

## **SKRIPSI**

# **ANALISIS KORELASI UNSUR DAN SENYAWA MAYOR DAN MINOR PADA ENDAPAN NIKEL LATERIT BERDASARKAN KEMIRINGAN LERENG DAN IMPLIKASINYA TERHADAP SEBARAN KADAR Ni, Fe DAN Co**

(Studi Kasus: Blok X PT Tonia Mitra Sejahtera, Desa Lenggora Pantai,  
Kabupaten Bombana, Provinsi Sulawesi Tenggara)

**Disusun dan diajukan oleh**

**KOSIM AL KADRI  
D111171308**



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2022**

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**ANALISIS KORELASI UNSUR DAN SENYAWA MAYOR DAN MINOR  
PADA ENDAPAN NIKEL LATERIT BERDASARKAN KEMIRINGAN  
LERENG DAN IMPLIKASINYA TERHADAP  
SEBARAN KADAR Ni, Fe DAN Co**

**Disusun dan diajukan oleh**

**KOSIM AL KADRI**

**D111171308**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 3 Januari 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Menyetujui,

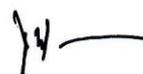
Pembimbing Utama,



Asran Ilyas, ST. MT. Ph.D.

NIP.197303142000121001

Pembimbing Pendamping,



Dr. Ir. Irzal Nur, MT.

NIP.196604091997031002

Ketua Program Studi,



Dr. Eng. Purwanto, ST. MT.

NIP.197111282005011002

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Kosim Al Kadri  
NIM : D111171308  
Program Studi : Teknik Pertambangan  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

Analisis Korelasi Unsur dan Senyawa Mayor dan Minor pada Endapan Nikel Laterit  
Berdasarkan Kemiringan Lereng dan Implikasinya Terhadap  
Sebaran Kadar Ni, Fe dan Co

adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilalihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Januari 2022

Yang menyatakan

Tanda tangan



KOSIM AL KADRI



## ABSTRAK

Nikel laterit adalah produk residual pelapukan kimia pada batuan ultramafik. Proses ini dipengaruhi oleh kemiringan lereng yang merupakan salah satu faktor pembentukan endapan nikel laterit. Kegiatan penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kemiringan lereng terhadap ketebalan endapan nikel laterit, perilaku kadar Ni, Fe dan Co terhadap kedalaman endapan nikel laterit dan korelasi unsur dan senyawa mayor dan minor terhadap unsur Ni, Fe dan Co dengan nilai koefisien korelasi sangat kuat (0,80-1,00) baik negatif maupun positif yang terdistribusi pada profil endapan nikel laterit di keseluruhan tipe kemiringan lereng dengan menggunakan analisis korelasi. Analisis pengaruh kemiringan lereng dilakukan dengan dua sudut pandang data yaitu peta kemiringan lereng data *collar* dan *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM). Hasil analisis ketebalan endapan nikel laterit di daerah penelitian menunjukkan semakin meningkatnya derajat kemiringan lereng atau tipe kemiringan lereng akan menyebabkan penurunan ketebalan zona limonit dan saprolit. Sebagai unsur non-mobile Fe dan Co memiliki nilai koefisien korelasi sebesar 0,1-0,4 dengan arah hubungan yang negatif. Sedangkan unsur Ni mengalami perubahan arah hubungan dari positif ke negatif. Sehingga kadar unsur Ni, Fe dan Co akan mengalami penurunan seiring bertambahnya kedalaman endapan nikel laterit. Adapun secara keseluruhan kadar tinggi Ni, Fe dan Co terletak pada kemiringan lereng tipe I dengan unsur dan senyawa yang berpotensi untuk berkorelasi dengan unsur Ni, Fe dan Co adalah SiO<sub>2</sub>, MgO, MnO dan Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Kata kunci: Endapan nikel laterit, kemiringan lereng, mayor dan minor, analisis korelasi.

## **ABSTRACT**

*Nickel laterite is a residual product of chemical weathering in ultramafic rocks. This process is influenced by the slope which is one of the factors for the formation of laterite nickel deposits. This research activity aims to determine the effect of the slope on the thickness of laterite nickel deposits, behavior of Ni, Fe and Co grades to depth of laterite nickel deposits and the relationship between major and minor elements and compounds to the elements Ni, Fe and Co with a very strong correlation coefficient (0.80-1.00) both negative and positive distributed on the profile at the time of the slope using analysis correlation. The analysis of the influence of the slope is carried out with two data points of view, namely the slope map of the collar data and the Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). The results of the analysis of the thickness of laterite nickel deposits in the study area show that increasing the degree of slope or the type of slope will cause a decrease in the thickness of the limonite and saprolite zones. As non-mobile elements Fe and Co have a correlation coefficient of 0.1-0.4 with a negative relationship direction. While the element Ni experienced a change in the direction of the relationship from positive to negative. So that the grades of Ni, Fe and Co elements in the study area will decrease with increasing depth. As for the overall high grades of Ni, Fe and Co located on the slope type I with elements and compounds that have the potential to correlate with the elements Ni, Fe and Co are SiO<sub>2</sub>, MgO, MnO and Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.*

*Key words: Laterite nickel deposits, slope, major and minor, correlation analysis.*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa penulis panjatkan kepada Allah SWT karena atas rahmatnya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Analisis Korelasi Unsur dan Senyawa Mayor dan Minor pada Endapan Nikel Laterit Berdasarkan Kemiringan Lereng dan Implikasinya Terhadap Sebaran Kadar Ni, Fe dan Co". Shalawat serta salam tidak lupa penulis haturkan untuk junjungan kita Nabi Muhammad *shalallahu 'alaihi wasallam* sebagai manusia terbaik yang menjadi teladan dalam beraktifitas.

Selama penyusunan laporan tugas akhir ini penulis banyak mendapatkan bantuan, semangat dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak yang telah membantu menyelesaikan laporan ini.

Terima kasih penulis ucapkan kepada Bapak Baharudin Gani selaku *Head of exploration* PT. Tonia Mitra Sejahtera yang telah mengizinkan penulis melaksanakan penelitian tugas akhir dan Bapak Muh. Nur Hidayat selaku pembimbing lapangan yang telah memberikan arahan, masukan serta bantuan selama melaksanakan penelitian tugas akhir ini.

Terima kasih pula penulis ucapkan kepada Bapak Dr. Eng. Purwanto, ST., MT. selaku ketua Departemen Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin, segenap dosen serta staf administrasi di Departemen Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin yang telah banyak membantu dalam pengurusan administrasi penulis.

Terima kasih yang sebesar-besar kepada Bapak Asran Ilyas, ST. MT. Ph.D., selaku pembimbing I yang telah memberi arahan serta bimbingan kepada penulis, Bapak Dr. Ir. Irzal Nur, MT., selaku Pembimbing II atas saran dan masukan yang diberikan kepada penulis. Ibu Andi Arumansawang, ST. M.Sc., dan Ibu Rizki Amalia, ST. MT., selaku dosen penguji atas saran dan masukan untuk penyempurnaan skripsi ini.

Terkhusus untuk Bapak Arson dan Ibu Sarisniamawati selaku orang tua serta kakak tercinta yang tidak pernah berhenti memberi doa serta dukungan dalam bentuk apapun untuk menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik dan teman-teman Teknik Pertambangan 2017 yang senantiasa memberi semangat dan bantuan kepada penulis. Penulis mengucapkan terima kasih banyak.

Penulis menyadari walaupun sudah memberikan yang terbaik, masih banyak kekurangan serta keterbatasan dalam penulisan tugas akhir ini. Oleh karena itu, dengan senang hati penulis menerima saran serta kritik yang membangun sehingga kedepannya kekurangan dan keterbatasan yang diperoleh dapat diminimalisir. Akhirnya, semoga tugas akhir ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kemajuan dan keberlangsungan ilmu pengetahuan.

Makassar, Januari 2022

Penulis

# DAFTAR ISI

	Halaman
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Kegunaan Penelitian .....	3
1.5 Tahapan Penelitian .....	4
1.6 Lokasi Penelitian.....	6
<b>BAB II ANALISIS STATISTIK UNSUR DAN SENYAWA</b> .....	<b>8</b>
2.1 Endapan Nikel Laterit.....	8
2.2 Analisis Statistik .....	15
2.3 Geostatistik.....	20
2.4 <i>Inverse Distance Weighting</i> .....	20
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>23</b>
3.1 Sumber Data.....	24
3.2 Pengolahan Data .....	26

<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>35</b>
4.1 Distribusi Titik Bor Berdasarkan Kemiringan Lereng.....	36
4.2 Pengaruh Kemiringan Lereng Terhadap Ketebalan Zona Endapan Nikel Laterit.....	39
4.3 Perilaku Kadar Ni, Fe dan Co Terhadap Kedalaman .....	47
4.4 Korelasi Unsur dan Senyawa Mayor dan Minor Terhadap Unsur Ni, Fe dan Co .....	68
4.5 Implikasi Hasil Analisis Korelasi Terhadap Sebaran Kadar Ni, Fe dan Co ....	90
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>103</b>
5.1 Kesimpulan.....	103
5.1 Saran .....	104
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>105</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>107</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
1.1 Lokasi penelitian .....	7
2.1 Distribusi nikel laterit global .....	8
2.2 Besarnya nilai korelasi dalam diagram pencar .....	19
3.1 Download data SRTM .....	25
3.2 Pembuatan kontur dengan interval 5 m.....	27
3.3 Hasil <i>smooth</i> garis kontur data <i>collar</i> .....	28
3.4 Peta kemiringan lereng data <i>collar</i> .....	28
3.5 Garis kontur dengan interval 5 m data SRTM .....	29
3.6 Peta Kemiringan lereng data SRTM .....	29
3.7 Peta sebaran kadar Ni di zona saprolit.....	32
3.8 Kelas kadar tinggi dan rendah Ni di zona saprolit .....	33
3.9 Diagram alir penelitian.....	34
4.1 Peta kemiringan lereng data <i>collar</i> .....	36
4.2 Grafik distribusi zona limonit data <i>collar</i> .....	37
4.3 Grafik distribusi zona saprolit data <i>collar</i> .....	37
4.4 Peta kemiringan lereng data SRTM .....	38
4.5 Grafik distribusi zona limonit data SRTM.....	39
4.6 Grafik distribusi zona saprolit data SRTM .....	39
4.7 Grafik rata-rata ketebalan zona limonit data <i>collar</i> .....	42
4.8 Grafik rata-rata ketebalan zona saprolit data <i>collar</i> .....	43
4.9 Grafik rata-rata ketebalan zona limonit data SRTM .....	45
4.10 Grafik rata-rata ketebalan zona saprolit data SRTM .....	46

4.11	Diagram pencar kadar Ni peta data <i>collar</i> tipe I.....	48
4.12	Diagram pencar kadar Ni peta data SRTM tipe I.....	48
4.13	Diagram pencar kadar Fe peta data <i>collar</i> tipe I.....	49
4.14	Diagram pencar kadar Fe peta data SRTM tipe I.....	49
4.15	Diagram pencar kadar Co peta data <i>collar</i> tipe I.....	50
4.16	Diagram pencar kadar Co peta data SRTM tipe I.....	50
4.17	Diagram pencar kadar Ni peta data <i>collar</i> tipe II.....	51
4.18	Diagram pencar kadar Ni peta data SRTM tipe II.....	52
4.19	Diagram pencar kadar Fe peta data <i>collar</i> tipe II.....	53
4.20	Diagram pencar kadar Fe peta data SRTM tipe II.....	53
4.21	Diagram pencar kadar Co peta data <i>collar</i> tipe II.....	54
4.22	Diagram pencar kadar Co peta data SRTM tipe II.....	54
4.23	Diagram pencar kadar Ni peta data <i>collar</i> tipe III.....	55
4.24	Diagram pencar kadar Ni peta data SRTM tipe III.....	55
4.25	Diagram pencar kadar Fe peta data <i>collar</i> tipe III.....	56
4.26	Diagram pencar kadar Fe peta data SRTM tipe III.....	57
4.27	Diagram pencar kadar Co peta data <i>collar</i> tipe III.....	58
4.28	Diagram pencar kadar Co peta data SRTM tipe III.....	58
4.29	Diagram pencar kadar Ni peta data <i>collar</i> tipe IV.....	59
4.30	Diagram pencar kadar Ni peta data SRTM tipe IV.....	60
4.31	Diagram pencar kadar Fe peta data <i>collar</i> tipe IV.....	61
4.32	Diagram pencar kadar Fe peta data SRTM tipe IV.....	61
4.33	Diagram pencar kadar Co peta data <i>collar</i> tipe IV.....	62
4.34	Diagram pencar kadar Co peta data SRTM tipe IV.....	62
4.35	Diagram pencar kadar Ni peta data <i>collar</i> tipe V.....	63
4.36	Diagram pencar kadar Ni peta data SRTM tipe V.....	63

4.37	Diagram pencar kadar Fe peta data <i>collar</i> tipe V .....	64
4.38	Diagram pencar kadar Fe peta data SRTM tipe V .....	65
4.39	Diagram pencar kadar Co peta data <i>collar</i> tipe V .....	65
4.40	Diagram pencar kadar Co peta data SRTM tipe V .....	66
4.41	Grafik Nilai korelasi kadar Ni terhadap kedalaman .....	67
4.42	Grafik Nilai korelasi kadar Fe terhadap kedalaman.....	68
4.43	Grafik Nilai korelasi kadar Co terhadap kedalaman.....	68
4.44	Sebaran kadar Ni di zona limonit .....	92
4.45	Sebaran kadar Fe di zona limonit.....	93
4.46	Sebaran kadar Co di zona limonit.....	94
4.47	Sebaran kadar Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> di zona limonit data <i>collar</i> .....	94
4.48	Sebaran kadar Ni di zona saprolit.....	95
4.49	Sebaran kadar Fe di zona saprolit.....	96
4.50	Sebaran kadar Co di zona saprolit.....	97
4.51	Sebaran kadar Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> di zona saprolit data <i>collar</i> .....	98
4.52	Sebaran kadar Ni di zona <i>bedrock</i> .....	98
4.53	Sebaran kadar Fe di zona <i>bedrock</i> .....	100
4.54	Sebaran kadar Co di zona <i>bedrock</i> .....	101
4.55	Sebaran kadar Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> di zona <i>bedrock</i> data <i>collar</i> .....	101

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
2.1	Pedoman untuk memilih teknik korelasi..... 18
2.2	Pemodan interpretasi terhadap koefisien korelasi ..... 19
3.1	Klasifikasi tipe kemiringan lereng ..... 26
3.2	Contoh data <i>assay</i> ..... 30
3.3	Contoh data komposit ..... 31
3.4	Rata-rata kadar Ni, Fe dan Co ..... 33
4.1	Pemodan interpretasi terhadap koefisien korelasi ..... 35
4.2	Distribusi titik bor pada kemiringan lereng data <i>collar</i> ..... 37
4.3	Distribusi titik bor pada kemiringan lereng data SRTM ..... 39
4.4	Statistik deskriptif ketebalan zona endapan nikel laterit data <i>collar</i> ..... 41
4.5	Statistik deskriptif ketebalan zona endapan nikel laterit data SRTM ..... 44
4.6	Hasil Korelasi Pada Peta Kemiringan Lereng data <i>collar</i> ..... 66
4.7	Hasil Korelasi Pada Peta Kemiringan Lereng data SRTM ..... 66
4.8	Hasil analisis deskriptif kemiringan tipe I data <i>collar</i> ..... 69
4.9	Hasil korelasi unsur dan senyawa pada kemiringan lereng tipe I data <i>collar</i> ... 69
4.10	Korelasi unsur Ni, Fe dan Co pada kemiringan lereng tipe I data <i>collar</i> ..... 70
4.11	Hasil analisis deskriptif kemiringan tipe I data SRTM..... 71
4.12	Hasil korelasi unsur dan senyawa pada kemiringan lereng tipe I data SRTM... 72
4.13	Korelasi unsur Ni, Fe dan Co pada kemiringan lereng tipe I data SRTM..... 72
4.14	Hasil analisis deskriptif kemiringan tipe II data <i>collar</i> ..... 73
4.15	Hasil korelasi unsur dan senyawa pada kemiringan lereng tipe II data <i>collar</i> .. 74
4.16	Korelasi unsur Ni, Fe dan Co pada kemiringan lereng tipe II data <i>collar</i> ..... 75
4.17	Hasil analisis deskriptif kemiringan tipe II data SRTM..... 75

4.18	Hasil korelasi unsur dan senyawa pada kemiringan lereng tipe II data SRTM .76	76
4.19	Korelasi unsur Ni, Fe dan Co pada kemiringan lereng tipe II data SRTM .....77	77
4.20	Hasil analisis deskriptif kemiringan tipe III data <i>collar</i> .....78	78
4.21	Hasil korelasi unsur dan senyawa pada kemiringan lereng tipe III data <i>collar</i> .78	78
4.22	Korelasi unsur Ni, Fe dan Co pada kemiringan lereng tipe III data <i>Collar</i> .....79	79
4.23	Hasil analisis deskriptif kemiringan tipe III data SRTM .....80	80
4.24	Hasil korelasi unsur dan senyawa pada kemiringan lereng tipe III data SRTM 81	81
4.25	Korelasi unsur Ni, Fe dan Co pada kemiringan lereng tipe III data SRTM .....82	82
4.26	Hasil analisis deskriptif kemiringan tipe IV data <i>collar</i> .....83	83
4.27	Hasil korelasi unsur dan senyawa pada kemiringan lereng tipe IV data <i>collar</i> .83	83
4.28	Korelasi unsur Ni, Fe dan Co pada kemiringan lereng tipe IV data <i>Collar</i> .....84	84
4.29	Hasil analisis deskriptif kemiringan tipe IV data SRTM.....85	85
4.30	Hasil korelasi unsur dan senyawa pada kemiringan lereng tipe IV data SRTM.85	85
4.31	Korelasi unsur Ni, Fe dan Co pada kemiringan lereng tipe IV data SRTM.....86	86
4.32	Hasil analisis deskriptif kemiringan tipe V data <i>collar</i> .....87	87
4.33	Hasil korelasi unsur dan senyawa pada kemiringan lereng tipe V data <i>collar</i> ...87	87
4.34	Korelasi unsur Ni, Fe dan Co pada kemiringan lereng tipe V data <i>Collar</i> .....88	88
4.35	Hasil analisis deskriptif kemiringan tipe V data SRTM .....88	88
4.36	Hasil korelasi unsur dan senyawa pada kemiringan lereng tipe V data SRTM ..89	89
4.37	Korelasi unsur Ni, Fe dan Co pada kemiringan lereng tipe V data SRTM.....89	89
4.38	Rangkuman korelasi Ni di zona limonit .....91	91
4.39	Rangkuman korelasi Fe di zona limonit.....92	92
4.40	Rangkuman korelasi Co di zona limonit .....93	93
4.41	Rangkuman korelasi Ni di zona saprolit .....95	95
4.42	Rangkuman korelasi Fe di zona saprolit.....96	96
4.43	Rangkuman korelasi Co di zona saprolit.....97	97

4.44	Rangkuman korelasi Ni di zona <i>bedrock</i> .....	99
4.45	Rangkuman korelasi Fe di zona <i>bedrock</i> .....	99
4.46	Rangkuman korelasi Co di zona <i>bedrock</i> .....	100

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran</b>	<b>Halaman</b>
A Peta Kemiringan Lereng Data <i>Collar</i> dan SRTM .....	108
B Contoh Data Assay, <i>Collar</i> dan Litologi .....	111
C Data Komposit.....	115
D Pengelompokkan Titik Bor Berdasarkan Kemiringan Lereng Data <i>Collar</i> .....	133
E Pengelompokkan Titik Bor Berdasarkan Kemiringan Lereng Data SRTM .....	152

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Nikel laterit merupakan produk residual yang dihasilkan dari pelapukan batuan kaya akan olivin dan turunan metamorfnya yang memiliki kandungan Ni primer 0,2-0,4% (Brand *et al*, 1998). Bumi memiliki sumberdaya nikel berkisar 3%. Sebagian besar nikel ditemukan di batuan dasar atau ultrabasa. Batuan ultrabasa berwarna gelap, padat dan tinggi zat besi dan magnesium (Janwong, 2012). Batuan ultrabasa terurai oleh pengaruh pelapukan tropis yang melepaskan unsur-unsur terlarutnya pada air tanah yang meresap dan terkonsentrasinya unsur atau senyawa non-mobile ke dalam tanah (Ahmad, 2005). Nikel laterit dapat diklasifikasikan dalam tiga kelompok utama sebagai oksida, silikat hidro dan deposit tanah liat silikat (Sagapoa *et al*, 2011).

Kondisi pelapukan kimiawi yang khas di daerah tropis dengan kondisi yang sangat lembab mengakibatkan terjadinya pelindian unsur mobile dari batuan dasar yang lapuk. Sedangkan, unsur non-mobile mengalami konsentrasi residual dan unsur semi-mobile dilepaskan dari bagian atas profil laterit dan terkonsentrasi di bagian bawah melalui pengayaan supergen (Ahmad, 2005). Karakteristik endapan nikel laterit yang meliputi kadar, mineralogi, tonase dan ketebalan sangat dipengaruhi oleh faktor iklim dan geologi (Brand *et al*, 1998). Kemiringan lereng adalah salah satu faktor yang berpengaruh terhadap pembentukan endapan nikel laterit.

Pengaruh kemiringan lereng terhadap endapan nikel laterit telah diteliti oleh hasria dkk (2019) mengenai pengaruh geomorfologi terhadap penyebaran kadar Ni dan Fe. Namun belum ada penelitian mengenai korelasi unsur maupun senyawa mayor dan minor endapan nikel laterit berdasarkan pengaruh kemiringan lereng dan implikasinya

pada sebaran kadar Ni, Fe dan Co. Oleh karena itu, perlu dilakukannya penelitian ini sehingga dapat mengetahui unsur maupun senyawa yang berkorelasi dengan Ni, Fe dan Co pada daerah tipe kemiringan lereng yang tinggi akan kadar Ni, Fe dan Co berdasarkan peta kemiringan lereng data *collar* dan *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM).

Sebagai salah satu faktor pembentukan endapan nikel laterit, kemiringan lereng merupakan salah satu variabel yang terdapat di lokasi penelitian yang dapat mempengaruhi tingkat pelapukan sehingga berdampak pada ketebalan, distribusi kadar dan pengayaan unsur maupun senyawa endapan nikel laterit. Kondisi kemiringan lereng yang beragam di lokasi penelitian dibentuk oleh perbukitan dan pegunungan yang ada. Oleh karena itu, faktor kemiringan lereng digunakan sebagai parameter batasan populasi pada penelitian ini untuk mengetahui pengaruh kemiringan lereng terhadap endapan nikel laterit baik ketebalan endapan nikel laterit, korelasi kadar (Ni, Fe dan Co) terhadap kedalaman zona endapan nikel laterit di setiap tipe kemiringann lereng dan korelasi unsur maupun senyawa mayor (Fe, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> dan MgO) dan minor (Ni, Co, MnO dan Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) di setiap tipe kemiringann lereng.

Pengaruh kemiringan lereng terhadap endapan nikel laterit dapat diketahui dengan berbagai metode analisis korelasi antara lain regresi linear dan persamaan person. Kedua metode ini dapat mengestimasi nilai koefisien korelasi dari variabel-variabel yang diuji. Sehingga dapat diketahui pengaruh kemiringan lereng terhadap ketebalan zona endapan nikel laterit, korelasi kadar (Ni, Fe dan Co) terhadap kedalaman zona endapan nikel laterit di setiap tipe kemiringann lereng dan unsur maupun senyawa yang berkorelasi dengan Ni, Fe dan Co pada daerah tipe kemiringan lereng yang tinggi akan kadar Ni, Fe dan Co.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka masalah yang akan dibahas pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh kemiringan lereng terhadap ketebalan zona endapan nikel laterit.
2. Bagaimana korelasi kadar Ni, Fe dan Co terhadap kedalaman zona endapan nikel laterit pada setiap tipe kemiringan lereng.
3. Bagaimana korelasi unsur dan senyawa mayor dan minor serta implikasi dari korelasi unsur maupun senyawa mayor dan minor pada distribusi kadar Ni, Fe dan Co.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui pengaruh kemiringan lereng terhadap ketebalan zona endapan nikel laterit.
2. Mengetahui korelasi kadar Ni, Fe dan Co terhadap kedalaman zona endapan nikel laterit pada setiap tipe kemiringan lereng.
3. Mengetahui unsur dan senyawa mayor dan minor yang berkorelasi dengan unsur Ni, Fe dan Co serta implikasi dari korelasi unsur dan senyawa mayor dan minor pada daerah tipe kemiringan lereng yang tinggi kadar Ni, Fe dan Co.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah dapat menambah pengetahuan mengenai endapan nikel laterit yang meliputi ketebalan, perilaku unsur, korelasi unsur dan senyawa mayor dan minor berdasarkan pengaruh kemiringan lereng terhadap sebaran kadar Ni, Fe dan Co. Manfaat lain dari penelitian ini adalah dapat

menjadi referensi di bidang akademisi mengenai endapan nikel laterit maupun praktisi selama proses penambangan bijih endapan nikel laterit.

## **1.5 Tahapan Penelitian**

Sub bab ini akan diuraikan secara runtut mengenai tahapan kegiatan penelitian. Berdasarkan tujuan penelitian yang dijelaskan, kegiatan penelitian yang akan dilakukan terbagi menjadi 3 tahapan sebagai berikut:

1. Studi literatur
2. Pengambilan data
3. Pengolahan dan analisis data
4. Penyusunan Laporan Tugas Akhir

Uraian kegiatan serta luaran dan indikator capaian dari setiap tahapan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Studi literatur

Studi literatur dilakukan untuk memperkuat pemahaman mengenai permasalahan penelitian yang diangkat dan merupakan tahapan awal dari penelitian ini. Literatur-literatur berupa artikel ilmiah yang dijadikan referensi yang berkaitan dengan kemiringan lereng, analisis statistik deskriptif, analisis statistik korelasi, dan endapan nikel laterit.

2. Perumusan Masalah

Perumusan masalah merupakan tahap menentukan masalah-masalah yang akan dijadikan sebagai pembahasan utama penelitian. Masalah yang dirumuskan untuk menjadi pembahasan utama penelitian ini yaitu korelasi unsur dan senyawa mayor dan minor endapan nikel laterit terhadap kemiringan lereng serta implikasinya pada distribusi kadar Ni, Fe dan Co.

### 3. Pengambilan Data

Pengambilan data berupa database hasil pengeboran yang telah dilakukan pada blok X PT Tonia Mitra Sejahtera yang sekaligus merupakan data sekunder yang akan dijadikan sebagai data utama penelitian ini. Muatan dari database yang diperoleh berupa data *assay*, *collar* dan litologi. Dilakukan juga pengambilan data SRTM pada situs web *United States Geological Survey* (USGS).

### 4. Pengolahan Data dan Analisis Data

Pengolahan data dan analisis data dilakukan dengan bantuan *software* MS. Excel versi 2013, SPSS versi 26, Surfer versi 16 dan Arcgis versi 10.3. Pengolahan data diawali dengan pembuatan peta kemiringan lereng berdasarkan data *collar* dan data SRTM dengan menggunakan aplikasi Arcgis yang kemudian dilakukan pengklasifikasian setiap titik bor berdasarkan kemiringan lerengnya. Titik bor yang telah diklasifikasikan berdasarkan kemiringan lereng kemudian dilakukan pengelompokan data serta pembuatan grafik pengaruh ketebalan terhadap kemiringan lereng dan perilaku kadar Ni, Fe dan Co terhadap kedalaman endapan nikel laterit pada masing-masing tipe kemiringan lereng dengan bantuan aplikasi Ms. Excel. Hasil pengelompokan data juga dilakukan komposit pada masing-masing unsur dan senyawa mayor dan minor. Data komposit tersebut akan digunakan untuk analisis deskriptif dan analisis korelasi.

Setelah rangkaian proses tersebut kemudian dilakukan pembuatan peta distribusi kadar Ni, Fe dan Co dengan bantuan aplikasi Arcgis. Berdasarkan peta tersebut kemudian dilakukan penarikan kesimpulan atas distribusi kadar Ni, Fe dan Co serta unsur dan senyawa yang berkorelasi dengan Ni, Fe dan Co.

### 5. Penyusunan Laporan Tugas Akhir

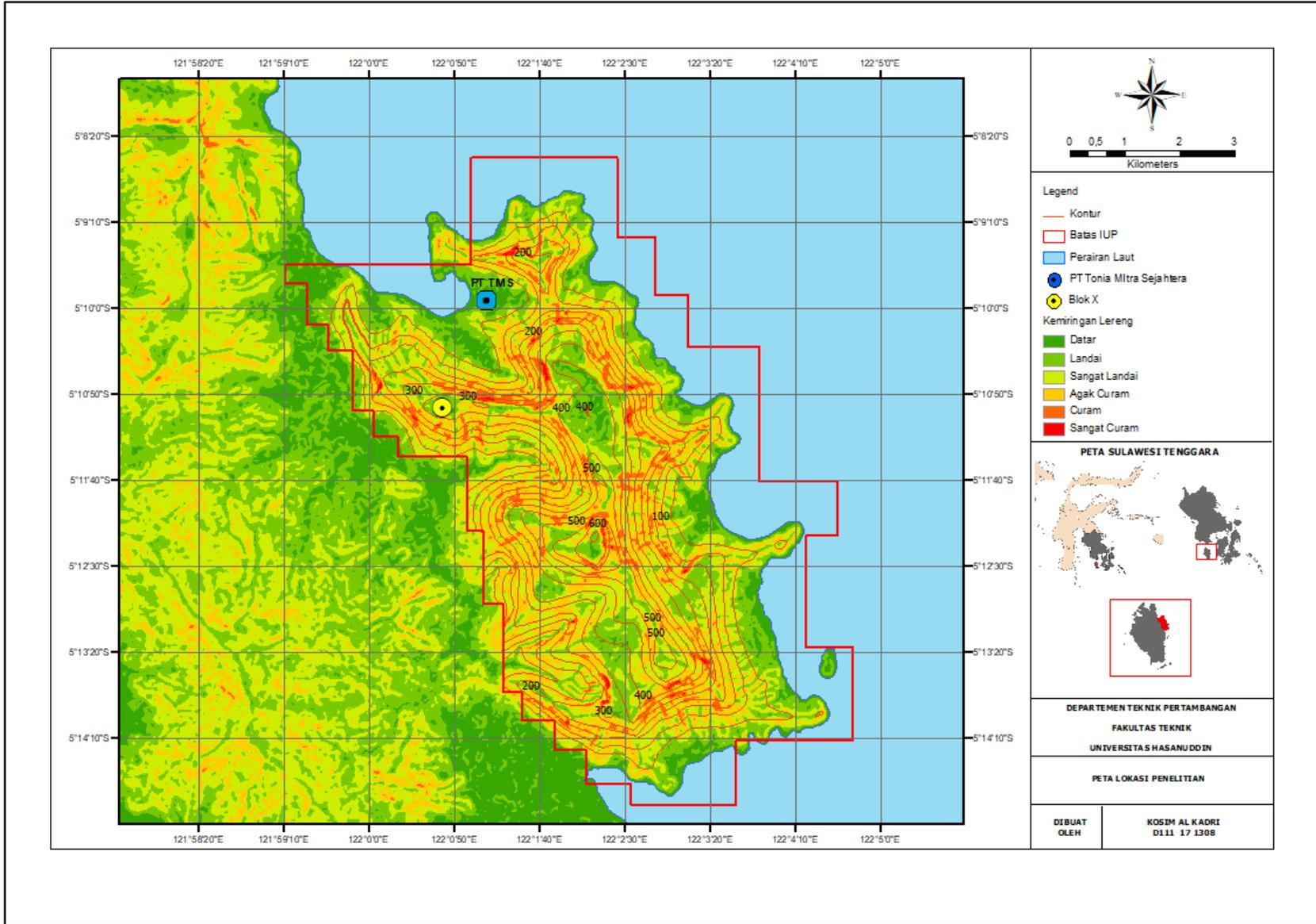
Setelah pengolahan data selesai, maka tahapan selanjutnya adalah penyusunan laporan. Di akhir penyusunan laporan ini, akan ditarik kesimpulan dari masalah-

masalah yang telah dirumuskan sebelumnya berdasarkan hasil dari pengolahan data yang telah dilakukan.

## **1.6 Lokasi Penelitian**

PT. Tonia Mitra Sejahtera merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan bijih nikel laterit. Wilayah Izin Usaha Pertambangan (WIUP) PT. Tonia Mitra Sejahtera yang terletak di Desa Lenggora Pantai, Kecamatan Kabaena Tengah, Kabupaten Bombana, Provinsi Sulawesi Tenggara dengan luas WIUP 5.958 Ha (Gambar 1.1). Kegiatan penambangan PT. Tonia Mitra Sejahtera dilakukan dengan sistem penambangan tambang terbuka yang menggunakan metode *Open Cast* pada keempat blok yang salah satunya adalah blok X.

Lokasi PT. Tonia Mitra Sejahtera *site* lenggora pantai dapat dijangkau dengan menggunakan pesawat udara dari kota makassar ke kota baubau dengan waktu tempuh selama 1 jam. Perjalanan selanjutnya menggunakan kapal laut dengan waktu tempuh 7 jam ke *site* PT. Tonia Mitra Sejahtera.



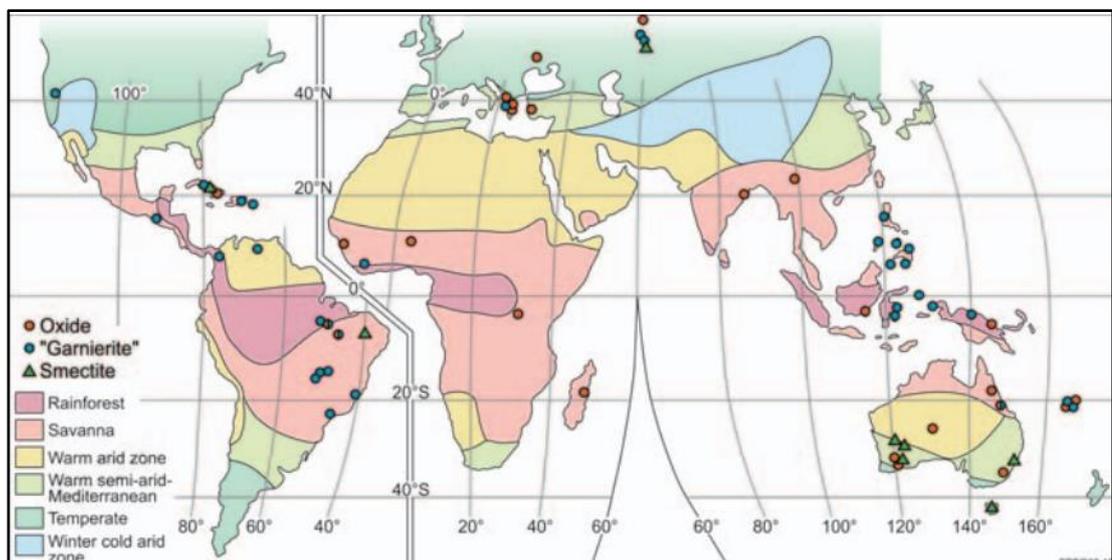
Gambar 1.1 Lokasi penelitian

## BAB II

# ANALISIS STATISTIK UNSUR DAN SENYAWA ENDAPAN NIKEL LATERIT

### 2.1 Endapan Nikel Laterit

Nikel laterit adalah produk residual pelapukan kimia pada batuan ultramafik (dunit dan peridotit) dan ubahannya (serpentinit). Proses ini berlangsung selama jutaan tahun dimulai ketika batuan ultramafik tersingkap di permukaan bumi (Kurniadi dkk, 2017). Nikel laterit menyumbang 60%-70% dari sumber daya Ni dunia. Akan tetapi, meskipun telah ditambang selama sekitar 140 tahun, sampai tahun 2000 nikel laterit menyumbang kurang dari 40% dari produksi Ni global dan sisanya berasal dari bijih sulfida (Butt and Cluzel, 2013; Berger *et al*, 2011).



Gambar 2.1 Distribusi nikel laterit global (Butt and Cluzel, 2013).

Mineral utama yang mengandung nikel dapat dibagi menjadi dua kategori: sulfida dan oksida. Sekitar 70% dari sumber daya nikel berbasis lahan dunia adalah mineral laterit (oksida). Mineral sulfida mengandung 30% sumber daya nikel (Jangwon, 2012). Logam nikel banyak dimanfaatkan untuk pembuatan baja tahan karat (*stainless steel*).

Nikel merupakan logam berwarna kelabu perak yang memiliki sifat fisik antara lain (Guilbert, 1986):

1. Kekuatan dan kekerasan nikel menyerupai kekuatan dan kekerasan besi.
2. Mempunyai sifat daya tahan terhadap karat dan korosi
3. Pada udara terbuka memiliki sifat yang lebih stabil daripada besi.

Istilah Laterit berasal dari bahasa latin yaitu later, yang artinya bata (membentuk bongkah-bongkah yang tersusun seperti bata yang berwarna merah bata).

#### 2.1.1 Genesa Endapan Nikel Laterit

Proses pelapukan atau laterisasi melibatkan pelarutan mineral asli, pergerakan unsur-unsur dalam larutan dan pengendapan unsur-unsur di lokasi lain. Proses ini memainkan peran penting dalam pengembangan deposit nikel laterit. Prosesnya dimulai dengan pelapukan peridotit oleh air tanah yang bersifat asam. Peridotit terdiri dari olivin ( $(\text{Mg, Fe, Ni})_2\text{SiO}_4$ ), silikat besi dan magnesium yang biasanya mengandung 0,3% Nikel. Pelapukan olivin yang berkepanjangan melepaskan besi, magnesium, nikel dan silikon ke dalam larutan. Besi teroksidasi dan mengendap terlebih dahulu menjadi Goetit ( $\text{FeO}(\text{OH})$ ) dan Hematit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Oleh karena itu, oksida besi ini terbentuk di dekat permukaan bumi, sedangkan nikel, magnesium dan silikon dibawa ke bawah bersama larutan. Selama air tetap asam, unsur-unsur ini tetap dalam larutan. Ketika larutan dinetralkan oleh reaksi dengan batuan dan tanah di sekitarnya, unsur-unsur ini cenderung mengendap sebagai air silikat. Unsur nikel kurang larut dibandingkan magnesium sehingga endapan pertama mengandung lebih banyak nikel daripada magnesium. Magnesium yang masih berada di dalam larutan sering terbawa ke air tanah (Janwong, 2012).

#### 2.1.2 Klasifikasi Endapan Nikel Laterit

Ada berbagai skema klasifikasi untuk nikel laterit, berdasarkan fitur alterasi seperti batuan induk, iklim, drainase, sejarah geomorfologi, dan komposisi. Klasifikasi

didasarkan pada mineralogi dari induk Ni yang dominan. Ada tiga jenis utama deposit endapan nikel laterit (Brand *et al*, 1998):

1. Tipe A merupakan endapan Ni silikat yang didominasi oleh silikat Mg—Ni terhidrasi (misalnya garnierit). Tipe ini umumnya dijumpai pada saprolit dalam.
2. Tipe B merupakan endapan Ni silikat yang dominan disusun oleh lempung smektik (misalnya nontronit). Keterdapatannya Tipe B umumnya di saprolit atas atau pedolit.
3. Tipe C merupakan endapan oksida yang dominan disusun oleh Fe oksihidroksida (misalnya goetit). Tipe ini dapat membentuk lapisan batas antara pedolit dan saprolit.

Sumber daya nikel laterit global didominasi oleh endapan silikat (tipe A) sebesar 80% dari total sumber daya nikel laterit yang ada. Akan tetapi, Sebagian besar endapan nikel laterit mengandung bijih silikat dan oksida dalam berbagai proporsi. Oksida mangan mengalami pengayaan dengan unsur Co dan Ni yang dapat terbentuk selama fase akhir pelapukan. Kondisi ini terdapat di setiap jenis endapan, tetapi hanya sebagian kecil dari total Ni.

Endapan silikat Ni memiliki kadar 1-2,6% Ni, dengan kadar rata-rata global 1,53% Ni untuk silikat Mg-Ni terhidrasi (tipe A) dan 1,21% Ni untuk endapan yang didominasi smektit (tipe B). Namun, beberapa bagian dari endapan tipe A (misalnya Kaledonia Baru) dapat melebihi 15% Ni dan biasanya berhubungan dengan sesar dan zona geser. Endapan oksida umumnya memiliki kadar hingga 1,6% Ni, (misalnya Goro, Kaledonia Baru), dengan kadar rata-rata global 1,03% Ni (Brand *et al*, 1998).

### 2.1.3 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Pembentukan Nikel

Nikel Laterit berkembang sebagai tanah residu, khususnya daerah mafik dan ultrabasa melalui proses pelapukan kimia (Ahmad, 2005). Faktor-faktor yang mempengaruhi pembentukan nikel sebagai berikut:

1. Batuan Asal

Pengayaan nikel terbatas pada singkapan batuan ultrabasa. Tidak ada endapan laterit yang ditemukan secara signifikan di batuan mafik. Pengayaan nikel pada batuan ultramafik tergantung pada kandungan olivin dari batuan. Hal ini karena olivin adalah mineral utama yang mengandung nikel. Dunit dan harzburgit memiliki persentase olivin yang lebih tinggi sehingga menghasilkan endapan dengan kadar nikel yang relatif lebih tinggi. Keterdapatannya pirosken khususnya klino-pirosken dapat mengurangi jumlah keterdapatannya nikel selama proses terjadinya pelapukan kimia dan konsentrasi residu (Ahmad, 2005).

2. Iklim

Semestinya faktor iklim sangat penting dalam perkembangan laterit. Faktor ini termasuk suhu yang relatif tinggi dan curah hujan yang sering. Keduanya berkaitan dengan iklim tropis. Suhu tinggi membantu dalam kecepatan pemecahan mineral ferromagnesian dan curah hujan memberikan media yang diperlukan untuk hidrolisis, larutan dan pengendapan (Ahmad, 2005).

Kebanyakan deposit nikel laterit saat ini terbentuk pada daerah tropis. Beberapa deposit endapan nikel laterit yang memiliki iklim hutan hujan dengan curah hujan >1.800 mm/tahun dan musim kemarau yang kurang dari 2 bulan seperti beberapa deposit endapan nikel laterit di Afrika Barat (Sipolou dan Conakry), Amerika Selatan (Onça, Puma, Vermelho, dan Cerro Matoso) dan banyak deposit endapan nikel laterit di Indonesia (misalnya Soroako dan Weda Bay). Akan tetapi, kebanyakan deposit termasuk di Kaledonia Baru, Filipina, timur laut Australia, Karibia, Burundi, dan banyak lagi di Brasil yang terletak memiliki musim sabana basah yang lembab (curah hujan musim panas 900–1.800 mm dan musim dingin 2–5 bulan musim kemarau) (Butt *and* Cluzel, 2013).

### 3. Morfologi Tanah

Morfologi tanah memainkan peran yang sangat penting dalam keberlangsungan residu tanah dan memastikan bahwa bahan yang terlarut dapat terus-menerus tersiram dari sistem. Morfologi yang sangat datar dan berawa menghalangi akses oksigen dan tidak memungkinkan zat terlarut untuk terlepas secara efisien. Sisi lain topografi yang sangat curam memungkinkan banyak air mengalir begitu saja dari permukaan tanpa penetrasi yang efektif ke dalam tanah dan juga menyebabkan erosi berlebihan pada tanah laterit (Ahmad, 2005).

### 4. Derajat Tektonik

Setelah sifat batuan dasar dan faktor iklim, derajat tektonisme mungkin memiliki dampak terbesar pada keberlangsungan kecepatan proses pelapukan kimia dan konsentrasi residu. Tektonisme ekstensif dalam bentuk patahan, geser, rekahan, dan *jointing* menyediakan saluran untuk perkolasi air tanah yang merusak struktur mineral asli dan menghilangkan bahan terlarut. Tektonisme yang luas juga meningkatkan luas permukaan batuan yang tersedia untuk dilapukkan oleh air tanah.

### 5. Umur Pelapukan

Sebagian besar endapan nikel laterit beserta bentang alamnya terbentuk dan berevolusinya oleh pengaruh pelapukan yang berbeda dalam waktu yang lama. Oleh karena itu, hanya dapat memperkirakan periode pelapukan yang paling intens dibandingkan dengan memperkirakan waktu formasi secara spesifik (Butt and Cluzel, 2013). Waktu yang cukup lama akan mengakibatkan pelapukan yang cukup intensif karena akumulasi unsur nikel cukup tinggi (Isjudarto, 2013).

### 6. Reagen-Reagen Kimia dan Vegetasi.

Yang dimaksud dengan reagen-reagen kimia adalah unsur-unsur dan senyawa-senyawa yang membantu mempercepat proses pelapukan. Air tanah yang

mengandung CO<sub>2</sub> memegang peranan penting didalam proses pelapukan kimia. Asam-asam humus menyebabkan dekomposisi batuan dan dapat merubah pH larutan. Asam-asam humus ini erat kaitannya dengan vegetasi daerah (Isjudarto, 2013).

#### 2.1.4 Profil Endapan Nikel Laterit

Umumnya terdapat 3 lapisan pada endapan nikel laterit yaitu:

##### 1. Zona limonit

Terletak di bagian atas profil laterit, zona limonit mewakili produk akhir dari pelapukan tropis batuan ultramafik dan menjadi konsentrasi residu elemen non-mobil (Ahmad, 2005). Zona limonit sebagian besar mengandung goetit dan besi hidroksida amorf. Kadar Silika dan magnesium rendah di zona ini. Kadangkadangkang, zona ini dipisahkan menjadi dua sub zona yaitu Ferrikrit atau *iron cap* dan zona limonit. Kandungan nikel meningkat ke bawah di zona limonit. Nikel sebagian besar ditemukan dalam oksida besi-mangan atau Lioforit dan Cryptomelane yang kristalnya buruk. Tergantung pada lokasinya, tipe konsentrasi meliputi 0,6-1,7 wt% Ni, 0,1-0,2 wt% Co, 1-4 wt% Mg dan lebih dari 40 wt% Fe yang ditemukan di lapisan ini (Janwong, 2012). Zona limonit ini memiliki karakteristik warna kuning kecoklatan, coklat kehitaman hingga merah kehitaman. Tekstur zona ini berbutir halus hingga kasar dan keras (*hard limonite*) (Raivel dan Firman, 2020).

##### 2. Zona saprolit

Zona saprolit merupakan zona yang terbentuk pada tahap awal proses pelapukan. Batuan asal (ultramafik) pada zona ini akan berubah menjadi saprolit akibat pengaruh air tanah (Santoso dan Subagio, 2018). Mineral-mineral utamanya adalah serpentin, kuarsa sekunder dan garnierit. Terletak di atas batuan dasar yang tidak berubah, zona saprolit sebagian terdiri dari *boulder* yang

terurai di bawah pengaruh pelapukan tropis. Proses pelapukan dimulai di sepanjang permukaan dan rekahan yang telah mengakibatkan pembentukan *boulder* di dalam zona saprolit. Tekstur batuan dasarnya masih dapat dikenali (Ahmad, 2005).

Zona saprolit memiliki kadar nikel tertinggi jika dibandingkan dengan zona limonit. Mineralogi dan kimia saprolit di zona ini sangat bervariasi karena perbedaan geologi batuan dasar, iklim lingkungan, waktu proses laterisasi, derajat serpentinisasi batuan dasar dan kemampuan drainase daerah tersebut (Janwong, 2012).

### 3. Zona *Bedrock*

Terletak di bagian paling bawah dari profil laterit, zona batuan dasar menandai batuan ultrabasa asli yang belum terpengaruh oleh proses tropis pelapukan. Komposisi kimia batuan sangat dekat dengan komposisi batuan dasar yang tidak berubah. Sendi dan patah tulang masih dalam kondisi baru jadi dan belum terbuka secara signifikan karena tekanan hidrostatik lapisan atasnya bahan. Selain itu, air tanah yang meresap telah kehilangan hampir semua partikel keasaman pada saat mereka mencapai zona batuan dasar dan dengan demikian tidak mampu bereaksi dengan komponen mineral ke tingkat yang signifikan (Ahmad, 2005).

#### 2.1.5 Unsur Mayor dan Minor Endapan Nikel Laterit

Kondisi pelapukan kimia yang khas daerah tropis dengan kondisi sangat lembab menyebabkan elemen seluler mengalami *leaching* keluar dari batuan dasar yang lapuk (Ca, Na, K, Mg dan Si), elemen non-mobile mengalami konsentrasi residu (Al, Fe, Cr, Ti, Mn dan Co) dan elemen semi-mobile keluar dari bagian atas profil laterit dan terkonsentrasi di bagian bawah melalui pengayaan supergen (pada dasarnya Ni tetapi, pada tingkat yang lebih rendah, juga Co dan Mn). Unsur mayor endapan nikel laterit (Fe,

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> dan MgO) dalam profil laterit dengan konsentrasi lebih besar dari 5% dan empat unsur minor endapan nikel laterit (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO, Ni and Co) dalam profil laterit dengan konsentrasi umumnya kurang dari 3% (Ahmad, 2005).

## **2.2 Analisis Statistik**

Statistik dalam arti sempit dapat diartikan sebagai data, tetapi dalam arti luas statistik dapat diartikan sebagai alat. Alat untuk analisis dan alat untuk membuat keputusan. Statistik dapat dibedakan menjadi dua, yaitu statistik deskriptif dan statistik inferensial. Selanjutnya statistik inferensial dapat dibedakan menjadi statistik parametris dan non parametris. Statistik deskriptif adalah statistik yang digunakan untuk menggambarkan atau menganalisis suatu statistik hasil penelitian, tetapi tidak digunakan untuk membuat kesimpulan yang lebih luas (generalisasi).

Statistik inferensial adalah statistik yang digunakan untuk menganalisis data sampel dan hasilnya akan digeneralisasikan (diinferensikan) untuk populasi di mana sampel diambil. Terdapat dua macam statistik inferensial yaitu statistik parametrik dan nonparametris. Statistik parametris digunakan untuk menganalisis data interval atau rasio, yang diambil dari populasi. Sedangkan statistik non parametris digunakan untuk menganalisis data nominal dan ordinal) (Sugiyono, 2007).

### **2.2.1 Analisis deskriptif**

Statistik deskriptif adalah statistik yang berfungsi untuk mendeskripsikan atau memberi gambaran terhadap objek yang diteliti. Dalam statistik deskriptif dikemukakan penyajian data dalam bentuk tabel maupun diagram, penentuan rata-rata (mean), modus, median, rentang, simpangan baku dan varians (Sugiyono, 2007; Nuradi dkk, 2017).

1. Rata-rata (*Mean*)

Mean merupakan teknik penjelasan kelompok yang didasarkan atas nilai rata-rata dari kelompok tersebut. Rata-rata ini didapat dengan menjumlahkan data seluruh individu dalam kelompok itu, kemudian dibagi dengan jumlah individu yang ada pada kelompok tersebut. Hal ini dapat dirumuskan seperti rumus berikut (Sugiyono, 2007):

$$Mean = \frac{\sum X_i}{n}$$

Keterangan :

$\bar{X}$  = Rata-rata

$\Sigma$  = Epsilon

$X_i$  = Nilai X ke i sampai ke n

N = Jumlah data

2. Median

Median merupakan nilai tengah dari sekelompok data yang nilai tiap observasi telah disusun dari yang terkecil ke terbesar (Nuryadi dkk, 2017; Sugiyono, 2007).

a. Bila jumlah observasi (n) ganjil, maka median adalah nilai observasi ke:

$\frac{n+1}{2}$  dari urutan nilai observasi kecil ke besar.

b. Bila banyaknya observasi (n) genap, maka median adalah nilai di antara

observasi ke:  $\frac{n}{2} + 1$  dan, diambil rata-rata.

3. Standar Deviasi

Simpangan baku atau standar deviasi adalah nilai statistik yang dimanfaatkan untuk menentukan bagaimana sebaran data dalam sampel, serta seberapa dekat titik data individu ke *mean* atau rata-rata nilai sampel. Sebuah standar deviasi dari kumpulan data sama dengan nol menandakan bahwa semua nilai dalam himpunan tersebut adalah sama, sedangkan nilai deviasi yang lebih besar

menunjukkan bahwa titik data individu jauh dari nilai rata-rata (Hidayat dkk, 2019). Rumus standar deviasi terjabar sebagai berikut (Lee *et al.*, 2015):

$$\text{Standar Deviasi} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x)^2}{n - 1}}$$

#### 4. Varians

Varians digunakan untuk melihat kehomogenan data secara kasar, dimana nilai hasil perhitungan varians sebagai titik pusat dari penyebaran data (Nuryadi, 2017). Varians merupakan jumlah kuadrat semua deviasi nilai nilai individu terhadap rata-rata. Varians dapat dirumuskan sebagai berikut (Lee *et al.*, 2015):

$$\text{Varians} = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x)^2}{n - 1}$$

#### 2.2.2 Analisis Korelasi

Hipotesis asosiatif merupakan dugaan tentang adanya hubungan antar variabel dalam populasi yang akan diuji melalui hubungan antar variabel dalam sampel yang diambil dari populasi tersebut. Hubungan dua variabel atau lebih dikatakan hubungan positif (+) bila nilai suatu variabel ditingkatkan maka akan meningkatkan variabel yang lain dan sebaliknya bila satu variabel diturunkan maka akan menurunkan nilai variabel yang lain. Hubungan dua variabel atau lebih dikatakan hubungan negatif (-), bila nilai satu variabel dinaikan maka akan menurunkan nilai variabel yang lain dan juga sebaliknya bila nilai satu variabel diturunkan, maka akan menaikkan nilai variabel yang lain.

Terdapat bermacam-macam teknik statistik korelasi yang dapat digunakan untuk menguji hipotesis asosiatif. Koefisien yang dapat digunakan tergantung pada jenis data yang akan dianalisis. Berikut ini dikemukakan berbagai teknik statistik korelasi yang digunakan untuk menguji hipotesis asosiatif (Sugiyono, 2007).

Tabel 2.1 Pedoman untuk memilih teknik korelasi (Sugiyono, 2007).

Jenis Data	Teknik Korelasi Yang Digunakan
Nominal	Koefisien Kontingensi
Interval	1. Spearman Rank
	2. Kendall Tau
Rasio dan Interval	1. Pearson <i>Product Moment</i>
	2. Korelasi Ganda
	3. Korelasi Parsial

### 2.2.3 Korelasi *Pearson*

Teknik korelasi ini digunakan untuk mencari hubungan dan membuktikan hipotesis hubungan dua variabel bila data kedua variabel berbentuk interval atau rasio dan sumber data dari dua variabel atau lebih tersebut adalah sama (Sugiyono, 2007).

Berikut ini dikemukakan rumus untuk menghitung koefisien korelasi (Sugiyono, 2007; Nuryadi, 2017):

$$r_{xy} = \frac{\sum XY}{\sqrt{\sum X^2 Y^2}}$$

Keterangan:

$r_{xy}$  = Korelasi antara variabel x dan y

x =  $(x_i - \bar{x})$

y =  $(y_i - \bar{y})$

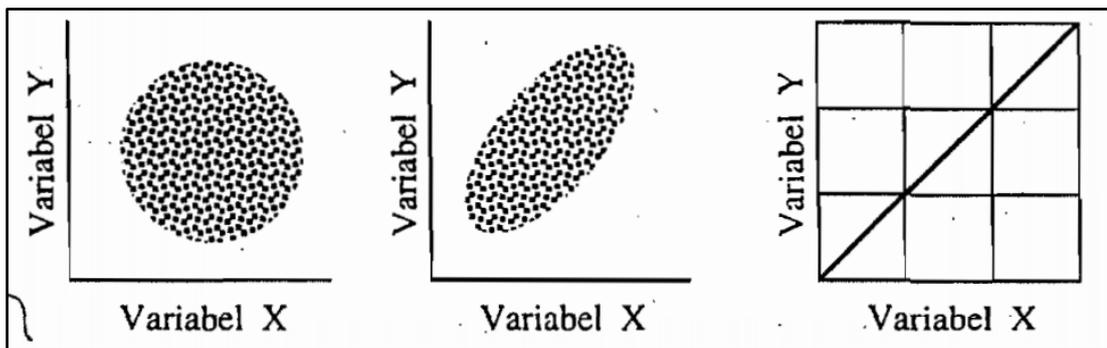
$$r_{xy} = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \sqrt{n \sum Y^2 - (\sum Y)^2}}$$

Untuk dapat memberikan penafsiran terhadap koefisien korelasi yang ditemukan besar atau kecil, maka dapat berpedoman pada ketentuan yang tertera pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Pemodan interpretasi terhadap koefisien korelasi (Sugiyono, 2007)

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,00-0,19	Sangat Rendah
0,20-0,39	Rendah
0,40-0,59	Sedang
0,60-0,79	Kuat
0,80-1,00	Sangat Kuat

Kuat hubungan antar variabel dinyatakan dalam koefisien korelasi. Koefisien korelasi positif terbesar = 1 dan koefisien korelasi negatif terbesar = -1, sedangkan yang terkecil adalah 0. Hubungan X dengan Y untuk berbagai koefisien bila digambarkan dalam diagram pencar (*scatterplot*) dapat dilihat ada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Besarnya nilai korelasi dalam diagram pencar (Sugiyono, 2007)

#### 2.2.4 Analisis Regresi Sederhana

Analisis regresi adalah suatu metode statistik yang mengamati hubungan antara variabel terikat Y dan serangkaian variabel bebas  $X_1, \dots, X_p$ . Tujuan dari metode ini adalah untuk memprediksi nilai Y untuk nilai X yang diberikan. Model regresi linier sederhana adalah model regresi yang paling sederhana yang hanya memiliki satu variabel bebas X. Analisis regresi memiliki beberapa kegunaan, salah satunya untuk melakukan prediksi terhadap variabel terikat Y. Persamaan untuk model regresi linier sederhana adalah sebagai berikut.

$$Y = a + bX$$

Y adalah variabel terikat yang diramalkan, X adalah variabel bebas, a adalah intercep, yaitu nilai Y pada saat X=0, dan b adalah slope, yaitu perubahan rata-rata Y terhadap perubahan satu unit X. Koefisien a dan b adalah koefisien regresi dimana nilai a dan b dapat dicari menggunakan persamaan berikut.

$$b = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum Y^2 - (\sum Y)^2}$$

$$a = \frac{\sum Y - b \sum X}{n}$$

Nilai a adalah slope, b adalah intercep dan n adalah banyaknya data yang digunakan dalam perhitungan (Hijriani dkk, 2016).

### **2.3 Geostatistik**

Geostatistik adalah seperangkat teknik untuk analisis data spasial (Atkinson *and* Lewis, 2000; Hohn, 1988). Geostatistik merupakan gabungan teknik pertambangan, geologi, matematika, dan statistik. Kekuatannya lebih kuat dibandingkan pendekatan klasik untuk estimasi cadangan bijih bahwa geostatistik mengenali variabilitas spasial baik dalam skala besar maupun skala kecil, atau dalam bahasa statistik memodelkan tren spasial dan korelasi spasial (Cressie, 1993). Geostatistik biasanya diterapkan pada variabel regional, yang merupakan variabel yang didistribusikan dalam ruang (Meer, 2012). Semua teknik geostatistik dicirikan oleh ketergantungan pada model fungsi kovarians spasial atau variogram (Atkinson *and* Lewis, 2000).

### **2.4 Inverse Distance Weighting**

Metode *Inverse Distance Weighting* (IDW) mengestimasi nilai atribut pada titik yang tidak memiliki sampel menggunakan kombinasi linear nilai pada titik sampel yang dibobot dengan fungsi invers terhadap jarak dari titik terdekat pada titik sampel (Li *and* Heap, 2008). Asumsinya adalah nilai titik tidak tersampel yang lebih dekat dengan titik

tersampel lebih mirip dibandingkan dengan titik tersampel yang lebih jauh (Li *and* Heap, 2008; Pramono, 2008; Watson *and* Philip, 1985). *Inverse Distance Weighting* adalah salah satu metode yang paling sederhana dan paling mudah (Mitas *and* Mitasova, 1999; Hamzah *and* Prayogo, 2014).

Metode ini biasanya digunakan dalam industri pertambangan karena mudah untuk digunakan. Pemilihan nilai pada *power* sangat mempengaruhi hasil interpolasi (Pramono, 2008). Menggunakan *power* yang lebih tinggi memberikan bobot yang lebih besar untuk titik yang lebih dekat. Di sisi lain, *power* yang lebih rendah memberikan bobot rendah ke titik yang lebih dekat (Hamzah *and* Prayogo, 2014).

Fungsi umum pembobotan adalah invers dari kuadrat jarak, dan persamaan ini digunakan dalam metode *Inverse Distance Weighting* yang dirumuskan dalam rumus berikut (Arianti *et al*, 2018):

$$Z^* = \sum_{i=1}^N w_i Z_i$$

Dimana  $Z_i$  ( $i= 1, 2, 3, \dots, n$ ) adalah data nilai tinggi yang akan diinterpolasi dengan sejumlah  $N$  titik dan bobot (*Weight*)  $w_i$  yang dirumuskan sebagai berikut:

$$w_i = \frac{h_i^{-p}}{\sum_{j=1}^n h_j^{-p}}$$

$p$  adalah nilai positif yang dapat diubah yang disebut parameter daya (nilainya biasanya 2) dan  $h_j$  adalah jarak dari titik distribusi ke titik interpolasi yang dijelaskan sebagai berikut:

$$h_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}$$

$(x,y)$  adalah koordinat titik interpolasi dan  $(x_i ,y_i)$  adalah koordinat untuk setiap titik tersampel. Fungsi variabel bobot bervariasi untuk seluruh distribusi titik data ke nilai mendekati nol, di mana jarak bertambah dengan titik sebaran.

Interpolasi menggunakan metode IDW memberikan nilai dengan jangkauan area yang lebih luas. Interpolasi nilai akan lebih mirip dengan data sampel di lokasi yang berdekatan daripada data di lokasi yang lebih jauh karena metode ini menggunakan rata-rata data sampel. Sehingga nilainya tidak boleh lebih kecil dari nilai minimum atau lebih besar daripada data sampel. Oleh karena itu, puncak bukit atau lembah terdalam tidak dapat ditampilkan dari hasil interpolasi model ini (Watson *and* Philip, 1985)