	0,74	9,11	4,4	41	0,47	21,34	23	1,35	16,51	14

Tabel-2. Hasil analisis XRF daerah penelitian (Lanjutan)

Landai							Agak Curam						
Sampel	Limonit			Saprolit			Sampel	Limonit			Saprolit		
	Ni (%)	Fe (%)	Tebal (m)	Ni (%)	Fe (%)	Tebal (m)		Ni (%)	Fe (%)	Tebal (m)	Ni (%)	Fe (%)	Tebal (m)
43	0,48	34,33	13	0,40	10,95	5	4	0,89	30,02	7,2	1,66	18,49	2,8
45	0,54	31,03	22	0,78	8,78	4	11	0,88	34,87	4	0,68	12,33	4
48	0,56	33,14	3,4	1,23	12,00	10	15	0,88	33,33	6	1,00	9,42	8
49	0,65	25,70	4	2,26	10,78	3	20	0,67	37,70	15	1,07	26,61	15
50	0,60	36,28	3	1,43	17,63	9,3	21	1,28	26,99	12	1,45	16,01	10
54	0,42	19,92	19	0,67	34,24	1	22	0,91	28,75	10	1,21	16,96	4,3
55	0,46	38,82	8	0,70	18,88	44	23	0,73	22,34	26	1,48	15,35	4
56	0,52	35,27	32	0,71	8,56	19	30	0,52	22,75	14	1,35	12,91	9
59	0,48	34,42	19	1,20	13,65	10	39	0,57	38,28	6,52	0,94	9,57	14,48
60	0,37	26,33	3,53	1,43	13,81	3,95	46	0,82	24,90	16	1,00	16,33	17
62	0,73	28,85	9	0,61	8,75	6	52	0,62	37,90	7	1,12	14,95	19
63	1,00	32,80	15	1,78	10,09	1,6	53	0,45	27,21	12	0,66	22,29	20
64	0,63	35,25	5	1,16	23,49	6	68	0,51	32,05	17	0,92	14,23	26
66	0,94	36,41	2	0,79	9,46	5	76	0,62	34,37	5	1,80	17,46	5
67	1,12	27,74	2	1,54	7,36	3	83	0,32	36,28	13,7	1,81	10,26	3
69	0,44	20,32	18	1,12	19,51	16,48	84	1,14	22,91	10	0,86	10,77	5
70	0,44	40,23	4	0,46	32,72	9	85	0,52	26,19	4	0,94	11,70	12
71	0,49	34,08	42,4	0,51	8,43	1,6	89	0,48	33,00	34	1,15	10,48	1,5
75	0,45	27,85	10	0,79	14,02	9	90	0,37	32,84	25	1,55	15,95	3,5
77	0,92	20,62	3,5	1,05	7,77	2,5	96	0,60	32,96	4	1,30	10,82	2
78	0,65	35,40	9	1,02	16,72	4	97	0,56	24,76	33,65	1,05	12,69	11,35
79	0,45	37,34	32	0,96	27,05	11	98	0,44	29,59	27,66	1,37	14,08	6,34
80	0,40	35,22	33	1,28	17,15	4,37	99	0,33	24,27	23	0,68	10,59	12
81	0,43	37,57	32	1,15	15,11	10	100	1,35	15,59	5	1,25	8,99	14
86	0,70	37,35	1,5	0,70	7,50	7,5	104	1,13	21,91	2	1,06	10,51	2
87	0,82	30,65	2,7	0,63	7,22	6,3	106	0,93	32,92	3	0,95	12,09	9
88	1,23	26,96	1	1,54	9,36	2,55	107	1,11	26,29	1,41	1,06	10,63	4,14
91	0,38	30,31	23	1,16	20,11	7,48	108	1,23	18,32	3,53	0,96	10,15	3,95
92	0,46	37,53	6	1,33	13,91	13	110	1,16	31,82	1	1,17	11,25	3
94	0,96	29,80	5	0,81	11,85	7	111	0,88	12,31	5	0,76	9,25	13
95	0,59	35,10	6	1,46	17,53	11	112	1,01	28,24	1	0,92	9,16	3
102	0,63	26,66	3,35	0,81	9,02	10,65	117	0,95	31,95	1	1,42	14,07	5
103	0,72	33,30	3,2	1,10	9,57	5,8	118	0,79	36,55	1	0,84	9,10	6
105	0,78	33,14	2	1,36	9,43	3	119	0,84	35,29	2,4	1,28	14,18	6
113	0,95	27,73	1	0,62	8,58	2	122	1,59	21,20	1	0,81	8,82	4
114	0,71	36,35	4	1,10	13,20	12							
115	0,90	21,44	2	0,70	8,50	4							
116	0,77	24,52	7,7	1,41	13,29	4,3							
120	0,63	30,79	4	1,18	15,88	7							
121	0,63	29,47	3	0,93	10,70	15							
123	0,90	36,40	3	1,49	13,79	3							
125	0,38	17,17	8	1,95	12,18	7							
127	1,04	27,87	7,5	1,19	11,19	7,5							

Berdasarkan Tabel-2, bahwa sebaran kandungan nikel di zona limonit pada daerah penelitian didominasi unsur Ni sebesar 0,7 – 1%; 0 – 0,5%; 0,5 – 0,7% dan pada 12 titik pengeboran unsur Ni sebesar 1 – 1,2 % dan $\geq 1,2\%$ (Gambar-6) dan sebaran kandungan nikel meningkat di bagian Utara dengan ketebalan yang bervariasi. Pada kemiringan lereng sangat landai didominasi dengan kadar unsur Ni $\leq 1\%$ dan hanya 1 titik bor yang memiliki unsur Ni $>1\%$ dengan tebal limonit tertinggi 42,8 m. Pada kemiringan lereng landai terdapat 5 titik bor yang memiliki unsur Ni $>1\%$ dengan ketebalan yang bervariasi. Sedangkan pada kemiringan lereng agak curam memiliki unsur Ni $>1\%$ terdapat pada 9 titik bor dan 1 titik bor $>1,4\%$ dengan tebal limonit tertinggi 30 – <35 m di 2 titik bor.

Pengaruh geomorfologi terhadap pola distribusi kandungan unsur nikel pada zona limonit daerah penelitian adalah terdapat keunikan tersendiri jika dibandingkan dengan unsur nikel di wilayah lain yang mengalami pengkayaan pada geomorfologi yang sangat landai [10], [2], [3] dan [8]. Pada daerah penelitian, rata-rata pola distribusi kandungan unsur nikel mengalami pengkayaan (*enrichment*) pada geomorfologi yang agak curam (Tabel 3) dan mengalami penurunan kandungan unsur nikel pada geomorfologi landai yang diikuti oleh geomorfologi sangat landai dengan ketebalan yang bervariasi.

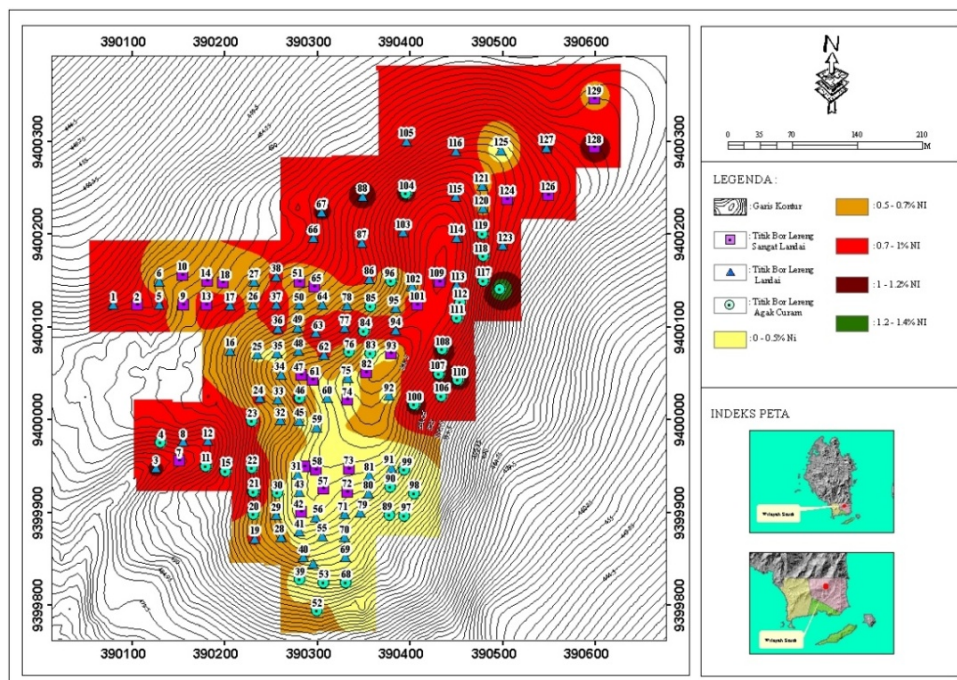
Keunikan kandungan unsur di daerah penelitian ini memiliki kemiripan dengan endapan nikel laterit di New Caledonia Paris yakni pengkayaan unsur nikel laterit geomorfologi perbukitan dengan kemiringan agak curam yang ditemukan disebabkan oleh batuan dasar (*bedrock*) yang bergelombang dan dominasi pergerakan air tanah lateral selama terjadinya proses laterisasi [11] dan [12].

Tabel-3. Rata-rata kandungan nikel dan dan besi serta ketebalan pada zona limonit dan saprolit pada geomorfologi yang berbeda.

Geomorfologi	Zona Limonit (Rata-Rata)			Zona Saprolit (Rata-Rata)		
	Nikel	Besi	Tebal	Nikel	Besi	Tebal
Sangat Landai	0,64	34,09	11,57	0,99	14,59	8,27
Landai	0,67	31,19	9,9	1,11	13,88	8,18
Agak Curam	0,8	28,76	10,29	1,13	13,09	8,23

Ket : nikel dan besi dalam % dan ketebalan dalam meter.

Pola sebaran kandungan nikel yang meningkat pada geomorfologi dengan kemiringan lereng yang agak curam di daerah penelitian, diindikasikan karena adanya rekahan-rekahan minor walaupun sudah tidak terlihat karena seluruh daerah penelitian telah mengalami pelapukan. Indikasi ini didukung oleh banyaknya sesar-sesar minor di wilayah Kabaena akibat adanya Sesar Sungkup (Gambar-1). Indikasi tersebut juga diperkuat karena pada geomorfologi dengan kelerengan agak curam terdapat proses erosi alur yang berkembang dengan baik sehingga proses pelapukan menjadi intensif. Indikasi adanya rekahan di daerah penelitian memberikan kontribusi terhadap kandungan nikel karena rekahan akan membawa mineral-mineral lapukan batuan dengan melewati zona-zona lemah sebagai media tempat fluida mengalir sehingga rekahan ini akan mempermudah rembesan air ke dalam tanah. Hal tersebut akan mempercepat proses pelapukan sehingga berfungsi sebagai tempat pengendapan larutan-larutan yang mengandung nikel [13] dan [14].



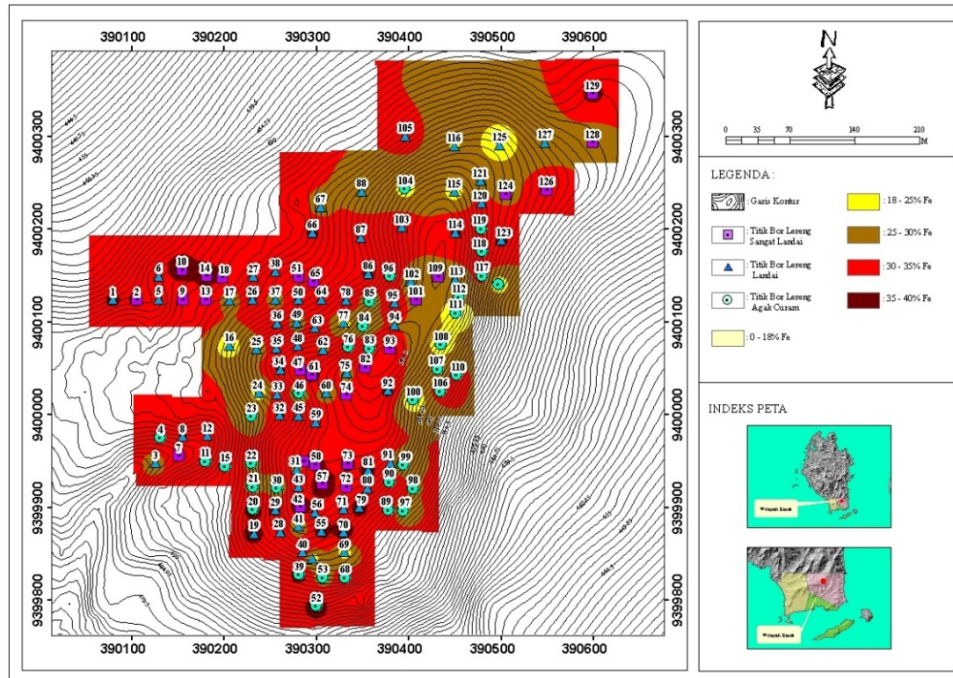
Gambar-4. Peta sebaran nikel zona limonit daerah penelitian.

Pola distribusi kandungan besi di zona limonit didominasi kadar unsur Fe $\geq 30 - 35$ % yang diikuti dengan kadar 25 – 30 %. Kandungan besi dengan kadar 0 – 25 % dan kadar $\geq 35\%$ hanya tersebar di beberapa titik

pengeboran (Gambar-7). Sebaran kadar unsur besi meningkat di bagian selatan, yakni unsur Fe $>35\%$ terdapat pada 7 titik bor dan 3 titik bor yang memiliki kadar unsur Fe $\geq 40\%$ dengan ketebalan yang bervariasi.

Pada kemiringan lereng landai kadar unsur Fe $\geq 35\%$ terdapat pada 20 titik bor dan $\geq 40\%$ dengan ketebalan yang bervariasi tetapi terdapat pada 1 titik bor dengan tebal limonit tertinggi 42,4 meter (Tabel-2). Adapun pada kemiringan lereng agak curam memiliki kadar unsur Fe tertinggi berkisar $35 - \leq 40\%$ dengan tebal limonit tertinggi 30 – < 35 meter di 2 titik bor.

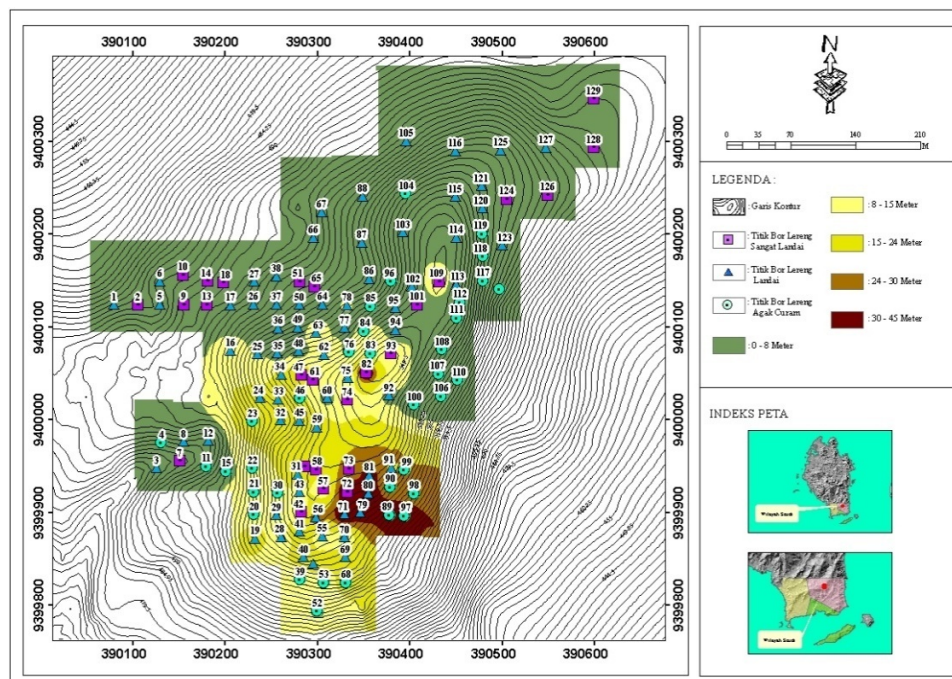
Pengaruh geomorfologi terhadap pola distribusi kandungan unsur Fe pada zona limonit (Tabel-3) juga mempunyai keunikan yang sama dengan kandungan nikel yakni mengalami pengkayaan pada geomorfologi agak curam, diikuti oleh geomorfologi landai dan sangat landai dengan ketebalan yang bervariasi.



Gambar-5 Peta sebaran kandungan besi zona limonit daerah penelitian

Mengacu pada Tabel-3, ketebalan zona limonit bervariasi pada setiap geomorfologi yang berbeda (Gambar-8). Pada geomorfologi landai mempunyai

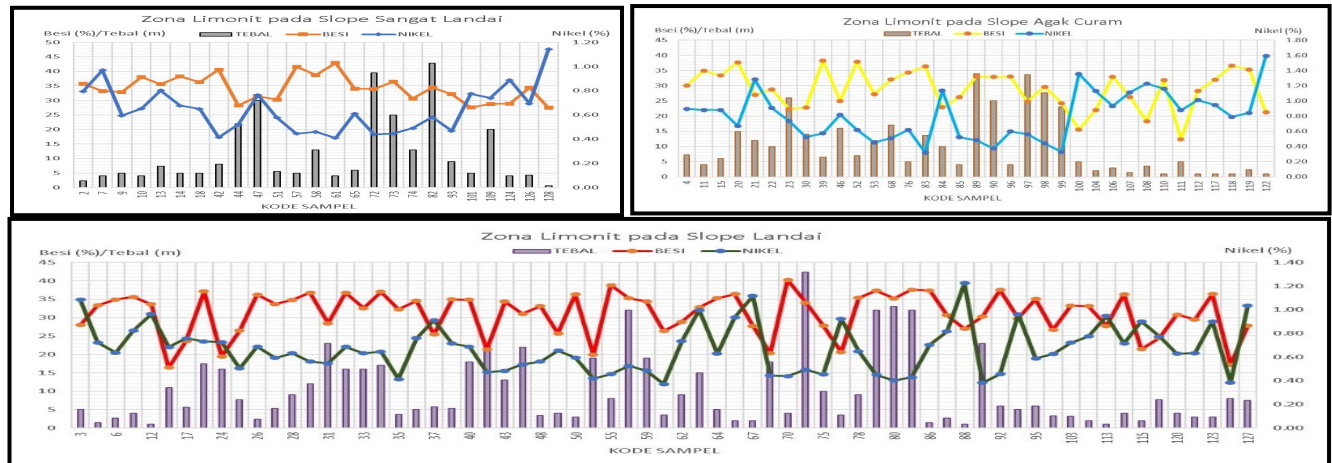
ketebalan hingga 11,57 meter, sedangkan pada geomorfologi landai 9,9 meter dan pada geomorfologi agak curam sebesar 10,29 meter.



Gambar-6. Sebaran Ketebalan zona limonit di daerah penelitian.

Perbandingan unsur Ni dan Fe serta ketebalan pada zona limonit (Gambar-9) menunjukkan bahwa pada zona ini, unsur Fe mengalami pengkayaan (*enrichment*) disebabkan karena unsur Fe merupakan unsur memiliki mobilitas yang rendah (*immobile*) dan tidak mudah larut ketika terjadi pelapukan, sehingga tidak mudah bergerak ke arah bawah dan terakumulasi di zona atas (zona

limonit) dari profil laterit. Adapun unsur Ni pada zona limonit menunjukkan kandungan yang rendah karena unsur Ni merupakan unsur yang mempunyai mobilitas yang tinggi (*mobile*) dan mudah larut sehingga ketika terjadi pelapukan/laterisasi akan larut dan mengalami *leach out* akan bergerak dan mengendap ke arah bawah [10] dan [15].



Gambar-7. Grafik Perbandingan unsur Ni, Fe dan ketebalan di zona limonit berdasarkan kemiringan lereng sangat landai, landai dan agak curam daerah penelitian.

Pengaruh Geomorfologi Terhadap Pola Distribusi Kandungan Nikel (Ni) dan Besi (Fe) Zona Saprolit

Sebaran kandungan unsur nikel pada zona saprolit di daerah penelitian dibagi dalam *Low Saprolite Ore Zone* (LSOZ), dan *High Saprolite ore Zone* (HSOZ). LSOZ daerah penelitian dengan kadar unsur Ni yang berkisar antara 1 – 1,2% hampir tersebar secara merata di setiap titik pengeboran, kemudian diikuti dengan kadar unsur Ni sebesar 1,2 – 1,4% dan unsur Ni ≤ 1 %. Pada LSOZ rata-rata unsur Ni yang berkisar antara $\geq 1,4$ – 1,8% hanya terdapat di beberapa titik bor, sedangkan HSOZ yang memiliki unsur Ni $> 1,8\%$ hanya terdapat di 3 titik bor saja (Tabel-2). Pola penyebaran kandungan nikel pada zona saprolit dari arah Utara atau Timur Laut sampai Selatan atau Barat Daya kadar unsur Ni relatif tinggi dan menurun di bagian Selatan atau Barat Daya (Gambar-10).

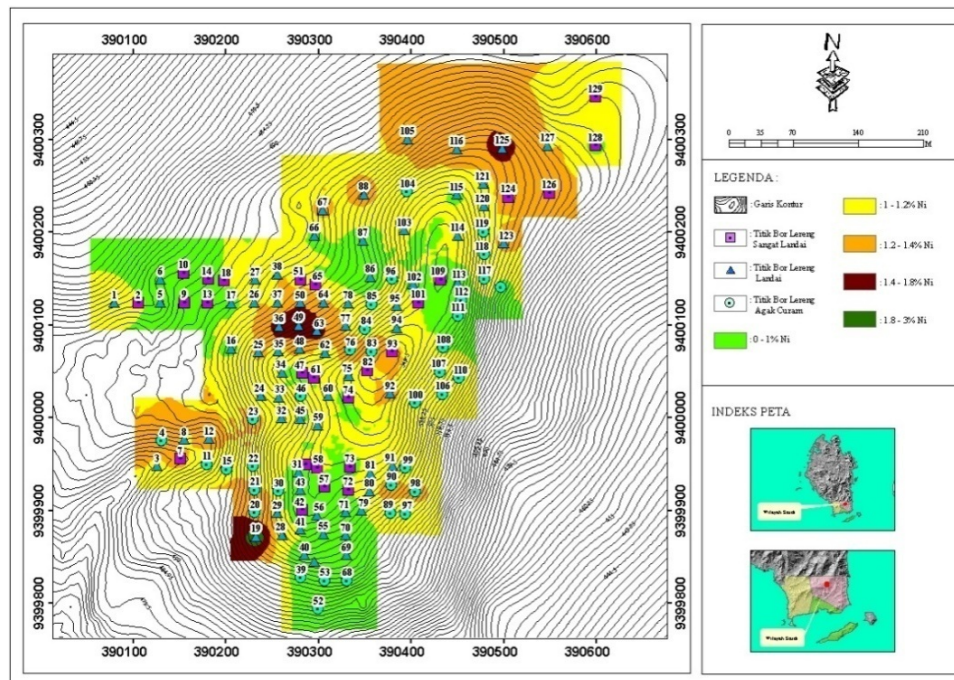
Pada kemiringan lereng sangat landai di zona saprolit memiliki kadar unsur Ni tertinggi 1,55% pada 1 titik bor yang termasuk dalam LSOZ dengan ketebalan tertinggi 29 meter. Pada kemiringan lereng landai $> 1,8\%$ di 3 titik bor dengan kadar tertinggi 3,28%, dengan tebal saprolit tertinggi 44 meter, pada kemiringan lereng agak curam memiliki HSOZ dengan kadar unsur Ni tertinggi 1,81% terdapat pada 2 titik bor dengan tebal saprolit tertinggi 26 meter.

Hubungan geomorfologi terhadap kandungan nikel pada zona saprolit daerah penelitian juga terdapat keunikan dibanding unsur nikel pada daerah lainnya secara umum yakni mengalami pengkayaan pada geomorfologi

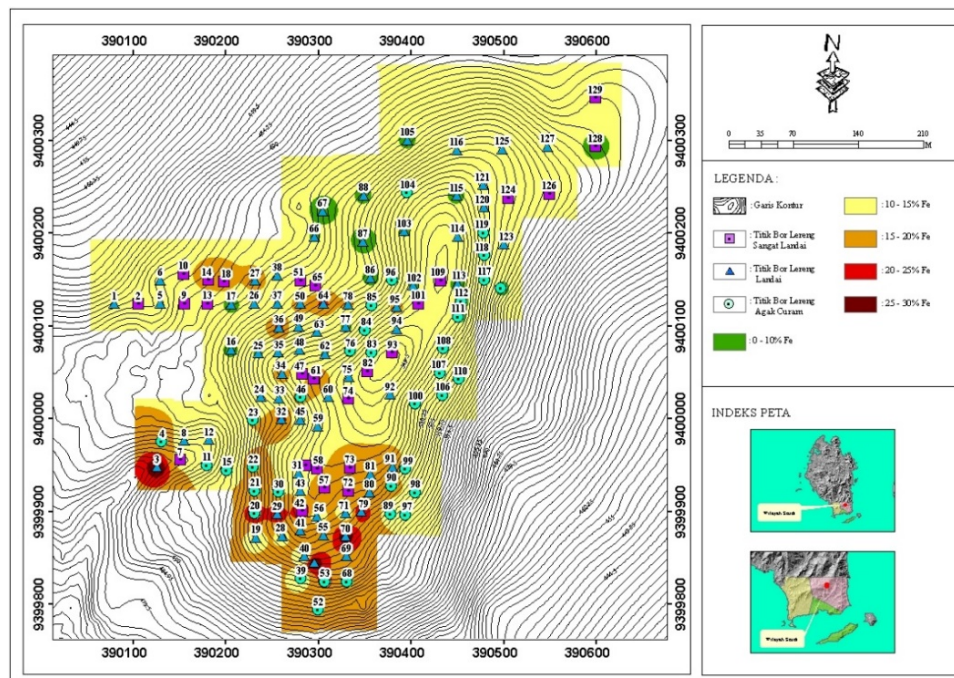
agak curam yang diikuti dengan geomorfologi landai dan sangat landai (Tabel-3). Tetapi, secara umum, kandungan nikel pada zona ini lebih tinggi dibanding pada zona limonit.

Kandungan besi zona saprolit didominasi kadar unsur Fe $\leq 10 - 15\%$ yang tersebar di bagian Barat Daya sampai tengah dan diikuti dengan kadar unsur Fe berkisar 15 – 25 %. Kemudian kadar unsur Fe berkisar $\geq 25 - 30\%$ terdapat pada bagian Utara - Timur laut daerah penelitian. Sedangkan untuk kadar besi diatas 25% Fe hanya terdapat di 3 titik pengeboran (Tabel-2) (Gambar-11). Pada kemiringan lereng sangat landai di zona saprolit memiliki kadar Fe tertinggi berkisar 25 - $< 30\%$ di 2 titik bor dengan ketebalan tertinggi 29 meter. Pada kemiringan lereng landai kadar unsur Fe tertinggi berkisar 30 – 35% di 3 titik bor dengan tebal saprolit tertinggi 44 meter, pada kemiringan lereng agak curam memiliki HSOZ dengan kadar unsur kadar unsur Fe tertinggi 26,61% dengan tebal saprolit tertinggi 26 meter.

Pengaruh geomorfologi terhadap pola distribusi kandungan besi pada zona saprolit daerah penelitian juga terdapat keunikan dibanding unsur nikel pada daerah lainnya yakni mengalami pengkayaan pada geomorfologi agak curam yang diikuti dengan geomorfologi landai dan sangat landai (Tabel-3). Tetapi, secara umum, kandungan besi pada zona ini lebih rendah dibanding pada zona limonit. Pada zona limonit, Fe mengalami pengkayaan tetapi pada zona limonit, dan mengalami penurunan di zona saprolit (Tabel-3).



Gambar-8. Sebaran kandungan nikel zona saprolit di daerah penelitian.

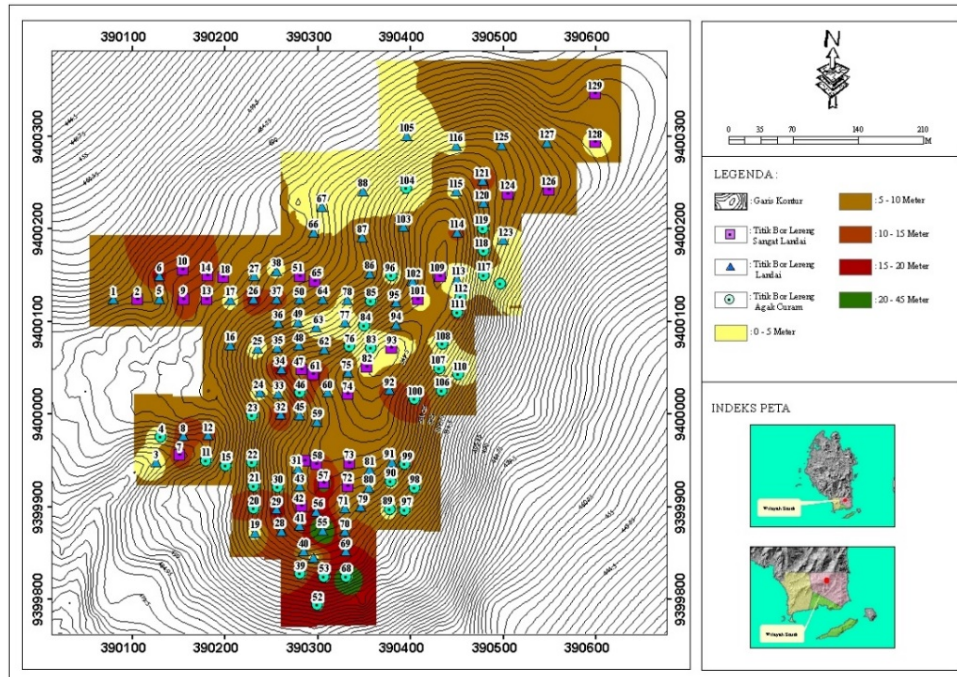


Gambar-9. Sebaran besi zona saprolit di daerah penelitian.

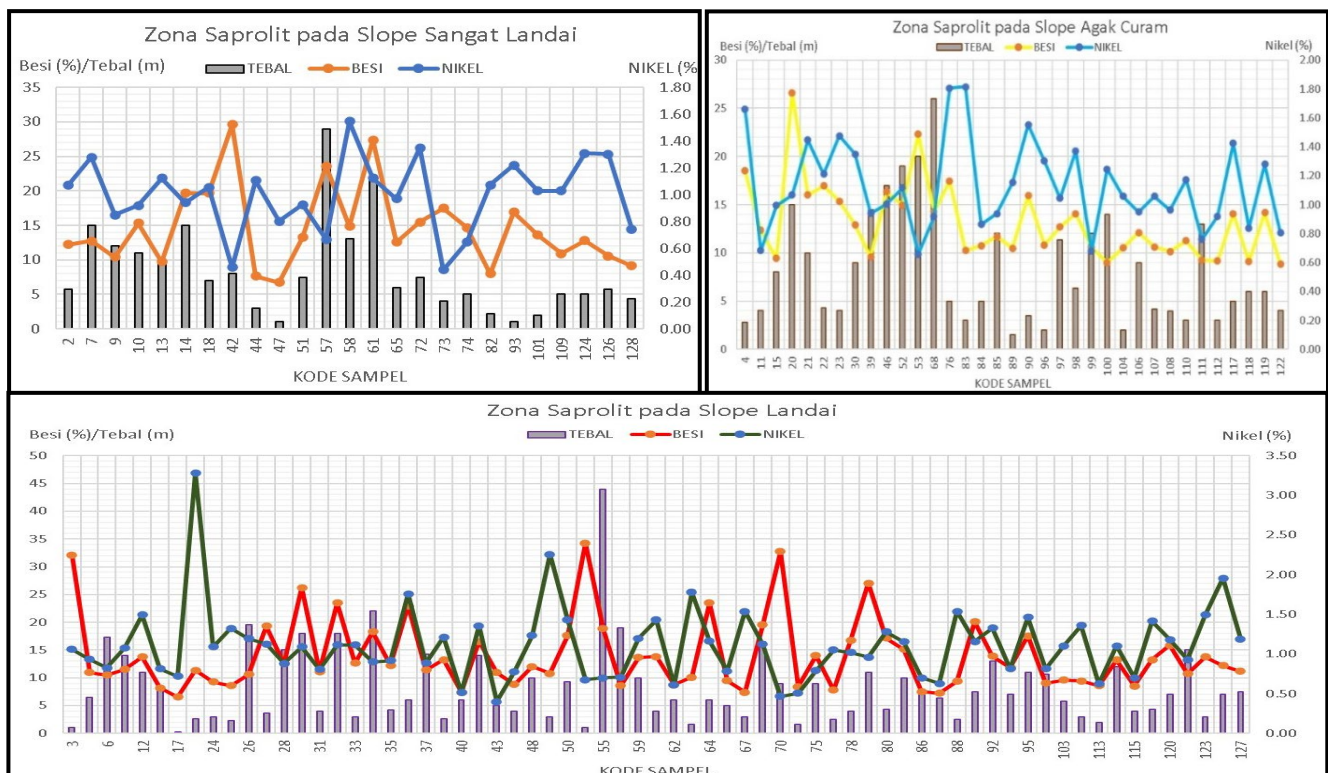
Ketebalan zona saprolit didominasi dengan tebal berkisar antar ≤ 5 sampai 10 meter yang tersebar merata di bagian Utara – Tengah. Kemudian sebaran yang kecil berada pada bagian Selatan dengan ketebalan $\geq 10 - 45$ meter (Gambar-12) dengan rata-rata ketebalan 8 meter (Tabel-3).

Ketebalan zona saprolit di daerah penelitian umumnya bervariasi pada setiap geomorfologi (Tabel-3). Perbandingan unsur Ni dan Fe serta ketebalan pada zona limonit (Gambar-13) menunjukkan bahwa pada zona ini, unsur Ni menunjukkan kandungan yang tinggi karena

unsur Ni merupakan unsur yang mempunyai mobilitas yang tinggi (*mobile*) dan mudah larut sehingga ketika terjadi pelapukan/laterisasi akan larut dan mengalami *leach out* akan bergerak dan mengendap ke arah bawah yakni zona saprolit [10] dan [15]. Adapun unsur Fe mengalami penurunan unsur pada zona ini yang disebabkan karena unsur Fe merupakan unsur memiliki mobilitas yang rendah (*immobile*) dan tidak mudah larut ketika terjadi pelapukan, sehingga tidak mudah bergerak ke arah bawah dan terakumulasi di zona atas (zona limonit) dari profil laterit [3].



Gambar-10. Sebaran ketebalan zona saprolit di daerah penelitian.



Gambar 11 Grafik perbandingan unsur Ni, Fe dan ketebalan di zona saprolit berdasarkan kemiringan lereng sangat landai, landai dan agak curam di daerah penelitian.

KESIMPULAN

1. Daerah penelitian terdiri dari geomorfologi perbukitan tinggi dengan kemiringan lereng sangat landai, landai dan agak curam.
2. Pola distribusi kandungan nikel dan besi pada nikel laterit secara horizontal di daerah penelitian yang memiliki rata – rata sebaran unsur Ni terluas sebesar 0,7 – 1% dan kadar unsur Fe sebesar 30 – 35% dengan ketebalan zona limonit 0 – 8 meter. Sedangkan pada zona saprolit kadar rata – rata dengan sebaran kadar

- unsur Ni terluas sebesar 1 – 1,2% dan kadar unsur Fe 10 – 15% dengan tebal terluas 5 – 10 meter.
3. Rata-rata pola distribusi kandungan unsur nikel dan besi mengalami peningkatan pada geomorfologi perbukitan tinggi dengan kemiringan agak curam di zona limonit dan saprolit.
4. Kandungan unsur nikel mengalami pengkayaan di zona saprolit sedangkan unsur Fe mengalami pengkayaan di zona limonit.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada PT. Arga Morini Indah di Pulau Kabaena Kabupaten Buton Tengah atas bantuan fasilitas dalam pengambilan sampel di lapangan juga termasuk dalam menganalisis sampel di laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Simandjuntak, T. ., Surono, & Sukido. (1993). *Peta Geologi Lembar Kolaka , Sulawesi, Skala 1:250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- [2] Ahmad, W., 2001. *Nickel Laterites - A Training Manual: Chemistry, Mineralogy & Formation of Ni Laterites. Pt. Inco*.
- [3] Ahmad, W., 2006. *Laterites, Fundamentals of Chemistry, Mineralogy, Weathering Process and laterite Formation*, PT. INCO, Tbk.
- [4] Smith, R. B., & Silver, E. L. I. A., 1991. Geology of a Miocene Collision Complex, Buton, Eastern Indonesia. *Geological Society of America Bulletin* vol.103, p. 660-668.
- [5] Maignien, R., 1966. *Review of Research on Laterites, Natural resources research IV*, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris, 148 hal.
- [6] Van Zuidam, R. A., 1983. Guide To Geomorphologic Aerial Photographic Interpretation and Mapping, Section Of Geology And Geomorphologi, ITC Enschede The Netherlands.
- [7] Purnomo, H., 2018. Aplikasi Metode Interpolasi Inverse Distance Weigthing Dalam Penaksiran Sumberdaya Laterit Nikel. *Jurnal ilmiah bidang teknologi, Angkasa*. Sekolah Tinggi Teknologi Nasional. Yogyakarta 49–60
- [8] Syafrizal, Heriawan M. Nur, Sudarto, N., Komang A., Jogi S, F., 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. 16,(3),149-161.*JTM*, Vol. XVI, No. 3, hal. 149-161, FTTM ITB:Bandung.
- [9] Elias, M., 2002. *Nickel Laterite Deposits-Geological overview , resources and exploitation. Giant Ore Deposits: Characteristics, Genesis and Exploration: Special Publication 4, Centre for Ore Deposit Research, University of Tasmania, Pp 205-220., CODES Special Publication 4*, 205–220.
- [10] Hasria., Anshari, E., & Rezky, T. B., 2019. 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. *Jurnal Geografi Aplikasi Dan Teknologi*, 3(1), 47–58.
- [11] Myagkiy, A., Golfier, F., Truche, L., & Cathelineau, M., 2019. Reactive Transport Modeling Applied to Ni Laterite Ore Deposits in New Caledonia: Role of Hydrodynamic Factors and Geological Structures in Ni Mineralization. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 20(3), 1425–1440.
- [12] Golightly, J. Paul., 2019. Progress in Understanding the Evolution of Nickel Laterites. *The Challenge of Finding New Mineral Resources_{Global Metallogeny, Innovative Exploration, and New Discoveries}*, January 2010.
- [13] Hasria., Anshari, E., Muliddin., Restele, L. O., & Zulkifli, L. O. M., 2019. Pengaruh Struktur Geologi Terhadap Sebaran Kadar Nikel (Ni) dan Besi (Fe) Pada Endapan Nikel Laterit Zona Saprolit PT. Manunggal Sarana Surya Pratama, Kecamatan Lasolo Kepulauan, Kabupaten Konawe Utara, Sulawesi Tenggara. *Jurnal Riset Teknologi Pertambangan (J-Ristam)*, 6(1), 38–45.
- [14] Golightly, J.P., 1981. Nickeliferous Laterites Deposit Economic Geology, *75th Anniversary Volume*, p. 710-735. *Oxford University, XXX*, 710–735.
- [15] Kusuma, I, R. A., Kamaruddin, H., Rosana, M. F., & Tintin Yuningsih, E., 2019. Geokimia Endapan Nikel Laterit di Tambang Utara, Kecamatan Pomalaa, Kabupaten Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara. *Jurnal Geologi Dan Sumberdaya Mineral*, 20(2), 85.