Bulletin of Geology
e-ISSN 2580-0752
e-ISSN 2580 – 0752
Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian
Institut Teknologi Bandung
www.buletingeologi.com

KARAKTERISTIK PENGAYAAN LOGAM SKANDIUM (Sc) PADA ENDAPAN NIKEL LATERIT DAERAH POMALAA, KABUPATEN KOLAKA, PROVINSI SULAWESI TENGGARA

ERWIN SETIAWAN[1,2,*], YAN RIZAL[2], NURCAHYO INDRO BASUKI[2], MAYANG PUTRI WILDANI[1]

1. Unit Geomin, PT Antam Tbk, Gedung Aneka Tambang Tower A Jl. Letjen. T.B. Simatupang No. 1 Lingkar Selatan, Tanjung Barat Jakarta 12530, Indonesia.
2. Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian, Institut Teknologi Bandung (ITB), Jl. Ganesha No.10, Bandung, Jawa Barat, Indonesia.

*Email: erwin.setiawan@antam.com

Sari – Pada saat proses pembentukan endapan nikel laterit ternyata tidak hanya logam nikel saja yang mengalami pengayaan, tetapi terdapat logam lain yang bernilai ekonomis mengalami pengayaan salah satunya adalah logam skandium (Sc). Lokasi penelitian berada di IUP OP UBPN Kolaka, PT Antam Tbk, Kecamatan Pomalaa, Kabupaten Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara disusun oleh dominan batuan ultramafik yang merupakan batuan pembawa logam skandium (Sc). Metode penelitian yang dilakukan yaitu pemetaan geologi, pengeboran sebanyak 52 titik dan percontohan sampel bor sebanyak 1253 sampel. Evaluasi pengayaan skandium menggunakan data sampel inti bor yang kemudian dilakukan analisis geokimia dengan metode *X-Ray Fluoresence* (XRF) untuk mengetahui kadar *major element* dan *Inductively Coupled Plasma – Optical Emission Spectometry* (ICP-OES) untuk mengetahui kadar skandium. Petrografi sampel inti bor sebanyak 20 sampel sedangkan untuk mengetahui presentase mineral penyusun dilakukan analisis *X-Ray Diffraction* (XRD) sebanyak 230 sampel atau 5 titik bor. Daerah penelitian dibagi menjadi tiga prospek yaitu Prospek Blok Utara, Prospek Blok Tengah dan Prospek Blok Maniang.

Pada daerah penelitian, skandium mengalami pengayaan pada zona limonit yang berkorelasi dengan senyawa Fe_2O_3, Al_2O_3 dan Cr_2O_3 serta mineral goetit dan hematit. Zona limonit dibagi menjadi dua karakteristik yaitu zona *red limonite* dan *yellow limonite*, secara umum ketika memasuki zona *yellow limonite* kadar skandium akan naik seiring dengan peningkatan kehadiran mineral goetit. Kadar geokimia skandium pada zona limonit area Pomalaa berkisar 60 ppm - 127 ppm. Faktor lain yang menyebabkan logam skandium naik secara signifikan adalah batuan dasar pembawanya. Pada daerah penelitian logam skandium cenderung lebih tinggi kadarnya jika berkorelasi dengan batuan harsburgit dan serpentinit yang mengandung lebih dominan piroksen dibandingkan dengan litologi dunit yang dominan disusun oleh mineral olivin.

Kata kunci : nikel, laterit, skandium, limonit, pengayaan, piroksen

Sari – *During the process of forming laterite nickel deposits, it turns out that not only nickel metal is enriched, but there are other economically valuable metals that are enriched, one of which is scandium (Sc). The research location is at IUP OP UBPN Kolaka, PT Antam Tbk, Pomalaa District, Kolaka Regency, Southeast Sulawesi Province composed of predominantly ultramafic rocks which are scandium (Sc) metal-bearing rocks. The research methods used were geological mapping, drilling at 52 points and drilling samples at 1253 samples. Scandium enrichment evaluation uses drill core sample data which is then subjected to geochemical analysis using the X-Ray Fluorescence (XRF) method to determine major element levels and Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectometry (ICP-OES) to determine scandium levels. The petrography of the drill core samples consisted of 20 samples, while to determine the percentage of constituent minerals, X-Ray Diffraction (XRD) analysis was carried out on 230 samples or 5 drill points. The research area is divided into three prospects, namely the North Block Prospect, the Middle Block Prospect and the Maniang Block Prospect.*

In the research area, scandium experiences supergent enrichment in the limonite zone which is correlated with Fe_2O_3, Al_2O_3 and Cr_2O_3 as well as the minerals goethite and hematite. The limonite zone is divided into two characteristics, namely the red limonite and yellow limonite zones. In general, when entering the yellow limonite zone, scandium levels will increase along with the increase in the presence of the mineral goethite. Scandium geochemical levels in the limonite zone of the Pomalaa area range from 60 ppm - 127 ppm. Another factor that causes scandium metal to rise significantly is the underlying bedrock. In the research area, scandium metal tends to have higher levels when correlated with harzburgite and serpentinite rocks which contain more dominant pyroxene compared to dunite lithology which is predominantly composed of olivine minerals.

Key words*: nickel, laterite, scandium, limonite, enrichment, pyroxene*

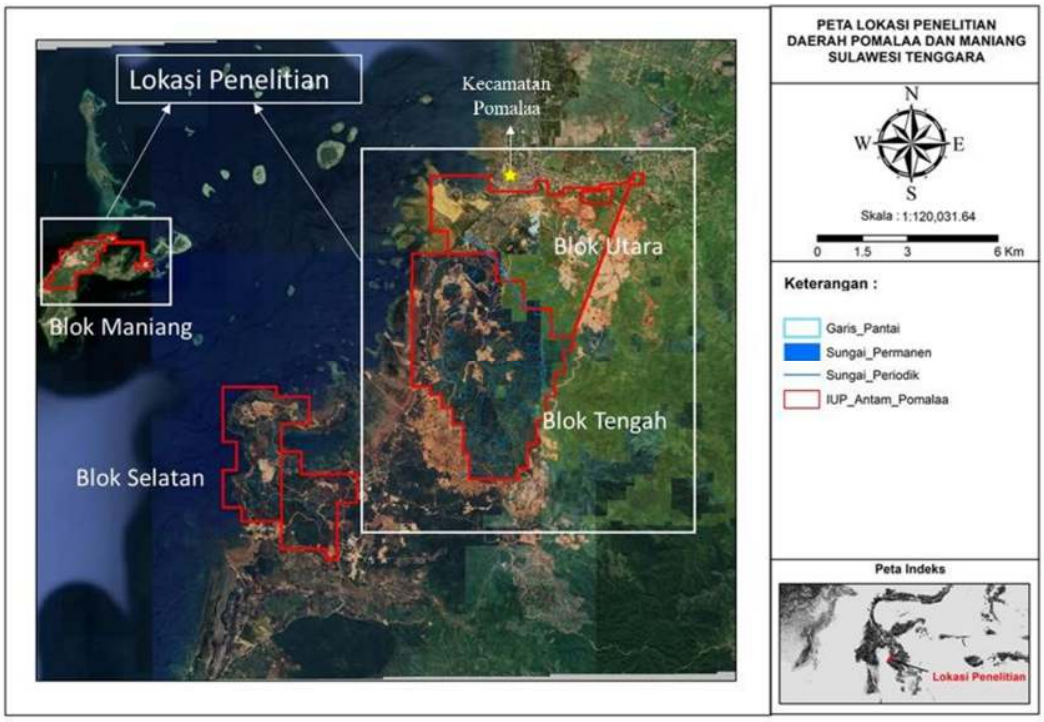
1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki cadangan nikel terbesar di dunia dengan total 21.3 Juta Metrik Ton (USGS, 2023). Potensi keterdapatan endapan nikel laterit berada di area yang memiliki formasi kompleks ultramafik yaitu di Pulau Sulawesi, Maluku dan Papua (Kadarusman, 2009).

Penelitian terkait karakteristik endapan nikel laterit di daerah Pomalaa salah satunya adalah Kamaruddin (2018) yang menyebutkan bahwa ketebalan zona laterit di Pomalaa dipengaruhi oleh bentukan dari morfologinya, morfologi yang relatif landai akan membentuk laterit yang lebih tebal dibandingkan dengan morfologi terjal, karena morfologi landai memungkinkan proses laterisasi atau pengayaan nikel laterit berlangsung dengan baik. Endapan nikel laterit dibagi beberapa zona yaitu zona tanah penutup, limonit, saprolit dan batuan dasar (Elias, 2002).

Pada saat terjadinya proses pengayaan nikel, pada waktu yang sama berlangsung pula pengayaan unsur lain yang bernilai ekonomis salah satunya adalah logam skandium (Sc). Skandium (Sc) adalah elemen ke-21 dari tabel periodik. Skandium (Sc) cukup stabil di udara, tetapi perlahan-lahan akan berubah warnanya dari putih keperakan menjadi kekuningan karena pembentukan oksida Sc_2O_3. Keberadaan skandium (Sc) di dalam endapan nikel laterit yang berasal dari pelapukan ultramafik yang telah diinformasikan oleh beberapa penelitian menyebutkan bahwa pengayaan skandium (Sc) diinterpretasikan sebagai sisa dan hasil dari pencucian kation yang bergerak intens selama lateritisasi batuan induk (Teitler, 2019), sementara skandium (Sc) terperangkap dan terkonsentrasi di mineral *goethite* yang baru terbentuk pada zona limonit (Chasse, 2019).

Potensi skandium (Sc) yang besar pada endapan nikel laterit, maka dari itu peneliti tertatrik untuk meneliti lebih lanjut terkait karakteristik pengayaan logam scandium (Sc) pada daerah penelitian di wilayah kerja IUP PT Antam Tbk, IUP OP UBPN Kolaka, Kecamatan Pomalaa, Kabupaten Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara (**Gambar 1**).



Gambar 1. Lokasi daerah penelitian berada di Blok Utara, Blok Tengah dan Blok Maniang IUP OP PT Antam Tbk, UBPN Kolaka

2. GEOLOGI REGIONAL

2.1. Geomorfologi Regional

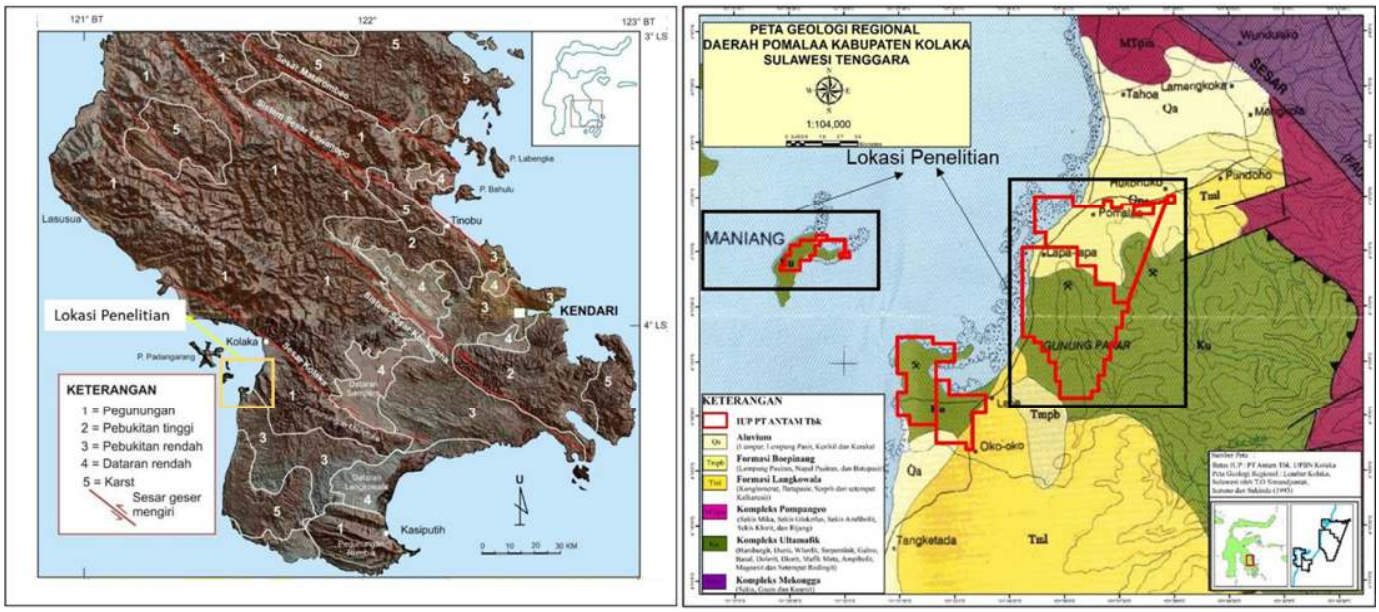
Surono (2010) membagi geomorfologi Lembar Kolaka menjadi 5 klasifikasi yaitu pegunungan, perbukitan tinggi, perbukitan rendah, dataran rendah dan karst. Daerah penelitian masuk dalam klasifikasi geomorfologi perbukitan rendah dan berpotensi baik untuk pembentukan endapan nikel laterit (**Gambar 2**).

2.2. Litologi

Daerah penelitian dalam peta geologi regional Simandjuntak (1993) disusun oleh Formasi Kompleks Ultramafik (harsburgit, dunit, serpentinit dan gabro) berumur Kapur- Paleosen serta Formasi Lengkowala (konglomerat dan batupasir) berumur Miosen, dan Formasi Alangga (lempung pasiran, kerikil dan kerakal) berumur Kuarter (**Gambar 2**).

2.3. Struktur Geologi

Litologi daerah penelitian dikontrol kuat oleh struktur geologi yang berkembang berarah Timur Laut – Barat Daya akibat dari tabrakan mikrokontinen Banggai Sula dan lengan timur Sulawesi sehingga menyebakan naiknya kompleks ultramafik (kerak samudera) ke permukaan dan megalami proses pelapukan sehingga membentuk endapan nikel laterit di daerah penelitian (Surono, 2010). Sesar besar tersebut disebut dengan sesar Kolaka (**Gambar 2**).



Gambar 2. Kiri: Peta Geomorfologi Regional Kolaka (Surono, 2010), kanan: Peta Geologi Regional Kolaka (Simandjuntak, 1993).

3. DATA DAN METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah berupa data primer dan data sekunder. Data sekunder yang digunakan merupakan data peta geologi regional, citra DEM, Peta Rupa Bumi dan LiDAR. Data sekunder ini digunakan untuk mengetahui sebaran litologi regional, struktur geologi regional dan kemiringan lereng daerah penelitian.

Data primer yang digunakan yaitu data pemetaan geologi untuk mengetahui sebaran litologi, struktur geologi dan geomorfologi daerah penelitian serta 52 titik bor pada keseluruhan area penelitian atau sebanyak 1253 sampel inti batuan. Analisis laboratorimun yang dilakukan untuk mengetahui unsur geokimia menggunakan metode *X-Ray Fluoresence* (XRF) dan *Inductively Coupled Plasma-Optical Emission* (ICP OES) sebanyak 1253 sampel.

Metode XRF dilakukan untuk mengetahui unsur *major element* sebanyak 13 unsur sedangkan metode ICP OES untuk mengetahui unsur Logam Tanah Jarang (LTJ) sebanyak 36 unsur. Analisis

petrografi dilakukan untuk mendapatkan nama batuan sebanyak 20 sampel sedangkan analisis *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui komposisi mineralnya sebanyak 230 sampel.

Data yang telah didapatkan dari data primer maupun sekunder kemudian dilakukan pengolahan dan interpretasi. Aspek yang diolah adalah aspek geologi, geomorfologi, struktur geologi, geokimia XRF, ICP OES, petrografi dan XRD untuk mendapatkan *output* karakteristik pengayaan skandium berupa profil dan model pengayaan skandium pada endapan nikel laterit di daerah penelitian.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Geomorfologi

Geomorfologi daerah penelitian dibagi menjadi 2 klasifikasi yaitu perbukitan bergelombang kuat-terjaldengan kemiringan lereng >25^0 dan perbukitan bergelombang lemah – sedang dengan kemiringan lereng <25^0 berdasarkan klasifikasi Van Zuidam (1983).

Bentukan morfologi pada endapan nikel laterit di daerah Pomalaa sangat berpengaruh terhadap ketebalan zona laterit. Morfologi dengan kemiringan lereng <25^0 relatif memiliki endapan laterit lebih dalam atau sekitar >20 meter, sedangkan morfologi dengan kemiringan lereng >25^0 memiliki laterit yang lebih dangkal atau berkisar <15 meter (**Gambar 3 dan Gambar 4**). Ketebalan zona laterit berpengaruh juga terhadap pengayaan logam skandium (Sc).

4.2. Geologi

Daerah penelitian dibagi menjadi 3 prospek yaitu Prospek Blok Utara, Prospek Blok Tengah dan Prospek Blok Maniang. Adapun litologi penyusun pada masing-masing prospek yaitu (**Gambar 3 dan 4**):

- **Prospek Blok Utara**

Prospek Blok Utara disusun oleh litologi dunit, harsburgit, serpentinit harsburgit dan peridotit. Litologi dunit pada prospek Blok Utara muncul karena pengaruh struktur geologi yang mengangkatnya. Berdasarkan pemetaan geologi terdapat sesar naik yang mengangkat batuan dunit ke permukaan (**Gambar 3**).

- **Prospek Blok Tengah**

Prospek Blok Tengah disusun oleh litologi harsburgit, dunit, serpentinit, serpentinit harsburgit, websterit (**Gambar 3**). Litologi dunit pada prospek Blok Tengah ini muncul karena pengaruh struktur geologi yang mengangkatnya, karakterisitik sebaran batuan dunit di prospek Blok Tengah mirip dengan prospek Blok Utara, di interpretasikan batuan dunit berada pada lapisan paling bawah di Formasi Kompleks Ultramafik kemudian bisa tersingkap ke permukaan karena di angkat oleh struktur geologi berarah Barat Laut - Tenggara.

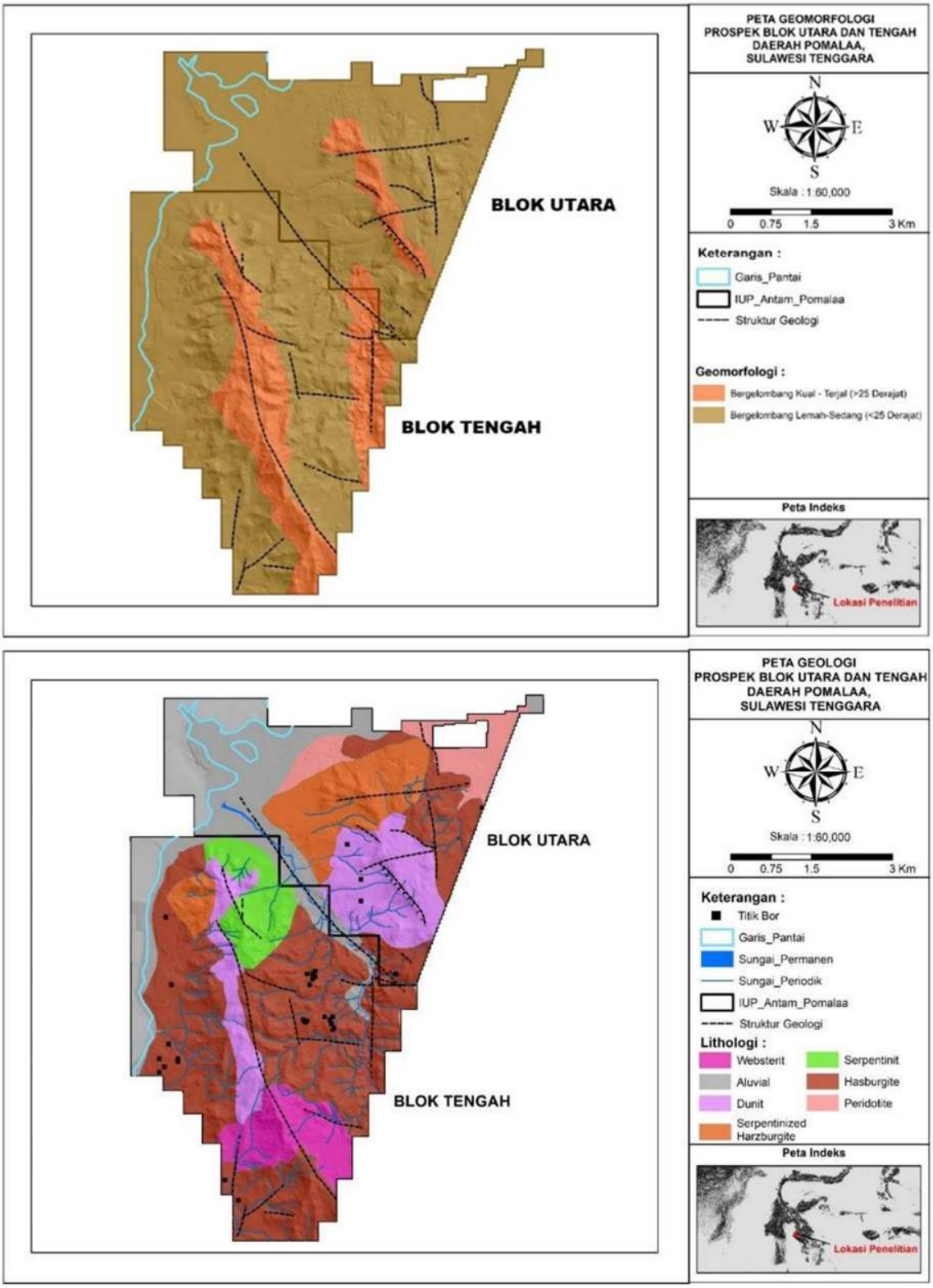
- **Prospek Blok Maniang**

Prospek Blok Maniang disusun oleh litologi serpentinit dan peridotit (**Gambar 4**). Litologi serpentinit tersebar di bagian selatan, sedangkan peridotit tersebar dibagian utara. Karakteristik litologi serpentinit pada prospek Blok Maniang memiliki kompoisisi mineral serpentin >70%. Mineral serpentin merupakan mineral ubahan dari mineral olivin ataupun piroksen karena pengaruh fluida hidrotermal yang merubahnya atau bisa juga terbentuk dari proses laterisasi atau pelapukan.

4.3. Potensi Pengayaan Logam Skandium (Sc) Pada Endapan Nikel Laterit

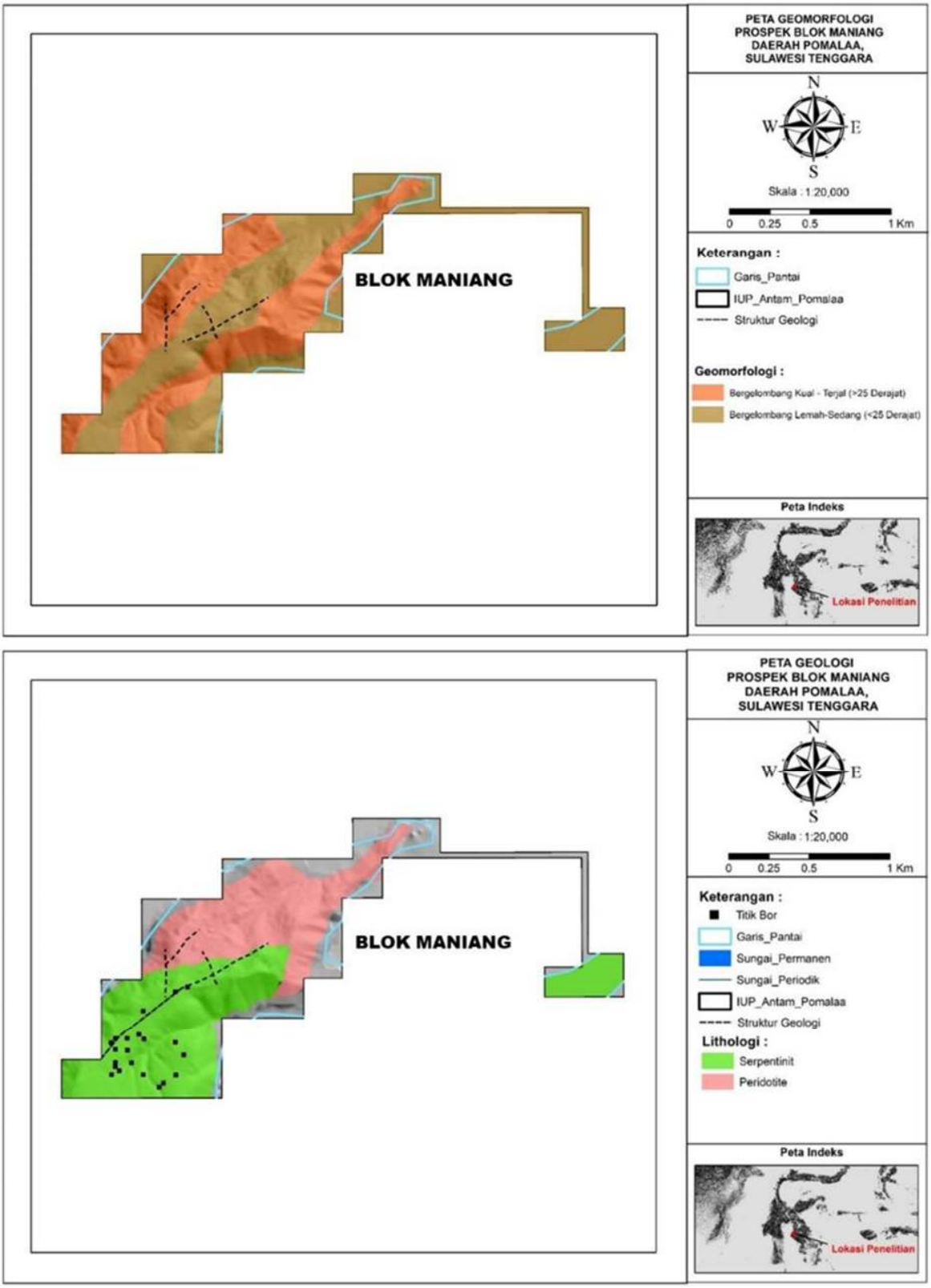
Skandium merupakan salah satu dari unsur Rare Earth Element yang keberadaannya sangat sedikit di bumi. Kadar geokimia unsur Rare Earth Element di kerak bumi yang belum mengalami pengayaan sudah pernah dilakukan penelitian oleh beberapa peneliti yaitu Taylor and McLennan (1985), Wedepohl (1995) dan Lide (1997) (dalam Balaram, 2018) ditunjukan pada **Tabel 1**.

DOI: 10.5614/bull.geol.2024.8.2.5



Gambar 3. (Atas) Peta Geomorfologi dan (Bawah) Peta Geologi Prospek Blok Utara dan Blok Tengah (Antam, 2023)

DOI: 10.5614/bull.geol.2024.8.2.5



Gambar 4. (Atas) Peta Geomorfologi dan (Bawah) Peta Geologi Prospek Blok Maniang (Antam, 2023)

Tabel 1. *Crustal abundance Rare Earth Element* (REE) di kerak bumi dalam satuan ppm (Balaram, 2018).

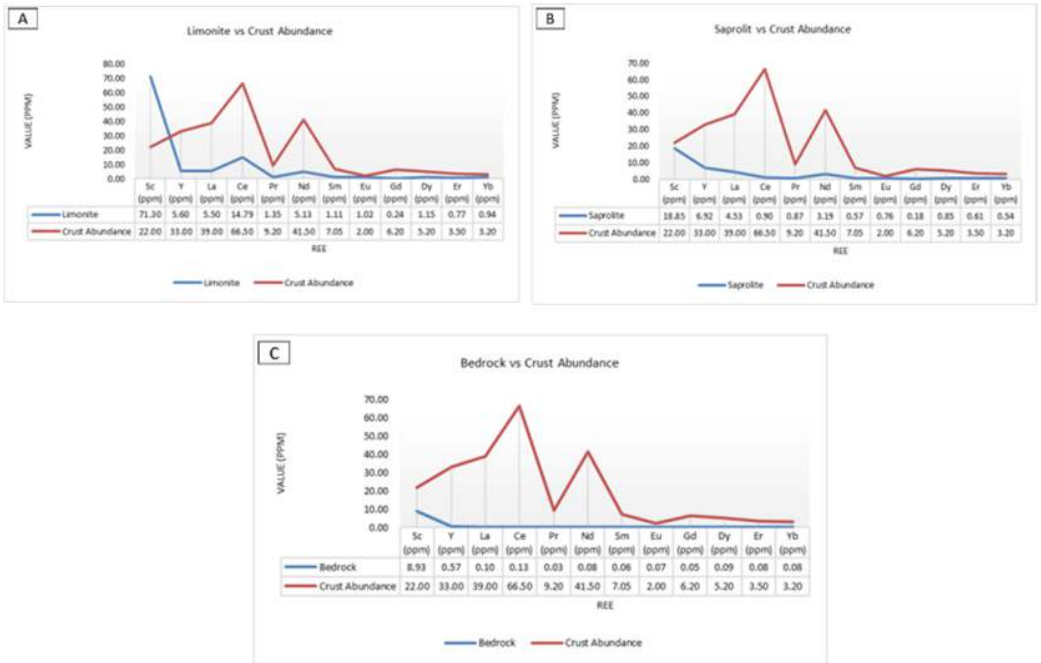
Elements	Taylor and McLennan (1985)	Wedepohl (1995)	Lide (1997)	Chondritic abundances	
				Wakita et al. (1971)	Pourmand et al. (2012)
La	16.0	30	39	0.34	0.2469
Ce	33.0	60	66.5	0.91	0.6321
Pr	3.9	6.7	9.2	0.121	0.0959
Nd	16.0	27	41.5	0.64	0.4854
Sm	3.5	5.3	7.05	0.195	0.1556
Eu	1.1	1.3	2	0.073	0.0599
Gd	3.3	4	6.2	0.26	0.2093
Tb	0.6	0.65	1.2	0.047	0.0378
Dy	3.7	3.8	5.2	0.30	0.2577
Ho	0.8	0.8	1.3	0.078	0.0554
Er	2.2	2.1	3.5	0.20	0.1667
Tm	0.3	0.3	0.52	0.032	0.0261
Yb	2.2	2	3.2	0.22	0.1694
Lu	0.3	0.35	0.8	0.034	0.0256
Y	20.0	24	33	-	1.395
Sc	30.0	16	22	-	5.493
Total	136.9	184.3	242.17	-	9.5118

Pada daerah penelitian dari 12 unsur *Rare Earth Element* yang mengalami pengayaan atau *supergent enrichment* bersamaan dengan proses terbentuknya endapan nikel laterit hanya logam skandium (Sc) saja. Skandium memiliki kadar geokimia di kerak bumi sebesar 22 ppm (Lide, 1997).

Pada **Tabel 2** dan **Gambar 5** memperlihatkan rata-rata kadar dari unsur *Rare Earth Element* (REE) pada dareah penelitian menunjukan bahwa hanya unsur skandium (Sc) yang mengalami *supergent enrichment* pada zona limonit yaitu dengan rata-rata kadar 71.30 ppm dan semakin turun kadarnya ketika memasuki zona saprolit ataupun *bedrock*.

Tabel 2. Perbandingan rata-rata kadar geokimia REE pada zona nikel laterit daerah penelitian dibandingkan dengan kadar pada *crust abundance* di kerak bumi.

Zona	Sc (ppm)	Y (ppm)	La (ppm)	Ce (ppm)	Pr (ppm)	Nd (ppm)	Sm (ppm)	Eu (ppm)	Gd (ppm)	Dy (ppm)	Er (ppm)	Yb (ppm)
Limonite	**71.30**	5.60	5.50	14.79	1.35	5.13	1.11	1.02	0.24	1.15	0.77	0.94
Saprolite	18.85	6.92	4.53	0.90	0.87	3.19	0.57	0.76	0.18	0.85	0.61	0.54
Bedrock	8.93	0.57	0.10	0.13	0.03	0.08	0.06	0.07	0.05	0.09	0.08	0.08
Crust Abundance	**22.00**	**33.00**	**39.00**	**66.50**	**9.20**	**41.50**	**7.05**	**2.00**	**6.20**	**5.20**	**3.50**	**3.20**



Gambar 5. Grafik perbandingan kadar *Rare Earth Element* (REE) di kerak bumi (*crust abundance*) dan zona laterit pada daerah penelitian yaitu (A) Zona limonit, (B) Zona saprolit dan (C) Zona *bedrock.*

4.4. Hubungan Senyawa Geokimia Terhadap Pengayaan Skandium

Pengayaan skandium lebih terkonsentrasi pada zona limonit. Matriks korelasi bertujuan untuk mengetahui hubungan antara unsur skandium dengan senyawa oksida pada endapan nikel laterit. Korelasi yang digunakan menggunakan korelasi Spearman dan klasifikasi hubungan antar variabel yang digunakan merujuk pada Schober, 2018. Korelasi menggunakan beberapa variabel senyawa berdasarkan hasil analisis XRF dan ICP OES yaitu Ni, Fe_2O_3, SiO_2, CaO, MgO, MnO, Cr_2O_3, Al_2O_3 dan Sc.

Karakteristik zona limonit pada endapan nikel laterit daerah penelitian dibagi menjadi 2 karakteristik yaitu *red limonite* dan *yellow limonite*. Perbedaan karakteristik zona limonit tersebut didasarkan pada karakteristik fisik mineral penyusun. Pada zona *red limonite* lebih dominan disusun oleh mineral oksida hematit, kemudian terdapat mineral goetit, nontronit, dan gibsit dalam presentase yang lebih kecil, sedangkan pada zona *yellow limonite* dominan hadir mineral oksida gotit (**Tabel 3**).

Pada zona *red limonite* memiliki korelasi positif antara unsur skandium dengan senyawa Fe_2O_3 dan Al_2O_3 sedangkan memasuki zona *yellow limonite* korelasi scandium dengan senyawa Fe_2O_3 mengalami penurunan dan senyawa Al_2O_3 mengalami kenaikan bersamaan dengan naiknya kadar skandium pada zona *yellow limonite*. Senyawa Cr_2O_3 memiliki korelasi positif dengan unsur skandium hanya pada zona *yellow limonite*. Senyawa SiO_2 dan MgO pada zona *red limonite* ataupun *yellow limonite* menunjukan korelasi negatif terhadap unsur skandium.

Tabel 3. Hubungan senyawa geokimia dengan unsur scandium pada zona *red limonite* (atas), dan *yellow limonite* (bawah).

	Ni	Co	Fe_2O_3	Fe	SiO_2	CaO	MgO	MnO	Cr_2O_3	Al_2O_3	Sc
Ni	1.00										
Co	0.46	1.00									
Fe_2O_3	0.25	0.27	1.00								
Fe	0.25	0.27	1.00	1.00							
SiO_2	-0.05	-0.22	-0.86	-0.86	1.00						
CaO	-0.01	-0.06	-0.25	-0.25	0.15	1.00					
MgO	0.21	-0.05	-0.38	-0.38	0.32	0.40	1.00				
MnO	0.40	0.94	0.20	0.20	-0.18	-0.03	0.01	1.00			
Cr_2O_3	0.22	0.14	0.38	0.38	-0.31	-0.11	-0.08	0.08	1.00		
Al_2O_3	-0.62	-0.23	-0.23	-0.23	-0.24	0.06	-0.13	-0.15	-0.22	1.00	
Sc	-0.19	0.10	**0.31**	**0.31**	-0.54	-0.09	-0.32	0.06	0.01	**0.52**	1.00

0 - 0.99	Sangat Lemah
0.99 - 0.39	Lemah
0.39- 0.69	Sedang
0.69 - 0.89	Kuat
0.89 - 1	Sangat Kuat

0 - (-0.99)	Sangat Lemah
(-0.99) - (-0.39)	Lemah
(-0.39) - (-0.69)	Sedang
(-0.69) - (-0.89)	Kuat
(-0.89) - (-1)	Sangat Kuat

	Ni	Co	Fe_2O_3	Fe	SiO_2	CaO	MgO	MnO	Cr_2O_3	Al_2O_3	Sc
Ni	1.00										
Co	0.41	1.00									
Fe_2O_3	0.42	0.82	1.00								
Fe	0.42	0.82	1.00	1.00							
SiO_2	-0.45	-0.81	-0.99	-0.99	1.00						
CaO	0.10	-0.46	-0.57	-0.57	0.53	1.00					
MgO	0.36	-0.23	-0.49	-0.49	0.43	0.81	1.00				
MnO	0.12	0.70	0.48	0.48	-0.47	-0.23	-0.09	1.00			
Cr_2O_3	-0.06	-0.06	-0.03	-0.03	0.01	-0.17	-0.17	-0.17	1.00		
Al_2O_3	-0.14	0.32	0.40	0.40	-0.42	-0.61	-0.57	0.08	0.70	1.00	
Sc	0.16	0.40	**0.52**	**0.52**	-0.52	-0.57	-0.53	0.10	**0.53**	**0.80**	1.00

0 - 0.99	Sangat Lemah
0.99 - 0.39	Lemah
0.39- 0.69	Sedang
0.69 - 0.89	Kuat
0.89 - 1	Sangat Kuat

0 - (-0.99)	Sangat Lemah
(-0.99) - (-0.39)	Lemah
(-0.39) - (-0.69)	Sedang
(-0.69) - (-0.89)	Kuat
(-0.89) - (-1)	Sangat Kuat

Pengayaan skandium mengalami penurunan kadar ketika memasuki zona saprolit dan batuan dasar, hal ini dikarenakan unsur skandium sudah lebih berkorelasi dengan senyawa Fe_2O_3, Al_2O_3 dan Cr_2O_3 yang distribusinya lebih terkonsentrasi pada zona limonit. Pada **Tabel 4** ditunjukan pola

distribusi kadar dari senyawa skandium di titik bor. pada zona endapan nikel laterit yang dibagi menjadi beberapa zona yaitu zona *top soil* (TP), limonit (L), saprolit (S) dan batuan dasar (BR). Senyawa SiO_2 dan MgO yang berkorelasi negatif dengan pengayaan skandium ternyata memiliki korelasi positif dengan pengayaan nikel yang lebih terkonsentrasi pada zona saprolit.

Tabel 4. Profil geokimia berdasarkan data XRF pada salah satu titik bor.

BHID	From (m)	To (m)	Lithology	Ni	Fe_2O_3	SiO_2	MgO	Cr_2O_3	Al_2O_3	Sc
PMT0022	0	1	Top Soil	0.71	34.00	19.27	3.30	2.97	11.81	57.00
PMT0022	1	2	Top Soil	0.77	45.74	5.62	1.54	2.61	13.39	74.00
PMT0022	2	3	Red Limonite	0.89	41.26	13.70	1.08	3.03	9.95	68.07
PMT0022	3	4	Red Limonite	1.07	44.70	8.41	1.08	3.60	9.88	70.69
PMT0022	4	5	Red Limonite	1.18	45.28	7.79	1.13	4.50	9.07	69.20
PMT0022	5	6	Yellow Limonite	1.42	48.20	3.92	0.52	3.20	8.82	79.56
PMT0022	6	7	Yellow Limonite	1.35	44.64	10.06	1.04	3.50	6.97	71.19
PMT0022	7	8	Yellow Limonite	1.18	45.51	8.16	2.07	3.57	7.86	78.41
PMT0022	8	9	Saprolite	1.97	19.41	41.49	12.43	2.36	3.00	29.65
PMT0022	9	10	Saprolite	1.93	13.71	44.56	19.06	1.19	2.32	21.66
PMT0022	10	11	Saprolite	2.23	14.71	42.28	18.84	1.34	2.65	21.74
PMT0022	11	12	Saprolite	2.14	14.21	39.34	19.89	1.49	3.06	24.44
PMT0022	12	13	Saprolite	1.90	11.72	45.68	20.24	1.32	3.20	22.14
PMT0022	13	14	Saprolite	1.79	13.24	41.89	22.09	1.05	2.13	20.46
PMT0022	14	15	Saprolite	1.51	12.00	44.59	23.81	0.91	1.91	18.54
PMT0022	15	16	Saprolite	1.53	10.44	46.29	23.28	0.81	1.80	16.90
PMT0022	16	17	Saprolite	1.68	10.51	45.81	23.57	0.93	1.87	18.74
PMT0022	17	18	Bedrock	0.25	6.20	39.90	35.88	0.26	0.56	6.95
PMT0022	18	19	Bedrock	0.24	6.11	40.27	35.92	0.33	0.48	6.58
PMT0022	19	20	Bedrock	0.31	6.67	43.86	38.90	0.50	1.31	11.20

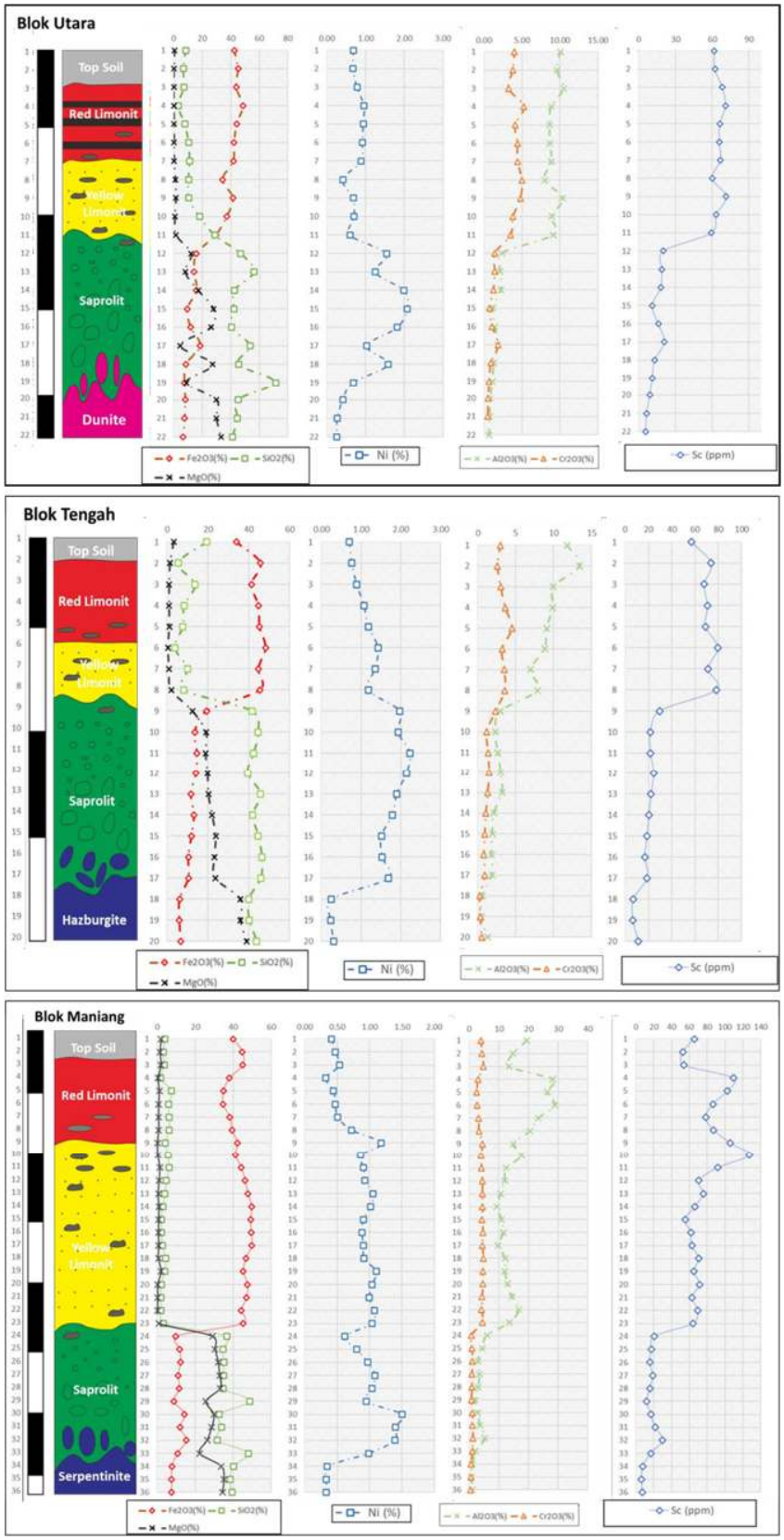
4.5. Profil Laterit dan Geokimia Skandium

- **Prospek Blok Utara**

Prospek Blok Utara memiliki rata-rata kedalaman endapan laterit sekitar 22 meter. Berdasarkan kadar geokimia pada zona limonit memiliki kadar Fe >40%, SiO_2<20% dan MgO <5%. Pada zona limonit terlihat naiknya unsur skandium dengan rata-rata 62 ppm. Memasuki zona saprolit kadar Fe<25%, SiO_2 >40% dan MgO >5%, zona ini merupakan zona pengayaan untuk unsur nikel. Skandium pada zona saprolit mengalami penurunan kadar yaitu sekitar <30 ppm dan semakin turun kadarnya menuju zona batuan dasar (**Gambar 6**).

- **Prospek Blok Tengah**

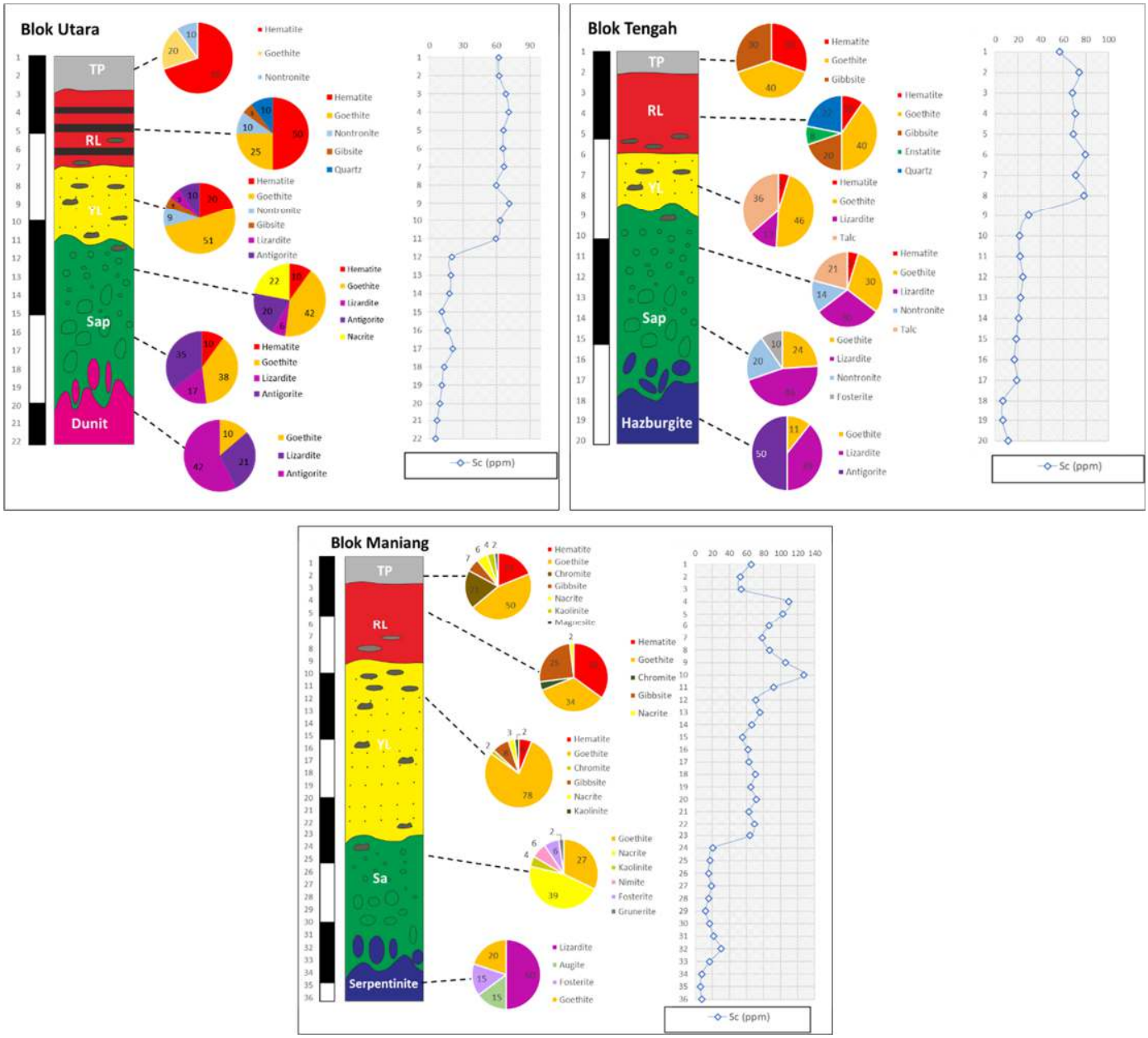
Prospek Blok Utara memiliki rata-rata kedalaman endapan laterit sekitar 20 meter. Berdasarkan kadar geokimia pada zona limonit memiliki kadar Fe >40%, SiO_2<20% dan MgO <5%. Pada zona limonit terlihat naiknya unsur skandium dengan rata-rata 72 ppm. Memasuki zona saprolit kadar Fe <25%, SiO_2 >40% dan MgO >5%, zona ini merupakan zona enrichment untuk unsur nikel. Skandium pada zona saprolit mengalami penurunan kadar yaitu sekitar <25 ppm dan semakin turun menuju zona batuan dasar. Karakterisitik endapan laterit Blok Tengah dan Blok Utara mirip dari fisik ataupun geokimianya (**Gambar 6**).



Gambar 6. Profil laterit geokimia prospek Blok Utara, Blok Tengah dan Blok Maniang.

- **Prospek Blok Maniang**

Prospek Blok Maniang memiliki rata-rata kedalaman endapan laterit sekitar 36 meter. Batuan dasar penyusunnya adalah serpentinit. Di interpretasikan tebalnya laterit pada prospek Blok Maniang dipengaruhi oleh batuan dasar penyusunya, selain karena faktor morfologi yang datar. Berdasarkan kadar geokimia pada zona limonit memiliki kadar Fe >40%, SiO_2<5% dan MgO <12%, Memasuki zona saprolit kadar Fe <25%, SiO_2>30% dan MgO >12%, zona ini merupakan zona *enrichment* untuk unsur nikel. Pada zona limonit terlihat naiknya unsur skandium dengan rata-rata 79 ppm, lebih tinggi distribusinya dibandingkan dengan prospek Blok Utara ataupun Blok Tengah. Skandium pada zona saprolit mengalami penurunan kadar yaitu sekitar <20 ppm dan semakin turun menuju zona batuan dasar (**Gambar 6).**



Gambar 7. Profil geokimia skandium hubunganya dengan mineral penyusun prospek Blok Utara, Blok Tengah dan Blok Maning.

BULLETIN OF GEOLOGY, VOL. 8, NO. 2, 2024
DOI: 10.5614/bull.geol.2024.8.2.5

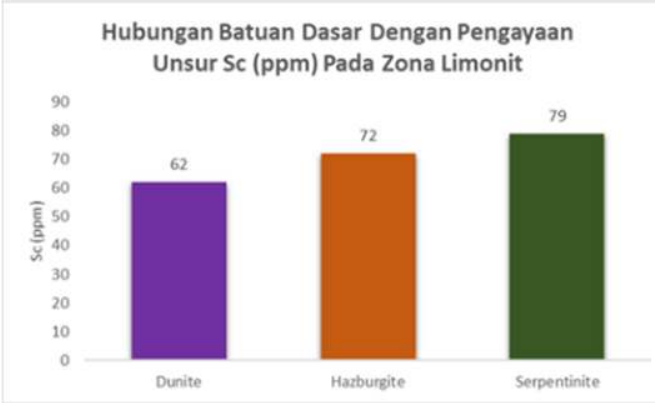
4.6. Hubungan Skandium Dengan Mineral

Pengayaan skandium (Sc) terkonsentrasi pada zona limonit yang berkorelasi dengan unsur Fe. Pengikat logam skandium selain dari senyawa besi pada zona limonit yaitu pada mineral oksida goetit dan hematit. Zona limonit dibagi menjadi 2 karakteristik yaitu *red limonite* dan *yellow limonite*. Zona *red limonite* dominan hadir mineral oksida *hematite,* sedangkan zona *yellow limonite* lebih dominan mineral oksida goetit. Pada prospek Blok Utara dan Tengah memiliki karakteristik yang sama yaitu pada saat memasuki zona *yellow limonite* logam skandium relatif naik kadarnya dibandingkan di zona *red limonite*. hal ini dikarenakan mineral goetit dapat mengikat logam skandium lebih dominan pada zona *yellow limonite* (**Gambar 7**).

Pada prospek Blok Maniang memiliki karakteristik limonit yang sangat tebal. Pengayaan scandium bisa mencapai >100 ppm terkonsentrasi pada zona *red limonite* dan batas transisi *yellow limonite* dan *red limonite*. Kehadiran goetit pada zona *red limonite* di prospek Blok Maniang presentasinya relatif sama dengan hematit sehingga pada zona *red limonite* kadar skandium masih relatif tinggi. Ketebalan laterit di interpretasikan mempengaruhi pengayaan dari logam skandium pada prospek Blok Maniang (**Gambar 7**).

4.7. Hubungan Pengayaan Logam Skandium (Sc) Dengan Batuan Dasar

Jenis batuan dasar pada endapan laterit memiliki korelasi terhadap pengayaan unsur scandium (Sc) pada daerah penelitian. Pembagian jenis batuan berdasarkan data petografi berdasarkan klasifikasi Streckeinsen (1974). Batuan dasar jenis serpentinit dan harsburgit relatif lebih banyak membawa logam skandium dibandingkan batuan dunit. Batuan harsburgit dan serpentinit memiliki presentasi kehadiran mineral piroksen lebih tinggi dibandingkan batuan dunit yang komposisinya di dominasi oleh mineral olivin >90% (**Gambar 8**).



Gambar 8. Hubungan batuan dasar dengan pengayaan logam skandium (Sc) pada zona limonit.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian terkait pengayaan skandium pada endapan nikel laterit di daerah penelitian didapatkan beberapa kesimpulan yaitu Morfologi pada daerah penelitian sangat mempengaruhi ketebalan zona laterit dan berpengaruh terhadap pengayaan skandium (Sc). Unsur skandium (Sc) mengalami *supergent enrichment* pada zona limonit berkorelasi dengan naiknya unsur Fe_2O_3, Al_2O_3 dan Cr_2O_3. Pengayaan unsur skandium (Sc) berkorelasi positif dengan batuan harsburgit dan serpentinit dibandingkan dunit, karena pada batuan harsburgit lebih banyak membawa mineral orthopiroksen. Mineral yang berkorelasi dengan naiknya unsur skandium adalah mineral hematit dan goetit, tetapi di Prospek Blok Utara dan Tengah ketika memasuki zona y*ellow limonite* ditandai dengan naik nya presetase kehadiran mineral goetit diikuti pulavdengan naiknya unsur skandium (Sc). Geokimia logam skandium (Sc) pada endapan laterit di zona limonit area Pomalaa memiliki kadar rata- rata 71 ppm.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Tim Eksplorasi Nikel Pomalaa, Unit Geomin, PT Antam Tbk atas data yang telah diberikan untuk studi ini.

DAFTAR PUSTAKA

Antam, (2023) : Laporan Akhir Eksplorasi Nikel Laterit Daerah Pomalaa, Kabupaten Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara, IUP Operasi Produksi UBPN Kolaka (Tidak dipublikasikan).

Balaram, V. (2018): Rare earth elements: A review of applications, occurrence, exploration, analysis, recycling, and environmental impact, *Jorunal of Elsevier,* 2-5.

Chasse, M., Griffin, W.L., O'Reilly, S.Y., dan Calas, G., (2019): Australian Laterites Reveal Mechanisms Governing Scandium Dynamics in the Critical Zone, *Journal of HAL Open Science*, 19-20.

Elias, M. (2002): Nickel laterite deposits- geological overview, resources and exploitation Co-Ni laterite resource near Norseman, Western Australia View Project Nickel laterite deposits-geological overview, resources and exploitation. *Society of Economic Geologist Newsletter*, No. 54, 205-220.

Kamaruddin, H. (2018): Profil Endapan Laterit Nikel di Pomalaa, Kabupaten Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara, *Buletin Sumber Daya Geologi*, Volume 13 Nomor 2.

Kadarusman, A., (2009): Ultramafic Rocks in Eastern Indonesia and Their Geological Environment*, PT Inco Tbk. Soriwako*.

Lide, D.R. (1997): Abundance of elements in the earth's crust and sea. *Handbook of Physics and Chemistry*, 78th ed. CRC Press, Boca Raton, p. 14.

Schober, P., Boer, C., dan Schwarte, L.A. (2018): Correlation Coefficients: Appropriate Use and Interpretation Anesthesia Analgesia, 126(5), 1763-1768.

Simandjuntak, T.O., Surono dan Sukido. (1993): Peta Geologi Lembar Kolaka, Sulawesi, skala 1: 250.000. *Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi*.

Surono, Suwarna, N., dan Panggabean, H. (2010): Geologi lengan tenggara Sulawesi, Publikasi khusus, *Badan Geologi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral*.

Streckeinsen, A. (1974): Classification and Nomenclature of Plutonic Rocks, *Recomemendation of the IUGS Subcommision on the Systematics of Igneous Rocks*, 63 (2), 773-786.

Taylor, S.R., dan McLennan, S.M., (1985): The Continental Crust: its Composition and Evolution. *Blackwell Scientific Publication*, Oxford, p. 312.

Teitler, Y., Cathelineau, M., Ulrich, M., Ambrosi, J., Munoz, Manuel. (2019): Petrology and geochemistry of scandium in New Caledonian Ni-Co laterites. *Journal of Geochemical Exploration, Elsevier*, 2019, 196, pp.131-155.

U.S. Geological Survey, Mineral Comodity Summaries. Data diperoleh dari situs internet: https://pubs.usgs.gov/periodicals/msc2023/msc2023-nickel.pdf. Diunduh pada tanggal 2 Februari 2023.

Van Zuidam, R.A. (1983): Guide to Geomorphology Aerial Photographoc Interpretation and Mapping, ITC, Enschede, The Netherlands.72-73.

Wedepohl, K.H. (1995): The composition of the continental crust. *Geochimica et Cosmochimica Acta* ,59, 1217e1232.

.