

Skripsi Geofisika

**ESTIMASI KANDUNGAN NIKEL LATERIT BERDASARKAN VARIASI
KEDALAMAN BATUAN DASAR PADA BLOK X PALANGGA SELATAN,
SULAWESI TENGGARA**

Disusun dan Diajukan Oleh:

UMI KALSUM. S

H061 20 1049



DEPARTEMEN GEOFISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2024



Optimized using
trial version
www.balesio.com

HALAMAN JUDUL

**ESTIMASI KANDUNGAN NIKEL LATERIT BERDASARKAN VARIASI
KEDALAMAN BATUAN DASAR PADA BLOK X PALANGGA SELATAN,
SULAWESI TENGGARA**

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains
Pada Departemen Geofisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin*

OLEH:

UMI KALSUM. S

H061 20 1049

**DEPARTEMEN GEOFISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2024



LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PENGESAHAN

Disusun dan Diajukan Oleh:

UMI KALSUM, S
H061 20 1049

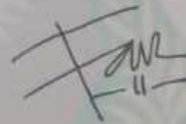
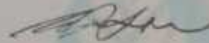
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Program Sarjana pada Departemen Geofisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin

Pada tanggal 08 Maret 2024
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing utama

Pembimbing pendamping



Drs. Erfan Svamsuddin, M.Si
NIP. 196709032001121001

Muhammad Fawzy Ismullah M., S.Si., M.T.
NIP. 199111092019031010

Ketua Departemen Geofisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin



Dr. Muh. Alimuddin Hamzah, M.Eng
NIP. 196709291993031003



PERNYATAAN KEASLIAN

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Umi Kalsum, S

NIM : H061201049

Departemen : Geofisika

Judul Skripsi : Estimasi Kandungan Nikel Laterit Berdasarkan Variasi Kedalaman Batuan Dasar Pada Blok X Palangga Selatan, Sulawesi Tenggara

Menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar hasil karya saya sendiri dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas Hasanuddin atau Lembaga Penelitian lain kecuali kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang sudah lazim digunakan, karya tulis ini merupakan murni dari gagasan penelitian saya sendiri, kecuali arahan dari Tim Pembimbing dan masukan Tim Penguji.

Makassar, 13 Maret 2024

Yang membuat pernyataan,


Umi Kalsum, S



SARI BACAAN

Pemodelan blok digunakan untuk memberikan estimasi yang tepat dari bahan galian, yang bertindak sebagai referensi yang dapat diandalkan untuk prosedur penambangan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis sifat-sifat geokimia, menghitung kandungan nikel laterit di zona yang berbeda, dan menilai dampak dari variasi kedalaman batuan dasar dalam memprediksi kandungan nikel laterit di daerah pertambangan nikel di Sulawesi Tenggara, Indonesia. Data penelitian ini mencakup sampel pengeboran yang diperoleh dari 12 lokasi pengeboran. Sampel-sampel tersebut kemudian dianalisis dengan menggunakan teknik *X-Ray Fluorescence* (XRF) untuk mengevaluasi kandungan nikel. Pendekatan *Inverse Distance Weighting* (IDW) digunakan untuk menghitung dan menyajikan konsentrasi nikel di setiap zona dalam bentuk model blok. Melalui pemodelan dan analisis data, telah dipastikan bahwa jumlah nikel laterit pada zona *top soil* diperkirakan sebesar 62.969 ton, pada zona limonit sebesar 96.838 ton, pada zona saprolit sebesar 127.506 ton, dan pada zona batuan dasar sebesar 1.488 ton. Selain itu, daerah penelitian memiliki mineral kuarsa yang terdistribusi tidak teratur di dalam celah-celah batuan dasar.

Kata kunci: Nikel laterit, *X-Ray Fluorescence*, Blok model



ABSTRACT

Block modeling is used to provide precise estimates of excavated material, which acts as a reliable reference for mining procedures. The aim of this research is to analyze geochemical properties, calculate laterite nickel content in different zones, and assess the impact of variations in bedrock depth in predicting laterite nickel content in nickel mining areas in Sulawesi Tenggara, Indonesia. This research data includes drilling samples obtained from 12 drilling locations. These samples were then analyzed using the X-Ray Fluorescence (XRF) technique to evaluate the nickel content. The Inverse Distance Weighting (IDW) approach is used to calculate and present nickel concentrations in each zone in the form of a block model. Through modeling and data analysis, it has been confirmed that the amount of laterite nickel in the top soil zone is estimated at 62,969 tonnes, in the limonite zone at 96,838 tonnes, in the saprolite zone at 127,506 tonnes, and in the bedrock zone at 1,488 tonnes. In addition, the research area has quartz minerals that are distributed irregularly in the cracks in the bedrock.

Keywords: *Nickel laterite, X-Ray Fluorescence, Block model*



KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji Syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. atas berkat, rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“Estimasi Kandungan Nikel Laterit Berdasarkan Variasi Kedalaman Batuan Dasar Pada Blok X Palangga Selatan, Sulawesi Tenggara”** yang merupakan salah satu syarat mendapatkan gelar Sarjana di Departemen Geofisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin. Shalawat serta salam senantiasa penulis haturkan kepada Nabi Besar Muhammad SAW, beserta keluarga dan para sahabat beliau.

Selama proses penyusunan tugas akhir ini, penulis mendapatkan banyak sekali kesulitan dan masalah baik dalam proses penelitian maupun penyusunan laporan tugas akhir ini. Oleh karena itu, Pada kesempatan ini penulis tidak lupa ingin menyampaikan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membimbing, mengarahkan dan membantu penulis dalam penyusunan laporan tugas akhir ini, antara lain:

1. Bapak **Dr. Erfan Syamsuddin, M. Si** selaku pembimbing pertama yang telah memberikan semangat dan kesabaran yang sangat besar, yang telah membimbing, memberikan banyak masukan serta banyak informasi kepada penulis dalam penyusunan tugas akhir ini.



↳ **Muh. Fawzy Ismullah M, S.Si, MT** selaku dosen pembimbing
umpung yang telah memberikan arahan, bimbingan serta motivasi kepada
is.

3. Bapak **Syamsuddin, S.Si, MT** dan Ibu **Makhrani, S.Si, M.Si** selaku dosen penguji yang telah memberikan koreksi, kritikan, saran dan perbaikan serta informasi yang berharga mulai dari penyusunan proposal hingga naskah skripsi ini selesai.
4. Rekan-rekan di **PT. Generasi Agung Perkasa** telah memberikan kesempatan untuk penulis melakukan penelitian selama kurang lebih 1 bulan dan membantu penulis selama penelitian.
5. Bapak **Dr. Eng. Amiruddin, S.Si., M.Si** selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Univrsitas Hasanuddin.
6. Bapak **Dr. Muh. Alimuddin Hamza, M.Eng** selaku Ketua Departemen Geofisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.
7. Seluruh dosen dan staff Departemen Geofisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin atas semua ilmu, pelayanan dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis.
8. Kedua orang tua tercinta Ayahanda **Muh. Saleh** dan Ibunda **Rosnaini** yang senantiasa memberikan doa, semangat dan segala dukungan sejak penulis lahir hingga saat ini, serta tidak pernah lelah memberikan motivasi serta kesabaran dalam membimbing penulis.
9. Saudara-saudara tersayang **Muh. Syahrul S, Nurul Umrah. S** dan **Aulia Nurul Qalbi. S** telah memberikan segala dukungan, doa dan hiburan selama rta menjadi sudara yang terbaik sepanjang hidup penulis.
 urga besar Conggi-Jiwa yang selalu mendorong dan memberikan asi penulis agar tidak menunda untuk menyelesaikan gelar Sarjana.



11. Sahabat seperjuanganku **Selfiana, S.Si** telah menemani perjalanan penulis dari awal masuk dunia kampus, penelitian, mengerjakan tugas akhir hingga saat ini. Terima kasih telah menjadi tempat berkeluh kesah dan bersabar menghadapi tingkah laku penulis.
12. Teman-teman Geofisika 2020 **Dayat, Yonas, Angeli, Resky, Tiwi, Arpah, Gery, Magfira, Wulan, Akbar, Mifta, Rianul, Dirham, Defina, Tazkia, Algi, Hasna, Aurel, Regita, Ica, Lola, Eca, Inda, Riska, Aza, Jane, Saiful, Alfira, Nisfit, Astri, Aini, Resty, Ema, Yudi, Merlia, Mela, Agung, Ical, Hamman, Asi, Guntur, Awi, Cholis, Ansya, Milka, As, Selfi, Ima, Gloria, Fadia, Imran, Nikom, Iis, Emi, Qalby, Faiz, Alif, Izzah, Salsa dan Wikal** yang senantiasa memberikan semangat serta menemani perjalanan penulis dalam mengarungi dunia kampus.
13. Teman-teman **KKNT Kebencanaan Unhas Gel. 109** yang telah memberikan semangat dan cerita baru kepada penulis.
14. Teruntuk vilsam squad **Ayu, Wira, Fate, Fije, Sucay, Usmul, Dini, Dira, Vebi dan Pika** yang telah memberikan dukungan kepada penulis dari awal masa kuliah hingga mendapat gelar sarjana.

Terima kasih kepada semua pihak yang telah kebersamai dalam mengerjakan tugas akhir ini yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu. Penulis menyadari akan banyaknya kekurangan yang terdapat dalam skripsi ini, untuk itu saran dan kritik yang bersifat membangun sangat diharapkan dari semua pembaca, sebagai acuan



Penulis untuk perbaikan dalam pembuatan skripsi selanjutnya. Penulis maaf kepada semua pihak apabila terdapat kesalahan kata dalam skripsi ini

dan semoga skripsi ini dapat berguna bagi semua pihak yang menggunakannya.

Aamiin Ya Rabbal Alamin

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Makassar, 06 Maret 2024

Penulis

UMI KALSUM. S



Optimized using
trial version
www.balesio.com

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
SARI BACAAN	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	2
I.3 Ruang Lingkup Penelitian	3
I.4 Tujuan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
II.1 Geologi Regional	4
II.2 Batuan	5
II.3 Batuan Ultramafik	7
II.4 Endapan Nikel Laterit	9
II.4.1 Genesa Endapan Nikel Laterit	12
II.4.2 Faktor Pembentukan Nikel Laterit	13
II.4.3 Profil Endapan Nikel Laterit	15
II.5 Metode Pengeboran	17
II.6 X-Ray Fluorescence (XRF)	19
II.7 Metode <i>Inverse Distance Weighted</i> (IDW)	22
METODOLOGI PENELITIAN	25
Lokasi Penelitian	25
Peralatan dan Bahan	25



III.2.1 Alat.....	25
III.2.2 Bahan	26
III.3 Prosedur Penelitian.....	26
III.3.1 Tahap Pendahuluan	26
III.3.2 Tahap Pengambilan Sampel.....	26
III.3.3 Tahap Preparasi Sampel.....	27
III.3.4 Tahap Uji Niton XL2 XRF Analyzer	27
III.3.5 Tahap Interpretasi Data	27
III.4 Bagan Alir.....	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
IV.1 Peta Titik Bor Lokasi Penelitian	29
IV.2 Hasil Uji XRF (<i>X-Ray Fluoresence</i>).....	30
IV.3 <i>Block Model</i> Estimasi Kandungan Nikel	34
IV.4 Pengaruh Variasi Kedalaman <i>Bedrock</i> Terhadap Estimasi Kandungan Nikel Daerah Penelitian	41
BAB V PENUTUP	44
V.1 Kesimpulan	44
V.2 Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA.....	46
LAMPIRAN.....	50



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Peta Geologi Palangga Selatan, Sulawesi Tenggara.....	4
Gambar 2.2 Siklus Batuan	6
Gambar 2.3 Prinsip Kerja XRF	20
Gambar 2.4 Niton XL2 XRF <i>Analyzer</i>	21
Gambar 2.5 Ilustrasi Difraksi Sinar-X.....	22
Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian.....	25
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian.....	28
Gambar 4.1 Peta Titik Bor Lokasi Penelitian	29
Gambar 4.2 Data Drill Hole	35
Gambar 4.3 Block Model pada Zona Top Soil	36
Gambar 4.4 Block Model pada Zona Limonit.....	38
Gambar 4.5 Block Model pada Zona Saprolit.....	39
Gambar 4.6 Block Model pada Zona Bedrock	40
Gambar 4.7 Grafik Kadar Ni Lapisan Bedrock	41
Gambar 4.8 Core Box Lapisan Bedrock pada Area Tambang PT. GAP	42



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil Analisis Kandungan Nikel dan Besi (%) pada TB137	30
Tabel 4.2 Hasil Analisis Kandungan Nikel dan Besi (%) pada TB147	31
Tabel 4.3 Hasil Analisis Kandungan Nikel dan Besi (%) pada TB148	32



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Analisis XRF.....	51
Titik Bor 1 (TB137)	51
Titik Bor 2 (TB138)	52
Titik Bor 3 (TB139)	53
Titik Bor 4 (TB140)	54
Titik Bor 5 (TB141)	55
Titik Bor 6 (TB142)	56
Titik Bor 7 (TB143)	57
Titik Bor 8 (TB144)	58
Titik Bor 9 (TB145)	59
Titik Bor 10 (TB146)	60
Titik Bor 11 (TB147)	61
Titik Bor 12 (TB148)	61
Lampiran 2. Sampel Pengeboran Daerah Penelitian.....	63
Sampel 1 (TB137)	63
Sampel 2 (TB138)	63
Sampel 3 (TB139)	63
Sampel 4 (TB140)	64
Sampel 5 (TB141)	64
Sampel 6 (TB142)	64
Sampel 7 (TB143)	64
Sampel 8 (TB144)	65
Sampel 9 (TB145)	65
Sampel 10 (TB146)	65
Sampel 11 (TB147)	65
Sampel 12 (TB148)	66
n 3. Dokumentasi Penelitian.....	67



BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Indonesia sebagai negara penghasil nikel terbesar kedua dunia setelah Rusia. Indonesia memberikan sumbangsi 15% dari jumlah produksi nikel di dunia pada tahun 2010 (Thamsi, 2019). Secara regional, geologi Pulau Sulawesi terkenal dengan sebaran batuan ultrabasa yang cukup luas dengan potensi mineral yang dimilikinya, termasuk mineral nikel. Salah satu daerah penghasil nikel di Pulau Sulawesi adalah Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara. Salah satu perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan nikel di Kabupaten Konawe Selatan adalah PT. Generasi Agung Perkasa (Hasria, *et al.*, 2021).

Geologi regional dari Sulawesi terletak pada pertemuan empat lempeng yaitu Eurasia, Pasifik, dan Indo-Australia serta sejumlah lempeng lebih kecil (Lempeng Filipina) yang menyebabkan kondisi tektoniknya sangat kompleks. Kumpulan batuan dari busur kepulauan, batuan bancuh, ofiolit, dan bongkah dari mikrokontinen terbawa bersama proses penunjaman, tubrukan, serta proses tektonik lainnya (Leeuwen *et al.*, 1994). Pengaruh iklim tropis di Indonesia mengakibatkan proses pelapukan yang intensif, salah satunya wilayah Sulawesi Tenggara merupakan daerah dengan sumberdaya bijih nikel yang cukup besar. Hal ini didukung oleh pecahan bentukan geologi *metamorphic belt* di Timur dan Tenggara. Selain itu kondisi ini juga tidak terlepas oleh iklim, reaksi kimia,

dan topografi Sulawesi yang cocok terhadap pembentukan nikel laterit (Leeuwen *et al.*, 2011).



Metode *X-Ray Fluorescence* (XRF) merupakan salah satu teknik analisa *non-deskraktif* yang digunakan untuk menentukan kandungan unsur suatu bahan salah satunya nikel laterit (Gosseau, 2009). Metode XRF mempunyai beberapa keuntungan diantaranya biaya relatif murah, *multielemental* (dapat mendeteksi berbagai macam material), analisisnya cepat dan bersifat kualitatif dan kuantitatif (Masrukan, 2007).

Hal yang melatarbelakangi penelitian ini adalah sebelumnya telah dilakukan penelitian oleh Amir *et al.* (2022) tentang studi pemetaan distribusi nikel pada kawasan penambangan di Kecamatan Palangga, Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara. Penelitian tersebut memperoleh hasil bahwa kualitas kadar Ni pada zona saprolit berada di antara 0,8% hingga 3,5%. Namun dari data yang diperoleh dianggap belum terverifikasi dengan baik sehingga tidak dapat dibuat pemodelan estimasi cadangan atau kandungan di setiap zona daerah penelitian tersebut dan dibutuhkan penelitian lebih lanjut.

Berdasarkan gambaran penelitian yang ditemukan, menjadi acuan untuk melakukan penelitian ini guna melihat estimasi kandungan nikel laterit pada lapisan *top soil*, limonit, saprolit dan *bedrock* dengan memanfaatkan hasil analisis metode XRF (*X-Ray Fluorescence*) di PT. Generasi Agung Perkasa pada Blok X Palangga Selatan, Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara.

I.2 Rumusan Masalah



usan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

agaimana karakterisasi geokimia endapan nikel laterit daerah penelitian?

2. Berapa estimasi kandungan nikel laterit pada setiap zona daerah penelitian?
3. Bagaimana pengaruh variasi kedalaman batuan dasar (*bedrock*) terhadap estimasi kandungan nikel laterit daerah penelitian?

I.3 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini dibatasi pada blok X berupa hasil analisis menggunakan metode XRF (*X-Ray Fluorescence*). Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data primer berupa sampel pengeboran dan data sekunder berupa petrografi *bedrock*. Penelitian ini dilakukan di PT. Generasi Agung Perkasa, Kecamatan Palangga Selatan, Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara.

I.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

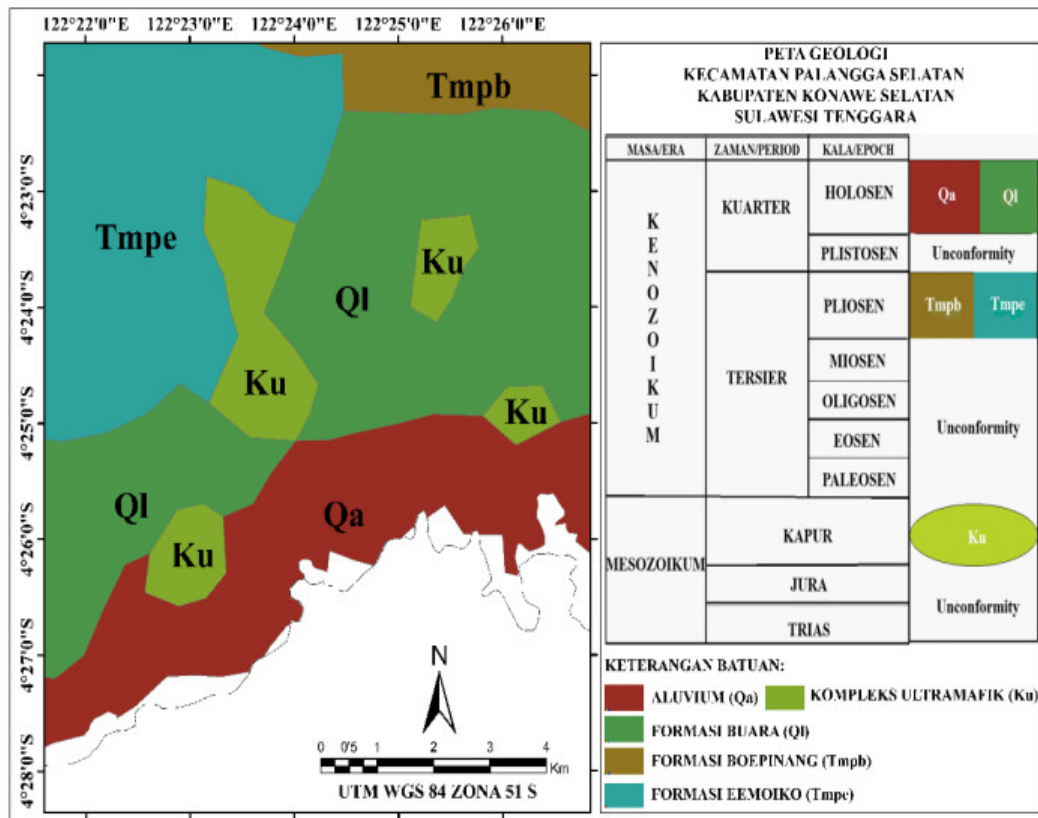
1. Mengetahui karakterisasi geokimia endapan nikel laterit daerah penelitian.
2. Mengetahui jumlah estimasi kandungan nikel laterit pada setiap zona daerah penelitian.
3. Mengetahui pengaruh variasi kedalaman batuan dasar (*bedrock*) terhadap estimasi kandungan nikel laterit pada daerah penelitian.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Geologi Regional

Pulau Sulawesi merupakan pulau yang terbentuk di zona konvergensi yang kompleks, dikelilingi oleh lempeng Eurasia, Pasifik dan Indo-Australia serta sejumlah lempeng lebih kecil (Lempeng Filipina). Pulau Sulawesi dibagi menjadi empat Mandala, yaitu Mandala Barat, Mandala Tengah, Mandala Timur dan fragmen Benua Banggai-Sula-Tukangbesi (Amstrong, 2012).



Gambar 2.1 Peta Geologi Palangga Selatan, Sulawesi Tenggara (dimodifikasi dari Simandjuntak, 1994)



an Palangga Selatan, Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi terletak pada bagian lengan Tenggara Pulau Sulawesi yang termasuk ian Mandala Timur, dimana batuan tertua pada Mandala Sulawesi Timur

adalah batuan ultramafik yang terdiri dari harzburgit, serpentinit, dunit, wherlit, gabro, diorit, basalt, mafik dan magnetit (Simandjuntak, 1994).

Secara umum stratigrafi regional pada daerah penelitian terdapat lima satuan batuan dari yang paling muda hingga tua seperti berikut:

1. *Aluvium (Qa)* terdiri atas lumpur, lempung, pasir kerikil. Satuan ini merupakan endapan sungai, rawa dan endapan pantai. Umur satuan ini adalah Holosen.
2. *Formasi Buara (Ql)* terdiri atas konglomerat dan batu pasir. Umur dari formasi ini adalah Holosen dan terendapkan pada lingkungan laut dangkal.
3. *Formasi Boepinang (Tm_{pb})* terdiri atas lempung pasir, napal pasir dan batu pasir. Umur formasi ini diperkirakan Pliosen dan terendapkan pada lingkungan laut dangkal.
4. *Formasi Eemoiko (Tm_{pe})* terdiri atas kalkarenit, batugamping koral, batu pasir dan napal. Formasi ini berumur Pliosen dengan lingkungan pengendapan laut dangkal.
5. *Kompleks Ultramafik (Ku)* terdiri atas harzburgit, dunit, wherlit, serpentinit, gabro, basalt, diorit, mafik, dan magnetit. Satuan ini diperkirakan berumur Kapur.

II.2 Batuan

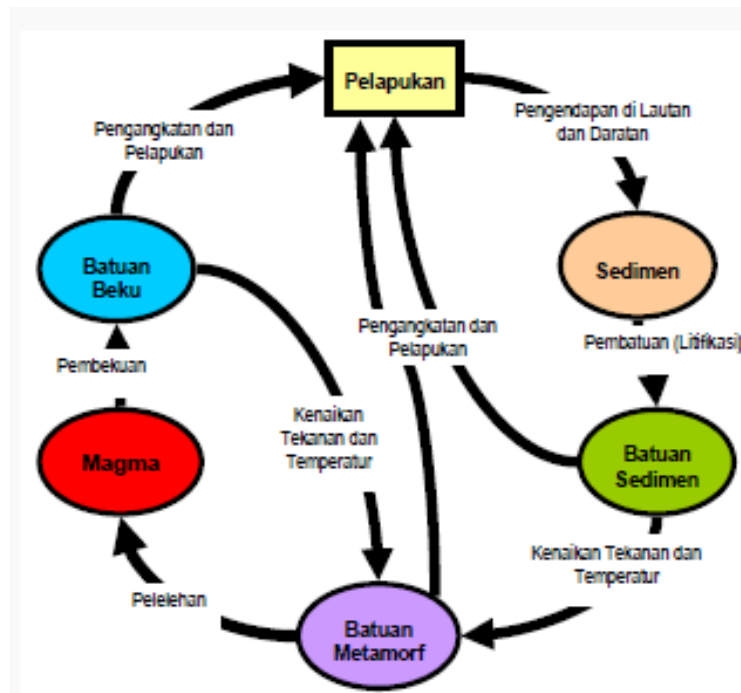
Pengetahuan ilmu geologi didasarkan pada studi terhadap batuan. Batuan dalam istilah geologi merupakan kumpulan satu atau lebih mineral sebagai pembentuk

batuan. Berdasarkan proses terbentuknya batuan terbagi menjadi 3 jenis, batuan beku, batuan sedimen dan batuan metamorf. Perubahan satu



kelompok batuan menjadi kelompok batuan lainnya disebut siklus batuan (Sari *et al.*, 2018).

Gambar 2.2 merupakan siklus batuan yang dimulai dari magma yang bergerak menuju suhu yang lebih rendah mengalami kristalisasi dan sebagian membeku menjadi batuan beku. Batuan beku yang mengalami proses pengkristalan seiring waktu akan mengalami proses pelapukan. Endapan dari hasil pelapukan batuan beku akan mengeras dan mengendap membentuk batuan sedimen. Batuan sedimen yang mengalami proses pengkristalan seiring waktu akan mengalami proses pelapukan. Endapan dari hasil pelapukan batuan beku akan mengeras dan mengendap membentuk batuan sedimen.



Gambar 2.2 Siklus Batuan (Fitri *et al.*, 2017)

Batuan sedimen yang berasal dari pengendapan sisa-sisa pelapukan batuan beku pada umumnya berada di bawah permukaan bumi. Batuan sedimen akan terus bergerak semakin dalam karena di permukaan bumi terus terbentuk lapisan baru. Lapisan batuan sedimen baru ini akan menghimpit lapisan sedimen sebelumnya, sehingga akan bergerak turun mendekati dapur magma. Akibatnya,



batuan sedimen akan menerima tekanan dan suhu yang tinggi lalu berubah menjadi batuan metamorf. Selanjutnya, batuan metamorf dapat mengalami pelapukan serupa dan berubah kembali menjadi batuan sedimen. Namun, batuan metamorf yang mempunyai struktur kimia yang berbeda akan meleleh dan kembali menjadi magma (Sari *et al.*, 2018).

II.3 Batuan Ultramafik

Batuan ultramafik merupakan batuan yang memiliki komposisi mineral kaya akan mineral mafik seperti olivin, piroksen dan serpentin. Batuan ultramafik mempunyai kandungan silika yang rendah (<45%). Batuan ultramafik dapat dijumpai sebagai batuan beku plutonik yang ditemukan di kerak maupun sebagai batuan metamorf yang berasal dari mantel. Batuan ultramafik tersusun atas mineral primer olivin, piroksen dan serpentin. Komposisi mineral primer tersebut membuat batuan ultramafik memiliki warna yang sangat gelap. Penguraian mineral-mineral primer tersebut yang menyebabkan unsur-unsur terbawa dalam larutan kemudian akan mengendap pada suatu tempat tertentu (Hasria *et al.*, 2021).

Batuan ultrabasa merupakan batuan yang kaya mineral basa (mineral ferromagnesia) dengan komposisi utama batumannya adalah memiliki lebih banyak mineral basa seperti plagioklas sehingga warna batuan ultrabasa dapat bervariasi tergantung pada komposisi mineral (Ahmad, 2002). Menurut Mc Donough *et al.*



beberapa mineral yang dominan hadir dalam batuan ultrabasa adalah topiroksen, konopiroksen, plagioklas, spinel dan garnet. Istilah untuk dan ultramafik tidak identik. Batuan yang mengandung sangat sedikit

silika dinamakan batuan ultrabasa. Istilah ultrabasa hanya menunjukkan kandungan silika yang sedikit tanpa menyiratkan kehadiran mineral-mineral ferromagnesia. Sedangkan istilah untuk batuan ultramafik hanya menunjukkan kehadiran dari mineral mafik tanpa mempertimbangkan kandungan silika (Ahmad, 2006).

Jenis-jenis batuan ultramafik, antara lain:

1. Peridotit

Peridotit biasanya membentuk suatu kelompok batuan ultramafik yang disebut ofiolit, umumnya membentuk tekstur kumulus yang terdiri atas harsburgit, lerzoit, werlit dan dunit. Peridotit tersusun atas mineral-mineral holokristalin dengan ukuran medium-kasar dan berbentuk anhedral. Komposisinya terdiri dari olivin dan piroksin (Williams *et al.*, 1954).

2. Dunit

Menurut Williams *et al.* (1954), dunit merupakan batuan yang hampir murni olivin (90-100%). Sedangkan Ahmad (2002) menyatakan bahwa dunit memiliki komposisi mineral hampir seluruhnya adalah monomineralik olivin (umumnya magnesia olivin). Pembentukan dunit berlangsung pada kondisi padat atau hampir padat (pada temperatur yang tinggi) dalam larutan magma. Sebelum mendingin pada temperatur yang tinggi, batuan tersebut siap bersatu membentuk massa olivin anhedral yang paling mengikat (Williams *et al.*, 1954). Terbentuknya batuan yang terdiri dari olivin murni (dunit) membuktikan



. larutan magma (*liquid*) berkomposisi olivin memisah dari larutan yang
Wilson, 1989).

itinit

Serpentinit merupakan batuan hasil alterasi hidrotermal dari batuan ultrabasa, dimana mineral-mineral olivin dan piroksen jika teralterasi akan membentuk mineral serpentin. Serpentinit sangat umum memiliki komposisi batuan berupa monomineralik serpentin, batuan tersebut dapat terbentuk dari serpentinisasi dunit dan peridotit (Ahmad, 2002). Serpentinit tersusun oleh mineral grup serpentin >50% (Williams *et al.*, 1954).

Menurut Ringwood (1975), bahwa pada prinsipnya serpentin dapat dihasilkan dari mantel oleh hidrasi dari mantel ultrabasa (mantel peridotit dan dunit) di bawah punggung Tengah samudera (*Mid Ocean Ridge*) pada temperatur <500°C. Serpentin kemudian terbawa keluar melalui migrasi litosfer. Sedangkan serpentinisasi pada mineral olivin menurut Ahmad (2002), bahwa serpentin merupakan suatu pola mineral dengan komposisi $H_4Mg_3Si_2O_9$ terbentuk melalui alterasi hidrotermal dari mineral feromagnesia seperti olivin, piroksen dan amfibol. Umumnya alterasi pada olivin dimulai pada pecahan/retakan pada kristalnya, dengan cepat kristal akan teralterisasi dan mengalami pergantian. Serpentinisasi pada olivin memerlukan penambahan air, pelapisan magnesia atau penambahan silika, pelepasan besi (Mg, Fe) pada olivin.

II.4 Endapan Nikel Laterit

Nikel (Ni) merupakan logam berwarna putih keperakan yang keras dan tahan korosi. Logam ini termasuk material yang cukup reaktif terhadap asam dan lambat



terhadap udara pada suhu dan tekanan normal. Logam ini termasuk yang cukup stabil dan tidak dapat bereaksi terhadap oksida, sehingga

sering digunakan sebagai koin dan pelapis dalam bentuk paduan. Dalam dunia industri, nikel adalah salah satu logam yang paling penting dan memiliki banyak aplikasi (Astuti, 2016).

Bijih nikel laterit banyak ditemukan di belahan bumi yang memiliki iklim tropis atau subtropis yang terdiri dari hasil pelapukan batuan ultramafik yang mengandung zat besi dan magnesium kadar tinggi. Deposit laterit mempunyai kadar antara 1,0-1,5%. Endapan nikel laterit dengan rata-rata kadar nikel 0,6-1,5% dengan tonase yang jauh lebih besar (Yildirim *et al.*, 2012).

Laterit adalah produk sisa dari pelapukan kimia batuan beku ultrabasa berupa dunit, peridotit, harzburgit dan batuan ultrabasa lainnya di permukaan bumi, dimana berbagai mineral asli atau primer mengalami ketidakstabilan karena adanya air kemudian larut atau pecah dan membentuk mineral baru yang lebih stabil. Laterit penting sebagai induk untuk endapan bijih ekonomis. Contoh endapan bijih laterit yang paling dikenal adalah bauksit dan endapan bijih besi (Evans, 1993). Endapan nikel laterit berasal dari batuan beku ultramafik yang berada di permukaan bumi dan banyak ditemukan pada endapan hasil pelapukan batuan beku peridotit dan kaya akan mineral olivin, piroksin dan hornblend, dunit yang kaya akan mineral olivin, piroksinit yang kaya akan mineral ortopiroksin dan klinopiroksin, serta serpentinit yang kaya akan mineral serpentin (Kusuma *et al.*, 2019).



Proses pelapukan pada batuan peridotit menyebabkan unsur-unsur dengan kadar rendah sampai *immobile* seperti Ni, Fe dan Co yang mengalami pelapukan secara residual dan sekunder. Perilaku berbagai unsur selama proses

laterisasi pada dasarnya dikendalikan oleh dua faktor yaitu sifat kimia tertentu dari unsur itu sendiri (geokimia) dan kondisi lingkungan yang berlaku (suhu, curah hujan, kondisi batuan dan kondisi pH) (Ahmad, 2006).

Adapun beberapa unsur yang berperan selama pelapukan laterit, sebagai berikut (Ahmad, 2006):

- a. Ca. Kalsium memiliki sifat yang sangat larut dalam air tanah di daerah tropis.
- b. Mg. Magnesium sangat larut dalam air tanah. Dalam kondisi tropis basah, magnesia dapat dengan cepat keluar dari profil laterit. Namun, di bawah kondisi iklim basah-kering, beberapa magnesia dalam bentuk lempung dalam profil laterit mungkin terhambat.
- c. Si. Silika memiliki kelarutannya lebih rendah dari magnesia, silika sering kali dapat diendapkan dalam zona saprolitik dari profil laterit di mana magnesia secara aktif masuk ke dalam larutan.
- d. Al. Alumina adalah salah satu unsur yang tidak bergerak yang ada dalam profil laterit selama air tanah berada pada kisaran pH 4,5 hingga 9,5 (sebagian besar air tanah memang termasuk dalam kisaran ini).
- e. Cr. Kromium dalam kromit tidak larut dalam air tanah dan sangat stabil, bertahan sebagai kromit di zona Limonit laterit.
- f. Mn dan Co memiliki mobilitas agak rendah di perairan asam dan cenderung bergerak ke bawah profil laterit. Namun, mereka mencapai tingkat ketidaksuburan mereka lebih cepat (dan lebih awal dari nikel) dan diendapkan di bagian bawah zona Limonit atau di bagian atas zona saprolit. entrasi kobalt umumnya mengikuti mangan dalam profil laterit.



II.4.1 Genesa Endapan Nikel Laterit

Endapan nikel laterit adalah hasil laterisasi batuan ultramafik yang mengandung nikel seperti peridotit dan serpentinit. Proses terbentuknya nikel laterit dimulai adanya pelapukan yang intensif pada batuan induk. Batuan induk akan mengalami perubahan menjadi serpentin akibat adanya larutan *hydrothermal* pada saat pembekuan magma. Kemudian terjadi pelapukan (kimia dan fisika) menyebabkan dekomposisi pada batuan induk (Raivel dan Firman, 2021).

Secara horizontal penyebaran nikel tergantung kepada arah aliran air tanah dan bentang alam. Air hujan yang mengandung CO_2 akan meresap hingga ke permukaan tanah membawa mineral primer seperti olivin, serpentin, dan piroksen. Air meresap secara perlahan sampai batas antara zona limonit dan zona saprolit, kemudian mengalir secara lateral. Sebelum proses pelindihan berlangsung, unsur Ni berada dalam ikatan serpentin group. Rumus kimia dari kelompok serpentin adalah $\text{X}_{2-3}\text{SiO}_2\text{O}_5(\text{OH}_4)$ dengan X tersebut tergantikan unsur-unsur seperti Cr, Mg, Fe, Ni, Al, Zn dan Mn (Atmadja, 1974).

Adanya suplai air yang mengalir melalui kekar akan membawa nikel turun ke bawah dan lambat laun akan terkumpul di zona permeabel yang tidak dapat menembus batuan induk. Apabila proses ini berlangsung terus menerus, maka akan terjadi proses pengayaan *supergen* yang berada di zona saprolit. Di bawah zona pengayaan *supergen* terdapat zona mineralisasi primer yang tidak terpengaruh oleh proses oksidasi maupun pelindihan, yang sering disebut sebagai



rogen.

II.4.2 Faktor Pembentukan Nikel Laterit

Terdapat beberapa faktor yang dapat mengontrol pembentukan endapan nikel laterit, yaitu:

1. Iklim

Iklim memiliki peran penting dalam terbentuknya endapan laterit. Temperatur yang hangat dan curah hujan yang tinggi dan ditambah dengan aktivitas biogenik yang tinggi akan mempercepat proses pelapukan kimia. Daerah beriklim tropis dengan temperatur lebih dari 20°C yang cenderung tetap sepanjang tahun merupakan daerah yang sangat ideal untuk pembentukan endapan laterit (Ahmad, 2006). Menurut Ellias (2002) curah hujan menentukan jumlah air yang melewati tanah. Sebenarnya tingkat curah hujan dapat bervariasi yang nantinya akan membentuk tanah laterit yang berbeda-beda pula.

2. Batuan asal

Adanya batuan asal merupakan syarat utama untuk terbentuknya endapan nikel laterit, macam batuan asalnya adalah batuan ultrabasa. Dalam hal ini pada batuan ultrabasa tersebut (Ahmad, 2006):

- a. Terdapat elemen Ni yang paling banyak di antara batuan lainnya.
- b. Mempunyai mineral-mineral yang paling mudah lapuk atau tidak stabil, seperti olivin dan piroksin.
- c. Mempunyai komponen-komponen yang mudah larut dan memberikan lingkungan pengendapan yang baik untuk nikel.



3. Topografi

Topografi akan mempengaruhi pola aliran air. Kelerengan dan relief mempengaruhi intensitas air yang masuk ke dalam tanah atau batuan dan muka air tanah (Elias, 2002). Topografi/morfologi yang tidak curam tingkat kelerengannya, maka endapan laterit masih mampu untuk ditopang oleh permukaan topografi sehingga tidak terangkut semua oleh proses erosi ataupun ketidakstabilan lereng (Maulana, 2017). Menurut (Ahmad, 2006) tanah laterit membutuhkan topografi yang tidak begitu curam. Permukaan tanah yang curam akan mempercepat erosi pada tanah laterit. Topografi yang terlalu datar dengan drainase yang buruk juga tidak begitu bagus, hal ini menyebabkan pencucian berjalan kurang maksimal sehingga tanah laterit sulit terbentuk.

4. pH

Menurut (Ahmad, 2006) kelarutan mineral akan meningkat di perairan yang memiliki kadar pH yang rendah. Dengan demikian, air yang mempunyai pH asam akan mempercepat proses pelapukan kimia. Air asam banyak terbentuk pada iklim tropis melalui hujan asam alami.

5. Tektonik

Tektonisme dapat menghasilkan pengangkatan yang menyebabkan tanah atau batuan tersingkap dan mempercepat proses erosi, menurunkan muka air tanah, dan merubah relief. Untuk menghasilkan pembentukan endapan laterit yang

diperlukan kondisi tektonik yang stabil karena dapat mengurangi proses dan memperlambat gerak air tanah (Elias, 2002).



6. Struktur Geologi

Struktur geologi memiliki peran penting dalam pembentukan endapan laterit. Adanya struktur geologi seperti sesar dan kekar akan membuat batuan menjadi permeabel sehingga memudahkan air untuk dapat masuk ke dalam batuan. Masuknya air ke dalam batuan akan memudahkan proses pelapukan kimia sehingga laterisasi dapat berjalan dengan baik (Elias, 2002).

7. Waktu

Semakin lama waktu pelapukan semakin besar endapan nikel yang terbentuk. Waktu yang lama akan mengakibatkan pelapukan yang cukup intensif karena akumulasi unsur nikel cukup tinggi (Sutisna *et al.*, 2006).

II.4.3 Profil Endapan Nikel Laterit

Endapan nikel laterit merupakan hasil pelapukan lanjut dari batuan ultrabasa pembawa Ni-Silikat. Umumnya terdapat pada daerah dengan iklim tropis sampai dengan subtropis. Pengaruh iklim tropis di Indonesia mengakibatkan proses pelapukan yang intensif, sehingga beberapa daerah di Indonesia bagian Timur memiliki endapan nikel laterit. Menurut Vinogradov, batuan ultrabasa rata-rata mempunyai kandungan nikel sebesar 0,2%. Unsur nikel tersebut terdapat dalam kisi-kisi kristal mineral olivin dan piroksin, sebagai hasil substitusi terhadap atom Fe dan Mg. Proses terjadinya substitusi antara Ni, Fe dan Mg dapat diterangkan karena radius ion dan muatan ion yang hampir bersamaan di antara unsur-unsur tersebut.



Serpentinisasi yang terjadi pada batuan peridotit akibat pengaruh larutan *mal*, akan mengubah batuan peridotit menjadi batuan serpentin atau

batuan serpentin peridotit. Sedangkan proses kimia dan fisika dari udara, air serta pergantian panas dingin yang bekerja secara berkelanjutan menyebabkan disintegrasi dan dekomposisi pada batuan induk (Ahmad, 2006).

Berdasarkan proses pembentukannya, endapan nikel laterit terbagi menjadi beberapa zona dengan ketebalan dan kadar yang bervariasi. Daerah yang mempunyai intensitas pengkekarannya yang intensif kemungkinan akan mempunyai profil lebih tebal dibandingkan dengan yang pengkekarannya kurang intensif. Perbedaan intensitas tersebut menyebabkan ketidakaturan dari distribusi pengayaan unsur-unsur pada profil laterit, karena pembentukan endapan laterit sangat bergantung pada faktor-faktor batuan dasar (*bedrock*), laju pelapukan, struktur geologi, iklim, topografi, serta waktu (Syafrizal *et al.*, 2011).

Profil nikel laterit pada umumnya adalah terdiri dari 4 zona gradasi sebagai berikut (Elias, 2002):

1. Zona *ferricrete* atau *top soil*

Tanah penutup (*iron capping*) merupakan campuran goetit dan limonit berwarna merah tua. Lapisan ini mempunyai kadar besi (Fe) tinggi dan nikel (Ni) rendah, yaitu sekitar 60% Fe. Kadang-kadang ditemukan hematit dan kromiferus yang merupakan lapisan paling atas dari bijih laterit dan menjadi overburden pada saat penambangan bijih nikel laterit.

2. Zona limonit

limonit merupakan lapisan yang kaya Fe sekitar 40-50%, berukuran dan berwarna merah coklat atau kekuningan. Dalam limonit, sebagian Ni berada dalam goetit (sebagai larutan padat), sebagian lagi berada



dalam oksida mangan (Mn) dan litioforit. Dalam lapisan ini juga kadang-kadang ditemukan talk, tremolit, kromiferus, kuarsa, gipsit dan maghemit.

3. Zona saprolit

Dalam lapisan ini, mineral utamanya adalah serpentin ($Mg_3Si_2O_5(OH)_4$); Ni mensubstitusi Mg. Pada lapisan saprolit memiliki kandungan Ni lebih tinggi daripada yang terdapat dalam lapisan limonit, yaitu sekitar 1,5-3%. Kandungan magnesia (Mg) dan silika (Si) juga lebih tinggi, namun kadar Fe rendah.

4. Batuan dasar (*bedrock*)

Pada zona ini terbentuk bongkah berukuran >75 cm. Secara umum kadar Ni kecil, sekitar 0,2-0,4%. Zona ini mengalami perengkahan kuat dan kadang-kadang bersifat terbuka dan terisi oleh garnierite dan silika. Perengkahan tersebut diperkirakan menjadi *root zone* yaitu suatu zona dengan kandungan nikel tinggi berupa urat dalam batuan dasar. Bagian ini merupakan bagian paling bawah dari profil laterit.

II.5 Metode Pengeboran

Proses pengeboran merupakan aktivitas yang paling pertama dilakukan pada kegiatan penambangan, sehingga kegiatan tersebut harus didesain dengan tepat yang nantinya akan dilanjutkan ke operasi tahap berikutnya yaitu pemuatan dan pengangkutan (Abbaspour *et al.*, 2018). Proses pengeboran merupakan proses membuat lubang pada permukaan tanah atau batuan untuk melihat koleksi sampel



gunakan untuk memperkirakan kualitas dan kuantitas dari cadangan tertentu (pengeboran eksplorasi) (Pathak, 2014).

Proses pengeboran yang dilakukan di Sulawesi Tenggara khususnya Kabupaten Konawe Selatan merupakan pengeboran produksi yang dilakukan untuk mendapatkan sampel dari *ore* yang ada untuk diketahui jumlah kadar dan ketebalan *ore* di lokasi tersebut. Pengeboran produksi ini dikenal dengan istilah pengeboran *inpit*. Pengeboran *inpit* merupakan jenis pengeboran yang dilakukan pada area tambang yang sudah dilakukan proses *development* meliputi *land clearing* (pembukaan lahan), pengupasan *top soil* dan pengupasan *overburden* hingga tertinggal lapisan-lapisan tipis *overburden* yang menutupi lapisan saprolit (Gusman & Octova, 2018).

Pengeboran *inpit* di Konawe Selatan dilakukan dengan menggunakan metode *rotary percussion drilling* dilakukan dengan cara pemecahan batuan dengan memanfaatkan gerak putaran dan gaya dorong yang diberikan kepada mata bor. Kondisi alat serta waktu kerja yang dibutuhkan untuk alur kegiatan pengeboran menjadi pengaruh yang sangat besar bagi produktivitas pengeboran *inpit* itu sendiri. Waktu kerja memiliki beberapa variabel antara lain waktu *delay* yang terdiri dari waktu keterlambatan memulai pengeboran, menunggu alat muat (*excavator*), mengatur alat, cuaca dan lainnya. Data waktu *standby* terdiri dari tidak ada program kerja, istirahat sebelum waktunya, pulang sebelum waktunya dan data waktu *repair* yaitu perbaikan kerusakan alat. Efektifitas dan efisiensi kegiatan pengeboran *inpit* pada saat operasi sangat dibutuhkan untuk mendapatkan hasil yang optimal dalam kegiatan pengeboran *inpit* (Gusman &

2018).



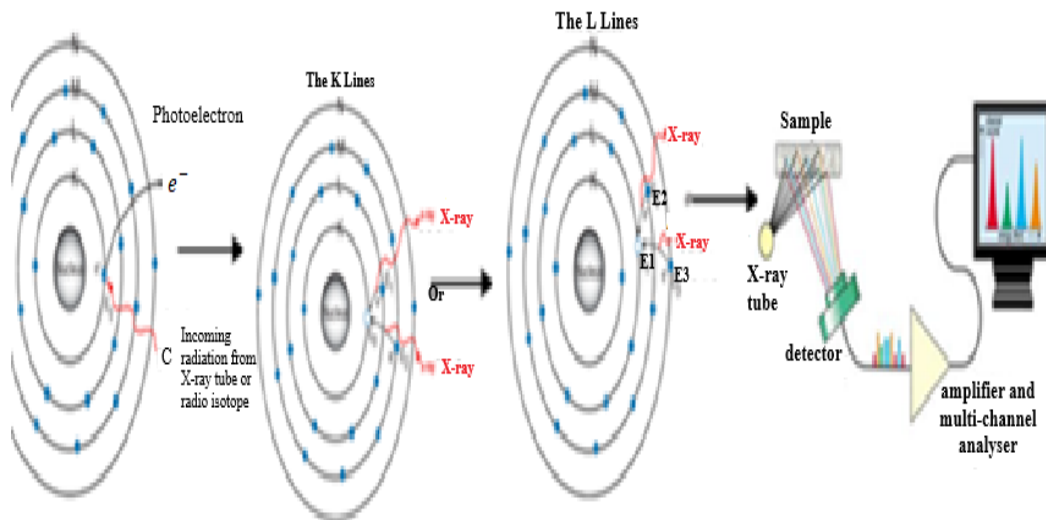
II.6 X-Ray Fluorescence (XRF)

Analisis laboratorium merupakan tahapan penting untuk mengetahui sifat fisik dan kimia batuan yang tidak dapat dilakukan langsung di lapangan. Analisis ini menggunakan metode XRF untuk menghasilkan komposisi dan presentase unsur dalam mineral serta jenis mineral batuan (Massinai *et al.*, 2021).

Metode XRF (*X-Ray Fluorescence*) digunakan untuk analisis unsur penyusun suatu bahan menggunakan radiasi sinar X yang diserap dan dipantulkan oleh sampel. Namun, XRF tidak bekerja dalam orde yang kecil atau mikro dan biasanya digunakan untuk analisis bahan dengan fraksi yang lebih besar seperti bahan-bahan geologi. Metode ini paling banyak digunakan untuk analisis unsur dari bahan batuan, mineral dan sedimen (Jamaludin, *et al.*, 2018). *X-Ray Fluorescence* sangat cocok untuk penyelidikan yang melibatkan massal kimia analisis elemen utama (Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K, P) dalam batuan dan sedimen, massal kimia analisis unsur jejak (dalam kelimpahan >1 ppm; Ba, Ce, Co, Cr, Cu, Ga, La, Nb, Ni, Rb, Sc, Sr, Rh, U, V, Y, Zr, Zn) di batuan dan sedimen (Angela dan Catherina, 2005).

Teknik fluoresensi sinar X merupakan suatu teknik analisis yang dapat menganalisis elemen kimia dengan menggunakan karakteristik sinar X (Sari, 2016). Analisis menggunakan XRF dilakukan berdasarkan identifikasi *X-Ray* yang terjadi akibat efek fotolistrik. Efek fotolistrik terjadi karena elektron dalam atom pada sampel terkena sinar berenergi tinggi (*X-Ray*).





Gambar 2.3 Prinsip Kerja XRF (Sumantry, 2002)

Berikut adalah penjelasan prinsip kerja XRF berdasarkan efek fotolistrik (Sumantry, 2002):

1. *X-Ray* ditembakkan pada sampel, jika selama proses penembakan *X-Ray* mempunyai energi yang cukup, maka elektron akan terlempar (terekstisasi) dari kulitnya yang lebih dalam yaitu kulit K dan mengakibatkan kekosongan pada kulitnya.
2. Kekosongan tersebut mengakibatkan kondisi yang tidak stabil pada atom. Untuk menstabilkan kondisi maka elektron dari tingkat energi yang lebih tinggi misalnya dari kulit L dan M akan berpindah menempati kekosongan tersebut.
3. Setelah elektron dalam atom naik ke tingkat energi yang lebih tinggi, elektron tersebut akan kembali ke tingkat energi yang lebih rendah dan melepaskan energi dalam bentuk sinar X fluoresensi. Energi sinar X fluoresensi yang dipancarkan oleh atom dalam sampel memiliki karakteristik khusus yang bergantung pada unsur kimia yang terdapat pada sampel.



- Spektrometri XRF memanfaatkan sinar X yang dipancarkan oleh bahan. Selanjutnya ditangkap oleh detektor untuk dianalisis kandungan unsur dalam sampel.



Gambar 2.4 Niton XL2 XRF Analyzer (Evans et al., 2001)

Alat yang digunakan pada penelitian ini ialah Niton XL2 XRF Analyzer (Gambar 2.4). Alat ini memiliki cara kerja yaitu sinar X diarahkan pada permukaan benda yg diuji. Energi sinar X ini menyebabkan elektron-elektron yang terdapat pada benda uji keluar dari orbitnya. Karena elektron keluar dari orbitnya maka terjadi kekosongan dan elektron yang berada di kulit lain mengisi kekosongan tersebut, sehingga menghasilkan sinar X karakteristik. Selanjutnya, sinar X karakteristik ini diterima oleh detektor dan diubah menjadi sinyal listrik (Evans *et al.*, 2001).

Niton XL2 XRF Analyzer memiliki keuntungan yaitu hasil didapat dengan cepat, tidak merusak, kualitatif dan kuantitatif analisis multi-elemen, sedikit atau tidak membutuhkan persiapan sampel, dapat digunakan untuk tipe sampel yang



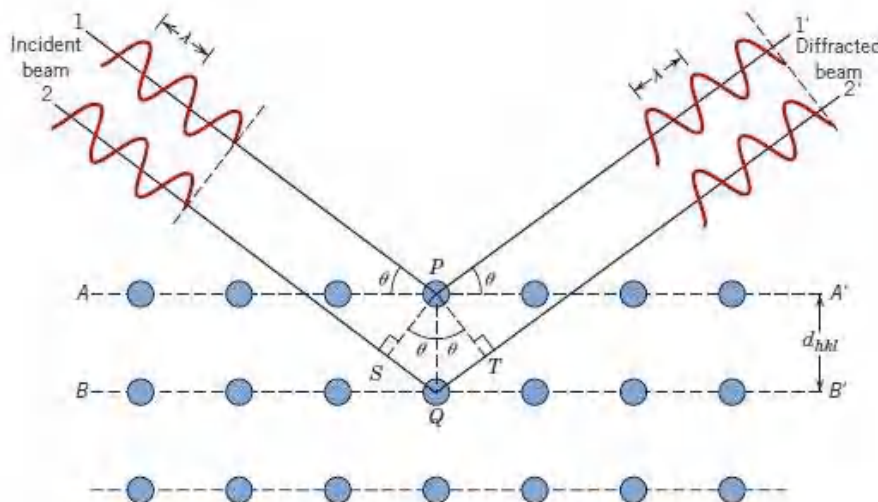
berbeda bentuk dan ukuran padat, bubuk, cair. Kalibrasi mencakup range reaksi sampai 100%, dapat digunakan di lingkungan yang ekstrim dengan

suhu tinggi, bergetar, berisik, berdebu, hujan, salju, panas, dingin. Namun alat ini memiliki kelemahan elemen-elemen bernomor atom dibawah 12 dibutuhkan helium purge, tidak dapat mendeteksi karbon, batas deteksi (0.01-0.1%) (Angela dan Catherina, 2005).

Gambar 2.5 menunjukkan kristal sebagai suatu kumpulan bidang-bidang yang sejajar, dimana sinar X yang datang dipantulkan sebagian oleh masing-masing bidang kemudian terkumpul secara serentak. Berdasarkan ilustrasi tersebut Bragg mengemukakan persamaan seperti berikut (Hammond, 2009):

$$n\lambda = 2d \sin\theta \quad (2.1)$$

n adalah bilangan bulat, λ adalah panjang gelombang sinar X, d merupakan jarak antar bidang dan θ adalah sudut antara sinar datang dengan benda kristal.



Gambar 2.5 Ilustrasi Difraksi Sinar-X (Hammond, 2009)

II.7 Metode *Inverse Distance Weighted* (IDW)

Metode untuk estimasi bergantung pada keadaan geologi endapan, metode

i, keakuratan data dan nilai koefisien variasi, manfaat serta tujuan

Secara umum, metode estimasi yang dapat digunakan untuk endapan



nikel laterit ada beberapa jenis metode. Metode yang digunakan antara lain metode *Polygon*, metode *Inverse Distance Weighting* (IDW) dan metode *kriging*.

Metode *Inverse Distance Weighting* (IDW) merupakan metode deterministic yang sederhana dengan mempertimbangkan titik di sekitarnya (NCGIA, 1997). Asumsi dari metode ini adalah nilai interpolasi akan lebih mirip pada data sampel yang dekat daripada yang lebih jauh. Bobot (*weight*) akan berubah secara linear sesuai dengan jaraknya dengan data sampel. Bobot ini tidak akan dipengaruhi oleh letak dari data sampel. Metode ini biasanya digunakan dalam industry pertambangan karena mudah untuk digunakan. Dalam penaksiran data kadar dilakukan teknik-teknik pembobotan yang ada pada umumnya didasarkan pada (Annels, 1991):

1. Letak grid atau blok yang akan ditaksir terhadap letak data sampel.
2. Kecenderungan penyebaran kualitas data.
3. Orientasi setiap sampel yang menunjukkan hubungan letak ruang antar sampel.
4. Untuk mendapatkan efek penghalusan (pemerataan) data, dilakukan faktor pangkat. Pilihan dari pangkat yang digunakan (titik bor 1, titik bor 2, titik bor 3, dan seterusnya) yang berpengaruh terhadap hasil taksiran. Semakin tinggi pangkat yang digunakan, hasilnya semakin mendekati metode *Polygon* sampel terdekat.
5. Dalam metode ini, komputer memeriksa jarak antar sampel dari Kumpulan blok dan menolak data yang berada diluar radius tertentu dan ditentukan

an persamaan seperti berikut.

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^k} Z_i}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^k}} \quad (2.2)$$



Z adalah kadar taksiran (%), n adalah jumlah data, i adalah kadar ke-i (%), di adalah spasi antar titik taksiran dengan titik ke-i yang ditaksir (m), k adalah pangkat (*script*) dan Zi adalah kadar awal (%). Pangkat k biasanya bervariasi antara 1, 2, 3 dan seterusnya. Metode ini hanya berlaku ketika sampel dalam area pencarian tertentu dan dilakukan secara berulang-ulang dan biasanya dilakukan dengan komputerisasi (Annels, 1991).

Kelebihan dari metode interpolasi IDW adalah karakteristik interpolasi dapat dikontrol dengan membatasi titik-titik masukan yang digunakan dalam proses interpolasi. Titik-titik yang terletak jauh dari titik sampel dan hanya diperkirakan memiliki korelasi spasial yang kecil atau bahkan tidak memiliki korelasi spasial dapat dihapus dari perhitungan. Titik-titik yang digunakan dapat ditentukan berdasarkan jarak yang ingin diinterpolasi (Pramono, 2008).

Kelemahan dari metode IDW adalah nilai hasil interpolasi terbatas pada nilai yang ada pada data sampel dengan kata lain metode IDW ini tidak dapat mengestimasi nilai di atas nilai maksimum dan di bawah nilai minimum dari titik-titik sampel. Pengaruh dari data sampel terhadap hasil interpolasi disebut sebagai *isotropic*. Metode ini menggunakan rata-rata dari data sampel sehingga nilai tidak bisa lebih kecil dari minimum atau lebih besar dari data sampel. Sehingga, puncak bukit atau Lembah terdalam tidak dapat ditampilkan dari hasil interpolasi menggunakan metode *Inverse Distance Weighting* (IDW) (Watson dan Philip, 1985).

