

KAJIAN PENGARUH MATERIAL PROPERTIS DOMAIN BATUAN DASAR TERHADAP KESTABILAN LERENG PADA NIKEL LATERIT DI *SITE* POMALAA ,

**SULAWESI TENGGARA, PT ANTAM Tbk**

Mutiara Andini, Niki Rahma Rizkita, Pherto Rimos, Febri E.Prihasto , Ahmad R.Trilaksana, Novi F.R.Dewi

PT Antam Tbk Unit Geomin – Exploration Unit

**ABSTRAK**

Untuk mendukung kegiatan operasional penambangan, perlu dilakukan pembuatan kajian geoteknik yang bertujuan sebagai rencana awal desain lereng tambang maupun mengevaluasi kestabilan lereng pada saat kegiatan penambangan berlangsung. Untuk pembuatan kajian geoteknik di *Site* Pomalaa, dilakukan pengambilan 15 sampel untuk masing-masing domain (Hazburgit, Dunit, Serpentininit dan Peridotit) yang dibagi menjadi 5 sampel limonit, 5 sample saprolit dan 5 sampel *bedrock*. Selanjutnya, sampel tersebut dilakukan pengujian di laboratorium untuk mendapatkan nilai material properties. Material propertis limonit pada setiap domain memiliki rentang nilai kohesi  $31,22 \text{ kN/m}^2$ -  $40,49 \text{ kN/m}^2$ , sudut geser dalam  $31,30^\circ$ - $37,36^\circ$ , berat jenis basah  $11,56 \text{ kN/m}^2$ - $12,89 \text{ kN/m}^2$ , UCS  $0,11 \text{ Mpa}$  –  $0,59 \text{ Mpa}$ . Sedangkan nilai material propertis pada saprolit memiliki rentang nilai kohesi  $31,22 \text{ kN/m}^2$ - $39,18 \text{ kN/m}^2$ , sudut geser dalam  $34,71^\circ$ - $39,11^\circ$ , berat jenis basah  $10,86 \text{ kN/m}^2$ - $13,52 \text{ kN/m}^2$ , UCS  $0,19 \text{ Mpa}$  –  $0,29 \text{ MPa}$ . Material propertis tersebut selanjutnya digunakan sebagai parameter dalam melakukan analisis kestabilan lereng dengan mengeluarkan nilai faktor keamanan (FK) dan *probability of failure* (PoF). Pada kajian ini dilakukan simulasi dengan 4 pendekatan : (a) Pertama, menganalisis lereng dengan domain geologi tunggal, (b)Kedua, menganalisis lereng dengan menggabungkan 2 domain geologi yang berbeda, (c) Ketiga, menganalisis lereng dengan menggabungkan 3 domain geologi yang berbeda, (d) Menganalisis lereng dengan menggabungkan 4 domain geologi yang berbeda. Hasil simulasi dengan menggunakan 4 pendekatan tersebut menunjukkan nilai rata-rata FK limonit secara berturut sebesar 1.72, 1.71, 1.73, dan 1.73 . Sedangkan nilai FK saprolit secara berturut sebesar 1.74, 1.78 , 1.75 dan 1.74. Rata-rata *probability of failure* pada simulasi ini dibawah 1%. Dari hasil simulasi dapat dilihat bahwa nilai faktor keamanan dari hasil simulasi beberapa material menunjukkan nilai yang konsisten, sehingga dapat dikatakan bahwa nilai material propertis nikel laterit pada batuan dasar yang berbeda cenderung sama (homogen), oleh karena itu pengambilan sampel geoteknik di *site* pomalaa tidak sensitif terhadap domain batuan.

*Key words:* Domain Batuan Dasar, Kohesi, Sudut Geser Dalam, Berat Jenis Basah, UCS, Faktor Keamanan, *Probability of Failure*.

**ABSTRACT**

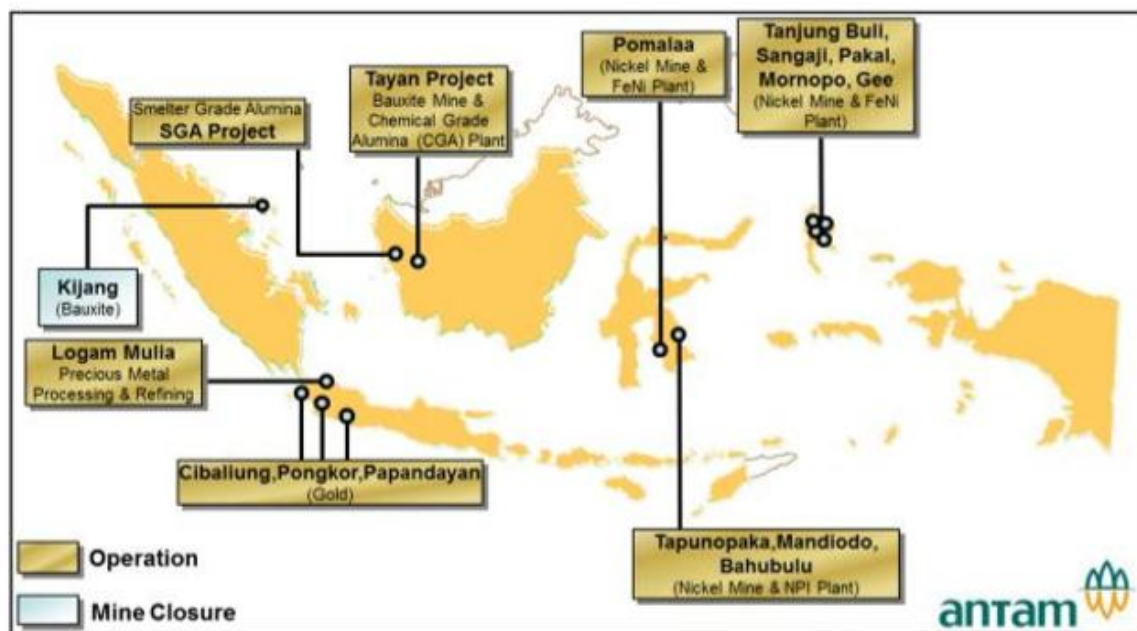
*Concerning mining operations activities, geotechnical analysis should be carried out with the aim of planning the initial design of slope and evaluating the stability of the slope during mining activities. For making geotechnical studies at the Pomalaa Site, 15 samples were taken for each domain (Hazburgit, Dunit, Serpentininit and Peridotit) which were allocated into 5 samples for limonite, 5 samples for saprolite and 5 samples for bedrock. Furthermore, the sample is tested in a laboratory to obtain the value of material properties. Limonite property material in each domain has a range of cohesion values of  $31.22 \text{ kN / m}^2$ - $40.49 \text{ kN / m}^2$ , friction angle at  $31.30^\circ$ - $37.36^\circ$ , wet density  $11.56 \text{ kN / m}^2$ - $12.89 \text{ kN / m}^2$ , UCS  $0.11 \text{ Mpa}$  -  $0.59 \text{ Mpa}$ . While the value of proper material in saprolite has a range of cohesion values of  $31.22 \text{ kN / m}^2$ - $39.18 \text{ kN / m}^2$ , shear angle in  $34.71^\circ$ - $39.11^\circ$ , wet specific gravity  $10.86 \text{ kN / m}^2$ - $13.52 \text{ kN / m}^2$ , UCS  $0.19 \text{ Mpa}$  -  $0.29 \text{ Mpa}$ . The property*

material is then used as a parameter input to obtain slope stability analysis by issuing factor of safety (FK) and probability of failure (PoF) values ). In this case a simulation was conducted to 4 approaches: (a) First, analyzing slopes with a single geological domain, (b) Second, analyzing slopes by combining 2 different geological domains, (c) Third, analyzing slopes by combining 3 different geological domains , (d) Analyze slopes by combining 4 different geological domains. The simulation results using the 4 approaches show the average value of FK limonite which are 1.72, 1.71.1.73, and 1.73 respectively. While FK saprolite values were 1.74, 1.78, 1.75 and 1.74 respectively. The average probability of failure in this simulation is below 1%. From the simulation results it can be seen that the value of the safety factor from the simulation results of several materials shows a consistent value, so it can be said that the material value of laterite nickel properties in different bedrock tends to be the same (homogeneous), therefore geotechnical sampling at the Pomalaa site is not sensitive to the rock domain.

*Key words: Host Rock Domain, Cohesion, Friction angle, Wet Specific Gravity, UCS, Safety Factor, Probability of Failure.*

## A. PENDAHULUAN

Antam merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan yang terdiversifikasi dan terintegrasi secara vertical yang berorientasi ekspor. Dengan wilayah operasi yang tersebar di seluruh Indonesia (Gambar 1), Antam melakukan kegiatan mulai dari eksplorasi, penambangan, pengolahan serta pemasaran dari komoditas bijih nikel, feronikel, emas, perak dan bauksit. Mengingat luasnya lahan konsesi pertambangan dan besarnya jumlah cadangan dan sumber daya yang dimiliki, Antam membentuk beberapa usaha patungan dengan mitra internasional untuk dapat memanfaatkan cadangan yang ada menjadu tambang yang menghasilkan keuntungan.



Gambar 1. Lokasi Bisnis PT ANTAM Tbk

ANTAM selalu berusaha untuk meningkatkan nilai kepada para pemegang saham. Tujuan utama perusahaan adalah untuk meningkatkan nilai pemegang saham melalui strategi penurunan biaya serta memperluas wilayah operasi secara menguntungkan dan berkelanjutan. Strategi yang digunakan adalah mempertahankan fokus pada bisnis inti ANTAM nikel, emas dan bauksit dengan maksud untuk memaksimalkan output dalam rangka meningkatkan aliran kas dan menurunkan

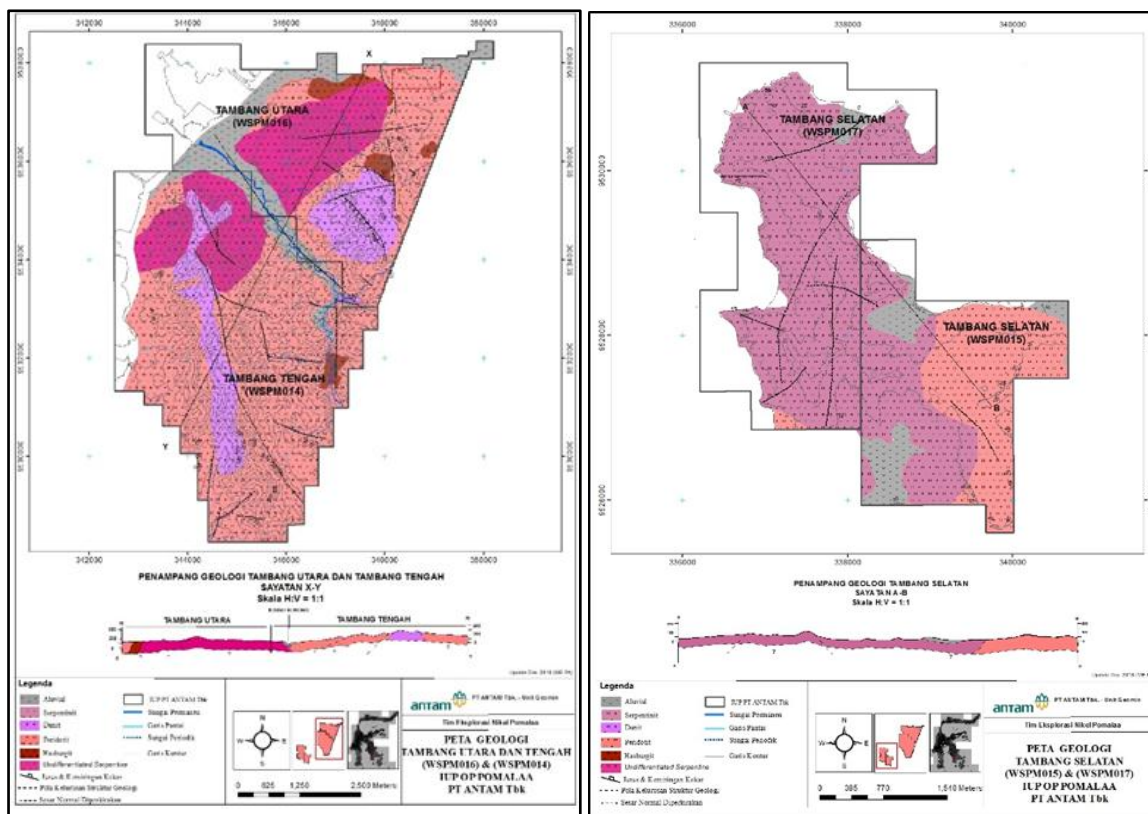
biaya per unit. ANTAM memiliki beberapa unit bisnis salah satunya yaitu Unit Bisnis Pertambangan Nikel Sulawesi Tenggara.

Unit bisnis ini memiliki beberapa *site* penambangan khususnya di Pomalaa yang saat ini telah dilakukan kegiatan operasi penambangan. Selama proses kegiatan penambangan kestabilan lereng sangatlah penting dalam menunjang aktivitas penambangan. Kestabilan lereng dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu muka air tanah, geometri lereng, material properties dan litologi lapisan penyusunnya. Litologi di Pomalaa terbagi 3 (tiga) zona yaitu limonit, saprolite, bedrock dengan domain yang tersebar berdasarkan peta geologi yaitu dunit, serpentinite, harzburgit dan peridotit. Empat domain tersebut masing-masing memiliki material properties yang dapat mempengaruhi suatu kestabilan lereng. Sehingga dilakukan penelitian untuk mengkaji pengaruh material properties pada domain batuan dasar terhadap kestabilan lereng di site Pomalaa. Pada kajian ini, dilakukan analisis terhadap lereng dengan domain geologi tunggal dan menggabungkan 2 (dua) hingga 4 (empat) domain geologi.

## B. METODOLOGI PENELITIAN

### B.1 Litologi

IUP Pomalaa terbagi menjadi 3 (tiga) daerah yaitu tambang selatan, tambang tengah dan tambang utara. Berdasarkan geologi batuan di Pomalaa, ada beberapa jenis batuan yang tersebar yaitu; Harzburgit, Dunit, Serpentinit dan Peridotit. Batuan-batuan tersebut nantinya akan dijadikan dasar untuk pengambilan data geotekni, sehingga dapat dilihat pengaruh jenis batuan terhadap nilai FK lereng. Peta sebaran batuan di Pomalaa dapat dilihat pada Gambar 2. Pada tambang utara terdiri dari batuan Dunit, Harzburgit, Serpentinit dan Peridotit. Tambang tengah terdiri dari batuan Dunit, Harzburgit, Serpentinit dan Peridotit dan tambang selatan terdiri dari Peridotit, Aluvial dan Serpentinit.



Gambar 1. Peta Geologi Tambang Utara, Tengah dan Selatan

## B.2 Akuisisi Data

Pemodelan kestabilan lereng sangat berpengaruh terhadap input data yang didapatkan, sehingga dalam pengambilan data perlu diperhatikan beberapa hal seperti; jenis material, jumlah material yang diambil dan sebaran data. Parameter tersebut sangat erat kaitannya dengan hasil analisis yang akan diperoleh. Pengambilan sampel geoteknik untuk analisis tambang dilakukan dengan pengambilan *undisturbed* sampel (UDS). Pengambilan sampel UDS dilakukan dengan menggunakan Pipa HQ yang ditekan dengan alat bantu excavator pada masing-masing litologi (Limonit dan Saprolit), sedangkan untuk pengambilan sampel *Bedrock* diambil pada *Bedrock* yang sudah terlepas. Berikut ini proses akuisisi data di tambang Pomalaa:

a. Jenis Pengambilan Data

Data Geoteknik diambil berdasarkan litologi yang ada di Pomalaa yaitu limonit, saprolite dan *bedrock*. Pengambilan data mewakili semua zona *bedrock* (hazburgit, dunit, serpentine dan peridotit). Jenis data yang diambil terdiri dari :

- Material *properties* limonit dan saprolite (*Disturbed Sample*)  
: Kohesi, Sudut Geser Dalam, Unit *Weight*.
- Material *properties bedrock* (*Undisturbed Sample*)  
: Kohesi, Sudut Geser Dalam, Unit *Weight*.

b. Jumlah sampel

Pengambilan jumlah data sampel berdasarkan domain batuan dasar. Jumlah sampel dapat dilihat pada Table 1.

Tabel 1. Jumlah Sampel Berdasarkan Domain Batuan Dasar

No	Domain Geologi	Jumlah Sample		
		Limonit	Saprolit	Bedrock
1	Hazburgit	15	15	5
2	Dunit	15	15	5
3	Serpentinit	15	15	5
4	Peridotit	15	15	5

## B.3. Coefficient of Variation (COV)

Material properties yang digunakan dalam penelitian ini yaitu unit weight, kohesi dan juga sudut geser dalam. Semua data material properties yang didapat kemudian diolah secara statistik untuk mendapatkan nilai rata-rata dan standar deviasi. Setelah didapatkan nilai statistic tersebut, kemudian dilakukan perhitungan untuk mengetahui kehomogenitasan data dari persebaran data sampel dengan menggunakan perhitungan metode COV (*Coefficient of Variation*). Nilai COV didapat dari rumus:

$$COV(\%) = \frac{Std.deviasi}{mean} \times 100 \tag{1}$$

Besaran nilai koefisien variasi akan menggambarkan tingkat kehomogenitasan data. Jika nilai COV semakin kecil, maka tingkat homogenitas data semakin tinggi, begitupun sebaliknya jika nilai COV semakin besar, maka tingkat homogenitas data semakin rendah. Berdasarkan nilai COV ini, dapat disimpulkan semua data geoteknik pada setiap domain masih dibawah 25% sehingga data material properties dapat dikatakan bersifat homogen.

Tabel 2. Standar Parameter COV (Coefficient of Variation)

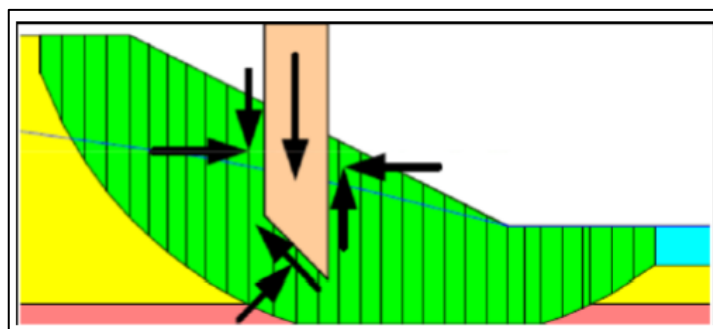
Table 4.5-2 Guidelines for analyzing coefficient of variation	
COV, %	Interpretation
0 to 25	Simple, symmetrical grade distribution—Resource estimation is easy; many methods will work.
25 to 100	Skewed distributions with moderate difficulty in resource estimation—Distributions are typically lognormal.
100 to 200	Highly skewed distributions with a large grade range—Difficulty in estimating local resources is indicated.
>200	Highly erratic, skewed data, or multiple populations—Local grades are difficult or impossible to estimate.

Kondisi	Perlakuan
COV ≤ 25%	Estimasi data akurat dan dapat digunakan
25% < COV ≤ 50%	Estimasi data boleh digunakan dengan catatan
COV > 50%	Estimasi data tidak akurat dan tidak dapat digunakan

**B.4 Limit Equilibrium**

Limit equilibrium merupakan metode yang menghitung gaya penahan dan beban dengan membagi bidang longsor menjadi beberapa potongan diskret, sehingga dapat dihitung gaya horizontal, vertical, maupun momen yang bekerja pada masing-masing potongan tersebut. Visualisasi dari metode limit equilibrium dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Visualisasi Metode Limit Equilibrium

Metode ini menggunakan kesetimbangan batas dengan membagi bidang longsor untuk mendapatkan nilai factor keamanan. Secara umum, perhitungan faktor keamanan dinyatakan sebagai berikut :

$$F = \frac{\text{Gaya Penahan}}{\text{Gaya Penggerak}} \tag{2}$$

Gaya-gaya yang bekerja pada lereng secara umum dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu gaya-gaya yang cenderung untuk menyebabkan material pada lereng untuk bergerak ke bawah dan gaya-gaya yang menahan material pada lereng sehingga tidak terjadi pergerakan atau longsor. Ketika gaya penahan lebih besar dari gaya penggerak, maka lereng tersebut akan berada dalam keadaan stabil, jika gaya penahan lebih kecil dari gaya pendorong maka lereng tersebut akan longsor. Penentuan factor keamanan pada lereng penambangan di tambang Pomalaa mengacu pada Kepmen ESDM 1827K/30/MEM/2018 yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2. Nilai Faktor Keamanan dan Probabilitas Longsor Lereng Tambang (Kepmen ESDM 1837K/30/MEM/2018)

Jenis Lereng	Keparahan Longsor (Consequences of Failure/CoF)	Kriteria dapat diterima (Acceptance Criteria)		
		Faktor Keamanan (FK Statis (Min))	Faktor Keamanan (FK Dinamis (min))	Probabilitas Longsor (Probability of Failure) (maks) PoF ( $FK \leq 1$ )
<b>Lereng Tunggal</b>	Rendah s.d. Tinggi	1.1	Tidak ada	25-50%
<b>Interamp</b>	Rendah	1.15-1.2	1.0	25%
	Menengah	1.2-1.3	1.0	20%
	Tinggi	1.2-1.3	1.1	10%
<b>Lereng Keseluruhan</b>	Rendah	1.2-1.3	1.0	15-20%
	Menengah	1.3	1.05	10%
	Tinggi	1.3-1.5	1.1	5%

### C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah proses akuisisi data telah dilakukan, selanjutnya sampel dilakukan pengujian laboratorium untuk mendapatkan material propertis pada setiap zona dari masing-masing domain batuan dasar. Hasil uji lab selanjutnya dilakukan statistik untuk mendapatkan nilai rata-rata. Nilai material properties dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3. Rekapitulasi Material Propertis Berdasarkan Domain Batuan

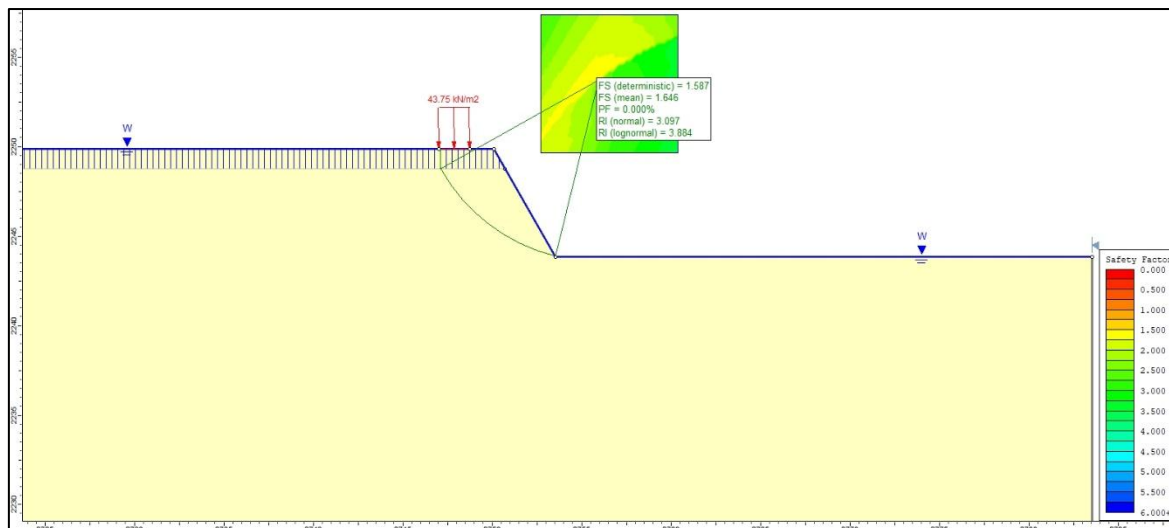
No	Zona	Domain	Sudut Geser Dalam, (°)	Kohesi, (kN/m <sup>2</sup> ) Residual	Berat Jenis Basah, (kN/m <sup>2</sup> )	UCS, Mpa
1	Limonit	Hazburgit	37.34	31.22	11.56	0.37
2	Limonit	Dunit	34.80	32.62	11.89	0.59
3	Limonit	Peridotit	34.87	31.30	11.81	0.11
4	Limonit	Serpentinit	37.36	40.49	12.89	0.28
5	Saprolit	Hazburgit	37.34	31.22	13.52	0.29
6	Saprolit	Dunit	35.07	38.07	12.39	0.29
7	Saprolit	Peridotit	34.71	31.43	10.86	0.21
8	Saprolit	Serpentinit	39.11	39.18	11.82	0.19

Berdasarkan dari Table 4 material propertis limonit pada setiap domain memiliki rentang nilai kohesi 31,22 kN/m<sup>2</sup>- 40,49 kN/m<sup>2</sup>, sudut geser dalam 31,30°-37,36°, berat jenis basah 11,56 kN/m<sup>2</sup>- 12,89 kN/m<sup>2</sup>, UCS 0,11Mpa – 0,59 Mpa. Sedangkan nilai material propertis pada saprolit memiliki rentang nilai kohesi 31,22 kN/m<sup>2</sup>-39,18 kN/m<sup>2</sup>, sudut geser dalam 34,71°-39,11°, berat jenis basah 10,86 kN/m<sup>2</sup>-13,52 kN/m<sup>2</sup>, UCS 0,19Mpa – 0,29 Mpa. Material propertis tersebut selanjutnya digunakan sebagai parameter dalam melakukan analisis kestabilan lereng dengan mengeluarkan nilai faktor keamanan (FK) dan *probability of failure* (PoF). Selain itu parameter yang diinput dalam analisis yaitu relative minimum, relative maksimum dan standar deviasi kohesi, sudut geser dalam dan berat jenis basah pada setiap domain, sebagaimana terlihat pada Tabel 5.

Tabel 4. Rekapitulasi Rel.Minimum, Rel.Maksimumdan Standar Deviasi Pada Setiap Domain

No	Zona	Domain	Rel. Min			Rel. Max			Standar Deviasi		
			Sudut Geser Dalam, (°)	(kN/m <sup>2</sup> ) Residual	Jenis Basah,	Geser Dalam, (°)	(kN/m <sup>2</sup> ) Residual	Jenis Basah,	Geser Dalam,	(kN/m <sup>2</sup> ) Residual	Jenis Basah,
1	Limonit	Hazburgit	14.17	15.47	1.25	6.58	11.28	3.22	6.87	7.09	1.55
2	Limonit	Dunit	11.63	5.37	1.47	9.12	12.88	1.79	6.33	5.17	1.08
3	Limonit	Peridotit	11.70	6.81	1.71	19.42	12.67	2.50	8.03	5.73	1.34
4	Limonit	Serpentinit	9.21	14.50	2.38	9.58	13.97	1.98	6.25	8.47	1.22
5	Saprolit	Hazburgit	14.17	15.47	2.99	6.58	11.28	19.25	6.87	7.09	5.54
6	Saprolit	Dunit	11.90	11.32	2.00	8.85	13.19	3.91	6.32	8.25	1.83
7	Saprolit	Peridotit	11.54	6.69	1.03	5.85	13.05	3.45	4.79	5.78	1.09
8	Saprolit	Serpentinit	10.96	12.44	1.97	10.54	12.79	4.31	7.46	6.99	1.70

Pada penelitian ini dilakukan simulasi dengan 4 pendekatan : (a) Pertama, menganalisis lereng dengan domain geologi tunggal, (b)Kedua, menganalisis lereng dengan menggabungkan 2 domain geologi yang berbeda, (c) Ketiga, menganalisis lereng dengan menggabungkan 3 domain geologi yang berbeda, (d) Menganalisis lereng dengan menggabungkan 4 domain geologi yang berbeda. Simulasi dilakukan menggunakan metode limit equilibrium bishop dengan menambah faktor beban alat berat sebesar 43,75 kN/m<sup>3</sup> , simulasi juga dilakukan pada lereng tunggal dengan single slope 60° (dapat dilihat pada Gambar 4).



Gambar 3. Faktor Keamanan Pada Zona Limonit Terhadap Domain Peridotit

Hasil rekapitulasi simulasi yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 6. dan Tabel 7.

Hasil simulasi dengan menggunakan 4 pendekatan tersebut menunjukkan nilai rata-rata FK limonit secara berturut sebesar 1.72, 1.71,1.73, dan 1.73 . Sedangkan nilai FK saprolit secara berturut sebesar 1.74, 1.78 , 1.75 dan 1.74. Rata-rata *probability of failure* pada simulasi ini dibawah 1% dan COV dibawah 25%.

Tabel 5. Rekapitulasi Faktor Keamanan Lereng Tunggal Pada Zona Limonit

No	Zona	Domain	FK Mean	FK Deterministic	PF (%)	FK Mean		
						Mean	SD	CoV
1	Limonit	Hazburgit	1.58	1.61	1.40	1.72	0.17	9.95%
2	Limonit	Dunit	1.70	1.64	0.00			
3	Limonit	Peridotit	1.65	1.59	0.00			
4	Limonit	Serpentinit	1.97	1.95	0.00	1.71	0.12	7.27%
5	Limonit	Haz+Dun	1.62	1.63	0.8			
6	Limonit	Dun+Serpen	1.85	1.80	0	1.73	0.09	5.31%
7	Limonit	Dun+Perid	1.66	1.61	0			
8	Limonit	Dun+Ser+Per	1.80	1.73	0.00			
9	Limonit	Haz+Dun+Per	1.63	1.61	0.50	1.73	0.09	5.31%
10	Limonit	Haz+Dun+Ser	1.76	1.74	0.70			
11	Limonit	Semua Domain	1.73	1.70	0.70			

Tabel 1. 6 Rekapitulasi Faktor Keamanan Lereng Tunggal Pada Zona Limonit

No	Zona	Domain	FK Mean	FK Deterministic	PF (%)	FK Mean		
						Mean	SD	CoV
12	Saprolit	Hazburgit	1.479	1.557	2.3	1.74	0.22	12.4%
13	Saprolit	Dunit	1.859	1.854	0			
14	Saprolit	Peridotit	1.662	1.627	0			
15	Saprolit	Serpentinit	1.968	1.967	0	1.78	0.13	7.55%
16	Saprolit	Haz+Dun	1.649	1.7	2.2			
17	Saprolit	Dun+Serpen	1.918	1.91	0	1.75	0.10	6%
18	Saprolit	Dun+Perid	1.78	1.745	0			
19	Saprolit	Dun+Ser+Per	1.842	1.818	0			
20	Saprolit	Haz+Dun+Per	1.649	1.676	1.6	1.75	0.10	6%
21	Saprolit	Haz+Dun+Ser	1.759	1.787	0.6			
22	Saprolit	Semua Domain	1.735	1.748	0.6			

#### D. KESIMPULAN

Dari hasil simulasi dapat disimpulkan bahwa faktor keamanan pada zona limonit dan saprolite terhadap batuan dasar memiliki nilai yang relative konsisten dan *coefficient of variance* dibawah 25%. Oleh karena itu pengambilan sampel geoteknik di site pomalaa tidak sensitif terhadap domain batuan, hal ini dikarenakan material properties pada material yang sudah terlaterisasi memiliki karakteristik yang sama



## UCAPAN TERIMA KASIH

Pada penelitian ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada PT ANTAM (Unit Geomin) atas segala bantuan dan serta kesempatan untuk melakukan penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- PT Antam Unit Geomin UBPN Sultra, 2018. Kajian Geoteknik dan Hidrologi-Hidrogeologi Untuk Site Pomalaa.
- Hoek, E. dan Bray, J.W., 1981, *Rock Slope Engineering*, 3rd Ed, *The Institution of Mining and Metallurgy*, London, 356h
- Keputusan Menteri Energi dan Sumberdaya Mineral Nomor 1827 K/30/MEM/2018 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan Yang Baik.

