

SKRIPSI

**ANALISIS PERBANDINGAN KADAR BIJIH NIKEL LATERIT
ANTARA SAMPEL *FACE PRODUCTION* DAN SAMPEL *DOVE*
PT CNI, KOLAKA, SULAWESI TENGGARA**

Disusun dan diajukan oleh

St. HAMDANA KHAERUNNISA

D111181332



PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2023

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**ANALISIS PERBANDINGAN KADAR BIJIH NIKEL LATERIT
ANTARA SAMPEL *FACE PRODUCTION* DAN SAMPEL *DOVE*
PT CNI, KOLAKA, SULAWESI TENGGARA**

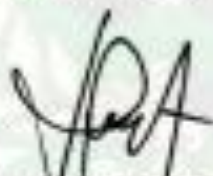
Disusun dan diajukan oleh

**St. HAMDANA KHAERUNNISA
D111181332**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 10 Maret 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Dr. I. Sufriadin, S.T., M.T.
NIP. 196608172000121001

Ketua Program Studi,



Dr. Is. Bryanti Virianti Anas, S.T., M.T.
NIP. 197010052008012026

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : St. Hamdana Khaerunnisa
NIM : D111181332
Program Studi : Teknik Pertambangan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

**ANALISIS PERBANDINGAN KADAR BIJIH NIKEL LATERIT
ANTARA SAMPEL *FACE PRODUCTION* DAN SAMPEL *DOVE*
PT ONI, KOLAKA, SULAWESI TENGGARA**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain dan 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, Maret 2023

Yang menyatakan



St. Hamdana Khaerunnisa

ABSTRAK

Nikel laterit merupakan produk hasil dari proses pelapukan dan pengkayaan unsur-unsur pada batuan ultramafik yang mengandung unsur Ni, Fe, Mg, dan Co. Data US Geological Survey menyebutkan bahwa dari 80 juta *metric ton* cadangan nikel dunia, hampir 4 juta *metric ton* terdapat di Indonesia, sehingga Indonesia berada di peringkat ke-6 dengan deposit nikel terbesar di dunia. Kadar bijih nikel sangat bervariasi sehingga dibutuhkan pengendalian baik pada saat eksplorasi hingga pengapalan bijih. Dalam kegiatan produksi PT Ceria Nugraha Indotama, kadar nikel yang ditambang senantiasa dikontrol dan diawasi baik pada saat proses penambangan hingga bijih nikel yang ditambang sampai di konsumen. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui korelasi, perbandingan komposisi kimia, dan faktor-faktor yang memengaruhi perubahan kadar bijih nikel laterit antara sampel face production dan sampel dome. Metode yang digunakan adalah analisis deskriptif dan korelasi. Hasil analisis korelasi menunjukkan bahwa hubungan antara unsur major oxides yang meliputi MgO, SiO₂, Al₂O₃, CaO, MnO, Fe₂O₃ memiliki range 0,56 – 0,84. Demikian pula korelasi untuk unsur trace element yang meliputi Ni, Co, dan Cr memiliki range 0,52 – 0,82. Hal tersebut menunjukkan bahwa senyawa major oxides dan trace element memiliki tingkat hubungan korelasi sedang – kuat. Hasil analisis perbandingan kadar bijih nikel laterit pada sampel menunjukkan bahwa tiga unsur yaitu MgO, SiO₂, dan CaO mengalami peningkatan kadar, sebaliknya unsur lainnya yaitu Al₂O₃, MnO, Fe₂O₃, Ni, Co, dan Cr mengalami penurunan. Terjadinya perubahan kadar bijih nikel laterit antara sampel face production dan sampel dome dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah penyebaran bijih yang heterogen secara horizontal dan vertikal, kurang telitian dalam melakukan *sampling* dan preparasi sampel.

Kata kunci : nikel laterit, kadar, face production, dome, Sulawesi Tenggara.

ABSTRACT

Nickel laterite is a product of weathering processes and enrichment of elements in ultramafic rocks containing the elements Ni, Fe, Mg and Co. US Geological Survey data states that of the 80 million metric tons of world nickel reserves, nearly 4 million metric tons are found in Indonesia, so that Indonesia is ranked 6th with the world's largest nickel deposits. Nickel ore grades vary widely, so control is needed both during exploration and for ore shipment. In PT Ceria Nugraha Indotama's production activities, the grade of nickel mined are always controlled and monitored both during the mining process and until the mined nickel ore reaches the consumer. The purpose of this study was to determine the correlation, comparison of chemical composition, and factors that influence changes in lateritic nickel ore content between face production samples and dome samples. The method used is descriptive analysis and correlation. The results of the correlation analysis show that the relationship between the major oxides which include MgO, SiO₂, Al₂O₃, CaO, MnO, Fe₂O₃ has a range of 0.56 – 0.84. Likewise the correlation for trace elements which include Ni, Co, and Cr has a range of 0.52 – 0.82. This shows that major oxides and trace elements have a moderate to strong correlation. The results of a comparative analysis of lateritic nickel ore content in the sample showed that three elements, namely MgO, SiO₂, and CaO, experienced an increase in grade, whereas other elements, namely Al₂O₃, MnO, Fe₂O₃, Ni, Co, and Cr, experienced a decrease. Changes in lateritic nickel ore grade between face production samples and dome samples were influenced by several factors including the heterogeneous distribution of ores horizontally and vertically, inaccuracy in sampling and sample preparation.

Keywords : nickel laterite, grade, face production, dome, Southeast Sulawesi.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT. karena atas karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul "Analisis Perbandingan Kadar Bijih Nikel Laterit Antara Sampel *Face Production* dan Sampel *Dome* PT. CNI, Kolaka, Sulawesi Selatan". Skripsi ini dibuat sebagai syarat dalam memperoleh gelar sarjana di Departemen Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari banyak pihak. Penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada Bapak Suharto selaku *General Manager* PT. Ceria Nugraha Indotama yang telah memberikan izin dan kesempatan kepada penulis sehingga dapat melakukan kegiatan penelitian di perusahaan. Terima kasih kepada Bapak Fachruddin Syamsuddin selaku *Superintendent Grade Control Management* sekaligus pembimbing pada kegiatan penelitian yang telah memberikan arahan, masukan, serta bantuan selama pelaksanaan penelitian.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu Dr. Aryanti Virtanti Anas, S.T., M.T. selaku Ketua Departemen Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Ucapan terima kasih sebesar-besarnya disampaikan kepada Bapak Dr. Sufriadin, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama, serta kepada Bapak Dr. Phil. Nat. Sri Widodo, S.T., M.T., Bapak Dr. Eng. Purwanto, S.T., M.T. dan Ibu Rizki Amalia, S.T., M.T. selaku dosen penguji pada seminar Tugas Akhir. Terima kasih penulis ucapkan kepada teman-teman TUNNEL 2018 serta teman-teman laboratorium Analisis dan Pengolahan Bahan Galian yang selalu memberikan semangat.

Ucapan terima kasih juga tidak kalah besarnya penulis haturkan kepada kedua orang tua penulis yaitu Bapak Dr. Ir. Irzal Nur, M.T. dan Almarhumah Ibu Fenny Rafinah Rasyid, Adik Lisha serta seluruh keluarga besar yang senantiasa memberikan motivasi, semangat dan dukungan bagi penulis dalam menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini.

Kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terima kasih atas segala dukungan dan doanya. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk pengembangan wawasan dan dapat menjadi referensi mengenai Analisis Perbandingan Kadar Bijih Nikel Laterit bagi para pembaca.

Makassar, Januari 2023

St. Hamdana Khaerunnisa

DAFTAR ISI

	Halaman
SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRAK.....	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Tahapan Penelitian.....	3
1.6 Lokasi Penelitian	5
BAB II ANALISIS PERBANDINGAN KADAR BIJIH NIKEL LATERIT	6
2.1 Genesis Endapan Nikel Laterit	6
2.2 Nikel.....	8
2.3 Tipe – Tipe Bijih Nikel Laterit	10
2.4 Nikel dan Kegunaannya	12

2.5 Tahapan Pengendalian Kualitas Kadar Bijih Nikel Laterit Pada Kegiatan Penambangan	16
BAB III METODE PENELITIAN	21
3.1 Pengambilan Sampel	21
3.2 Preparasi Sampel.....	23
3.3 Analisis Sampel.....	27
3.4 Pengolahan dan Analisis Data	30
BAB IV ANALISIS PERBANDINGAN KADAR BIJIH NIKEL LATERIT ANTARA SAMPEL	
<i>FACE PRODUCTION</i> DAN SAMPEL <i>DOME</i>	32
4.1 Analisis Korelasi.....	32
4.2 Perbandingan Kadar Bijih Antara Sampel <i>Face Production</i> dan Sampel <i>Dome</i> .	42
4.3 Faktor – Faktor Penyebab Terjadinya Perubahan Kadar	43
BAB V PENUTUP	45
5.1 Kesimpulan	45
5.2 Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1 Peta IUP PT. Ceria Nugraha Indotama.....	5
2.1 Pembentukan Endapan Nikel	6
2.2 Persebaran Endapan Nikel di Dunia	9
2.3 Profil cebakan nikel laterit.....	11
2.4 Penggunaan nikel Amerika Serikat tahun 2015.....	14
2.5 Skema kerja alat XRF.	19
3.1 Proses pengambilan sampel <i>face production</i>	21
3.2 Pengambilan sampel <i>dome</i>	22
3.3 Pengeringan sampel.....	23
3.4 Reduksi menggunakan <i>jaw crusher</i>	24
3.5 Reduksi menggunakan <i>double roll crusher</i>	24
3.6 Penggilingan menggunakan <i>pulverizer</i>	25
3.7 Pengadukan menggunakan plastik sampel	25
3.8 Matriks 5x2	26
3.9 Pengerjaan <i>press pellet</i> sampel	26
3.10 <i>Output</i> dari <i>press pellet</i> sampel	27
3.11 Memasukkan sampel ke dalam <i>chamber</i>	28
3.12 Memosisikan sampel pada <i>toolbar loader</i>	29
3.13 Pengolahan data menggunakan microsoft excel	29
3.14 Diagram alir penelitian.....	31
4.1 Grafik analisis korelasi pada unsur MgO	33
4.2 Grafik analisis korelasi pada unsur SiO ₂	34
4.3 Grafik analisis korelasi pada unsur Al ₂ O ₃	35

4.4	Grafik analisis korelasi pada unsur CaO	36
4.5	Grafik analisis korelasi pada unsur MnO.....	37
4.6	Grafik analisis korelasi pada unsur Fe ₂ O ₃	38
4.7	Grafik analisis korelasi pada unsur Ni	39
4.8	Grafik analisis korelasi pada unsur Co.....	40
4.9	Grafik analisis korelasi pada unsur Cr	41

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Koefisien korelasi (Sugiyono, 2013).....	30
2. Perubahan kadar antara sampel <i>face production</i> dan sampel <i>dome</i>	43

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
A. Tabel Hasil Analisis Kadar Sampel	49
B. Peta IUP PT Ceria Nugraha Indotama	56
C. Kartu Konsultasi Tugas Akhir	57

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bijih nikel laterit merupakan salah satu sumber daya mineral yang melimpah di Indonesia. Cadangan bijih nikel laterit di Indonesia mencapai 1,391 milyar ton yang merupakan 4,9% dari cadangan nikel dunia atau menempati urutan delapan terbesar di dunia (Nurhakim, dkk., 2011). Bijih nikel diperoleh dari endapan nikel laterit yang terbentuk akibat pelapukan batuan ultramafik yang mengandung nikel 0,2 – 0,4% (Golightly, 1979). Nikel laterit umumnya ditemukan pada daerah tropis, dikarenakan iklim yang mendukung terjadinya pelapukan, selain topografi, drainase, tenaga tektonik, batuan induk, dan struktur geologi (Elias, 2002).

Bijih nikel laterit digolongkan menjadi dua jenis, yaitu saprolit yang berkadar nikel tinggi dan limonit yang berkadar nikel rendah. Perbedaan menonjol dari dua jenis bijih ini adalah kandungan Fe (besi) dan Mg (magnesium), bijih saprolit mempunyai kandungan Fe rendah dan Mg tinggi sedangkan limonit kandungan Fe tinggi dan Mg rendah (Dalvi, et al., 2004). Nikel laterit merupakan salah satu mineral logam hasil dari proses pelapukan kimia batuan ultramafik yang mengakibatkan pengkayaan unsur Ni, Fe, Mn, dan Co secara residual dan sekunder (Syafrizal, 2011). Nikel laterit dicirikan oleh adanya logam oksida yang berwarna coklat kemerahan mengandung Ni dan Fe (Cahit et al., 2017).

PT Ceria Nugraha Indotama merupakan perusahaan tambang nikel Indonesia yang mengoperasikan tambang nikel laterit dan berlokasi di Kecamatan Wolo, Kabupaten Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara. PT Ceria Nugraha Indotama menggunakan sistem penambangan tambang terbuka dengan metode *open cast mining*.

Dalam kegiatan produksi PT Ceria Nugraha Indotama, kadar nikel yang ditambang senantiasa dikontrol dan diawasi baik pada saat proses penambangan hingga bijih nikel yang ditambang sampai di konsumen. Hal ini dimaksudkan untuk memenuhi permintaan bijih nikel dari konsumen secara kualitas, namun kondisi aktual di lapangan dari hasil analisis kimia menunjukkan bahwa kadar bijih nikel selalu terjadi perubahan dari *front* penambangan ke *dome*. Berdasarkan hal tersebut, penulis bermaksud untuk melakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui bagaimana korelasi kadar unsur antara sampel *face production* dan sampel *dome*, perbandingan komposisi kimia bijih nikel serta faktor-faktor apa saja yang menyebabkan terjadinya perbedaan kadar bijih nikel tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan hal tersebut di atas, rumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana korelasi kadar unsur antara sampel *face production* dan sampel *dome*.
2. Bagaimana perbandingan komposisi kimia bijih nikel laterit antara sampel *face production* dan sampel *dome*.
3. Apa saja faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya perbedaan kadar bijih nikel laterit antara sampel *face production* dan sampel *dome*.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui korelasi kadar unsur antara sampel *face production* dan sampel *dome*.

2. Menganalisis perbandingan komposisi kimia bijih nikel laterit antara sampel *face production* dan sampel *dome*.
3. Menganalisis faktor-faktor penyebab terjadinya perbedaan kadar bijih nikel laterit antara sampel *face production* dan sampel *dome*.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan untuk menyesuaikan dan mengurangi terjadinya perbedaan kadar serta penyebab terjadinya hal tersebut sehingga dapat dijadikan acuan bagi perusahaan dalam melakukan perencanaan penambangan yang efektif sehingga bisa mendapatkan kadar nikel laterit yang sesuai dengan permintaan konsumen. Hasil penelitian ini juga dapat dijadikan bahan evaluasi dalam mengurangi tingkat penyimpangan antara hasil analisis sampel *face production* dan *dome*.

1.5 Tahapan Penelitian

Lokasi penelitian berada di PT. Ceria Nugraha Indotama pada bulan Oktober-November 2021. Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian kuantitatif. Pengamatan lapangan hingga pengumpulan data dilakukan di PT. Ceria Nugraha Indotama, sedangkan penyusunan laporan dilakukan di Departemen Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Adapun tahapan kegiatan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Persiapan

Persiapan merupakan tahapan yang dilakukan setelah menentukan topik penelitian yang akan dilakukan. Tahapan ini terdiri dari perumusan masalah yang

akan diteliti, menentukan variabel-variabel yang akan diteliti dan kerangka penelitian.

2. Studi Literatur

Studi literatur merupakan tahapan studi pustaka dan pengumpulan referensi atau kajian pustaka yang berkaitan dengan topik penelitian yang akan dilakukan guna mendukung penelitian. Referensi dapat berasal dari jurnal, buku, artikel ilmiah dan lain-lain. Kegiatan ini dilakukan dari tahap awal hingga akhir penelitian.

3. Kegiatan Lapangan

Kegiatan lapangan adalah pengumpulan data langsung dalam penelitian ini dengan mengambil sampel di lapangan, proses preparasi, hingga proses analisis di laboratorium. Informasi yang diperoleh akan dicatat dalam buku catatan dan dokumentasi menggunakan kamera.

4. Pengolahan dan Interpretasi Data

Pengolahan data merupakan tahapan pengumpulan data-data hasil analisis dan mengolah data-data yang telah didapatkan menggunakan Microsoft Excel. Selanjutnya, dilakukan analisis perbandingan kadar bijih nikel laterit antara sampel *face production* dan sampel *dome*. Data disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk memudahkan tampilan data.

5. Penyusunan Laporan Tugas Akhir

Tahapan akhir dari penelitian adalah penyusunan laporan. Hasil penelitian disusun dan dilaporkan secara sistematis sesuai dengan aturan penulisan yang terdapat di buku putih skripsi yang telah ditetapkan oleh Departemen Teknik Pertambangan, Universitas Hasanuddin.

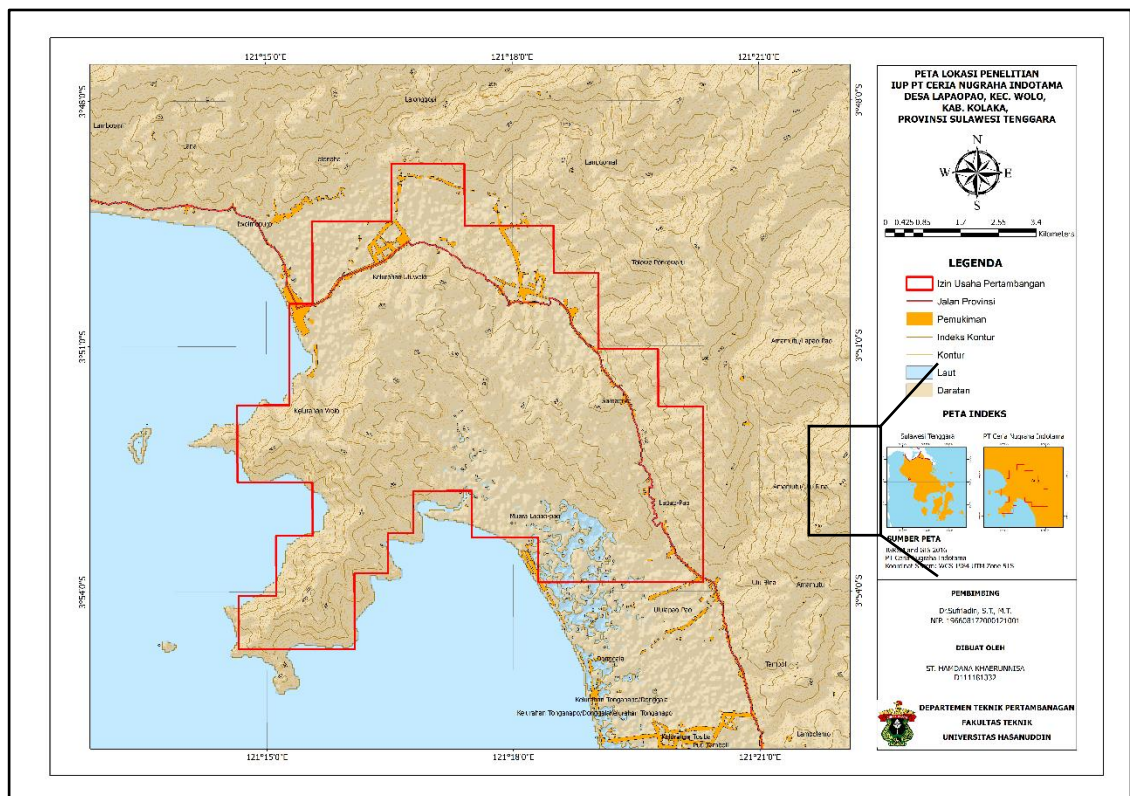
6. Seminar dan Penyerahan Laporan

Laporan tugas akhir kemudian dipresentasikan dalam seminar hasil dan ujian siding. Kerangka dan hasil penelitian dipaparkan di hadapan dosen pembimbing,

dosen penguji serta mahasiswa peserta seminar. Saran dan masukan didapatkan dari audiens untuk perbaikan laporan tugas akhir.

1.6 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di PT. Ceria Nugraha Indotama yang terletak di Kecamatan Wolo, Kabupaten Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara. Lokasi penelitian dapat ditempuh melalui jalur udara maupun laut. Perjalanan dari Makassar menuju lokasi penelitian ditempuh menggunakan transportasi darat kemudian dilanjutkan dengan transportasi laut. Perjalanan ditempuh melalui jalur darat dengan kendaraan pribadi ke Bajoe, Bone selama \pm 4 jam, kemudian dilanjutkan dengan transportasi laut menggunakan Kapal Ferry ke Kolaka selama \pm 8 jam. Dari Kolaka, perjalanan dilanjutkan selama \pm 1,5 jam ke lokasi proyek.



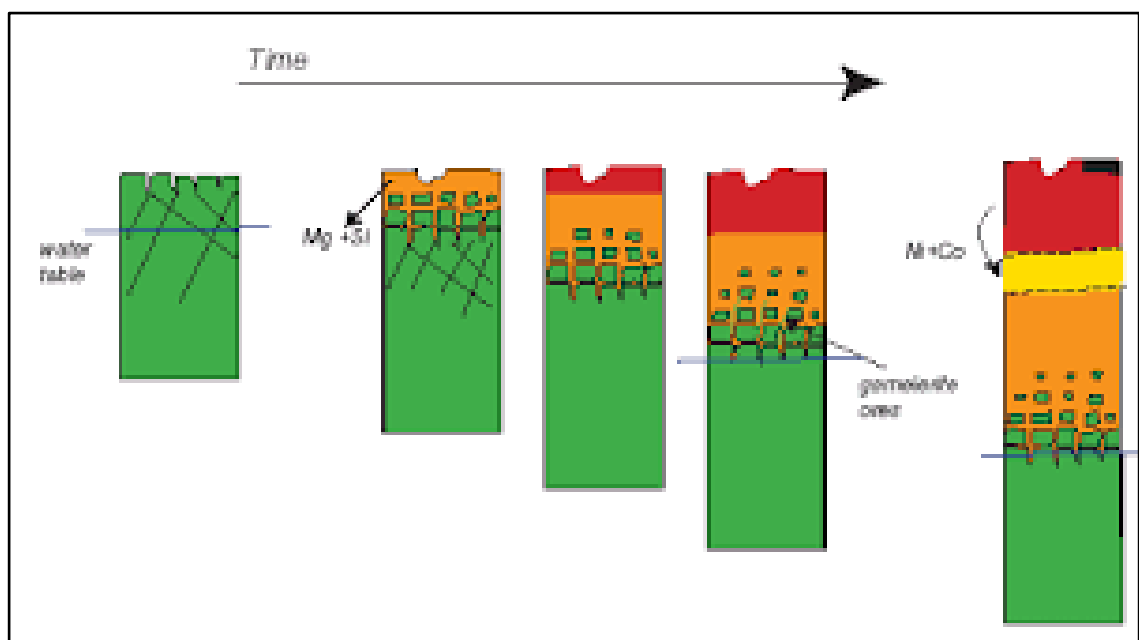
Gambar 1.1 Peta IUP PT. Ceria Nugraha Indotama

BAB II

ANALISIS PERBANDINGAN KADAR BIJIH NIKEL LATERIT

2.1 Genesis Endapan Nikel Laterit

Laterit merupakan produk sisa pelapukan kimia dari batuan di permukaan bumi, di mana berbagai mineral asli atau primer tidak stabil dengan adanya air, sehingga mineral tersebut larut atau rusak dan mineral baru yang lebih stabil terhadap lingkungan terbentuk. Laterit penting sebagai tuan rumah bagi endapan bijih ekonomi, karena interaksi kimia yang dalam beberapa kasus sangat efisien dalam mengonsentrasikan beberapa elemen. Contoh terkenal dari deposit bijih laterit yang penting adalah aluminium bauksit dan endapan bijih besi yang diperkaya, tetapi contoh yang kurang dikenal termasuk endapan emas laterit (misalnya Boddington di Australia Barat) (Evans, 1993). Pembentukan endapan nikel dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Pembentukan endapan nikel (Kadariusman, 2004).

Nikel laterit adalah produk lateritisasi batuan kaya Mg atau ultramafik yang memiliki kandungan Ni primer 0,2 – 0,4 % (Golightly, 1981). Batuan seperti ini umumnya dunit, harzburgit dan peridotit yang berada di kompleks ofiolit, dan lapisan batuan intrusi mafik-ultramafik dalam pengaturan platform kratonik (Brand et al, 1998). Proses lateritisasi menghasilkan konsentrasi dengan faktor 3 hingga 30 kali kandungan nikel dan kobal dari batuan induk. Proses dan karakter laterit yang dihasilkan dikendalikan pada skala regional dan lokal oleh faktor-faktor dinamis seperti iklim, topografi, tektonik, tipe dan struktur batuan primer (Elias, 2002). Faktor-faktor yang mempengaruhi pembentukan bijih laterit nikel adalah sebagai berikut (Ahmad, 2006):

1. Batuan asal, batuan asal untuk terbentuknya endapan nikel laterit adalah batuan ultra basa, dimana terdapat elemen Ni pada *olivine* dan piroksen.
2. Struktur yang umum dijumpai pada zona nikel laterit adalah struktur kekar (*joint*).
3. Iklim, pergantian musim kemarau dan musim penghujan dimana terjadi kenaikan dan penurunan permukaan air tanah juga dapat menyebabkan terjadinya proses pemisahan dan akumulasi unsur-unsur.
4. Proses pelarutan kimia dan vegetasi, adalah unsur-unsur dan senyawa-senyawa yang membantu mempercepat proses pelapukan batua menjadi *soil*. Air tanah yang mengandung CO₂ memegang peranan penting di dalam proses pelapukan kimia.
5. Topografi, yang landai, akan memiliki kesempatan untuk mengadakan penerobosan lebih dalam melalui rekahan-rekahan atau pori-pori batuan.
6. Waktu yang cukup lama akan mengakibatkan pelapukan yang cukup intensif karena akumulasi unsur nikel cukup tinggi. Waktu laterisasi tiap ketebalan 1 mm membutuhkan waktu sekitar 100 tahun.

Proses laterisasi berawal dari infiltrasi air hujan yang bersifat asam yang masuk ke dalam zona retakan, kemudian melarutkan mineral-mineral yang mudah larut pada batuan dasar. Mineral dengan berat jenis yang tinggi akan tertinggal di permukaan membentuk pengkayaan residual, sedangkan mineral yang mudah larut akan turun ke bawah membentuk zona akumulasi dengan pengayaan supergen (Asy'ari et al., 2013).

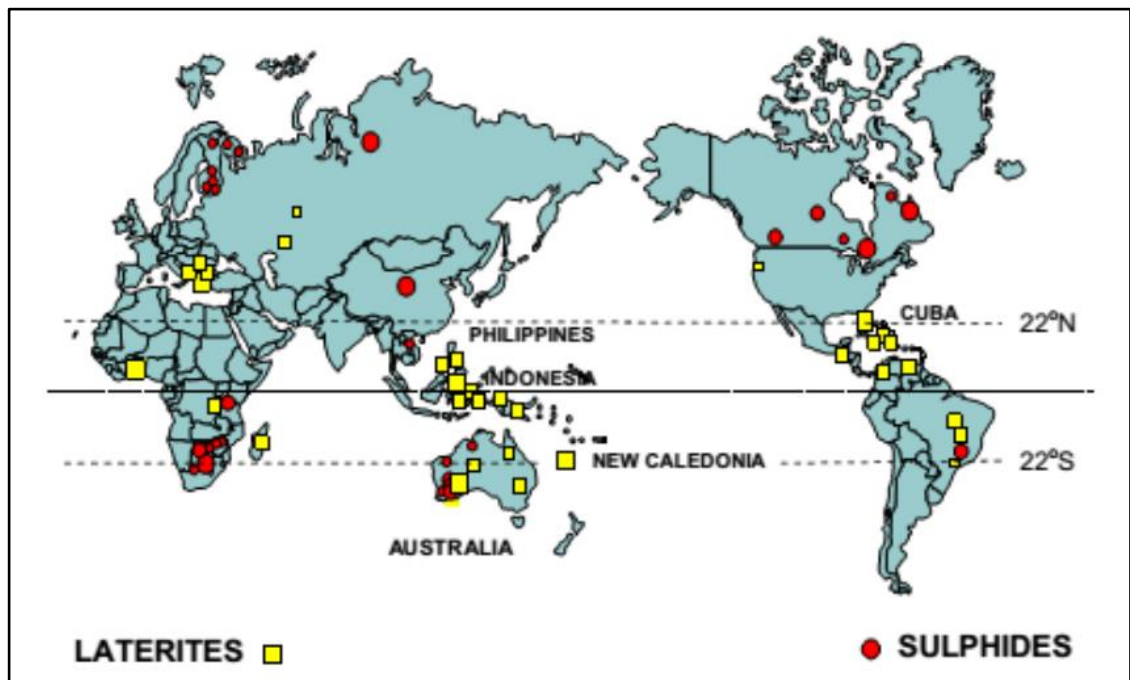
2.2 Nikel

Nikel merupakan unsur kimia logam dengan nomor atom 28 dan berat atom 58,6934. Nikel merupakan logam fasa padat dengan massa jenis sekitar 8,902 g/cm³ pada suhu 19,85 °C serta konduktivitas elektrik sebesar 22 %. Titik lebur nikel berada pada suhu 1453 °C dan setelah melebur akan berubah menjadi fasa cair dengan titik didih sebesar 2732 °C. Struktur kristal dari mineral nikel adalah kubus berpusat muka dengan kekerasan 3,8 Mohs (Hannis & Bide, 2009).

Nikel merupakan salah satu logam utama industri yang paling serbaguna dan penting (Davis, 2000). Nikel banyak digunakan dalam ratusan ribu produk untuk konsumen, industri, militer, transportasi, luar angkasa, laut dan aplikasi arsitektur. Sifat fisik dan kimianya yang luar biasa membuat nikel sangat penting dalam banyak produk akhir. Sifat fisik dan kimia unik nikel adalah memiliki titik lebur yang tinggi, tahan akan korosi dan oksidasi, *tenacity very ductile*, magnetis di suhu ruangan, dapat disimpan dengan *electroplating*, bisa jadi katalis dalam reaksi kimia, serta dapat didaur ulang.

Nikel terdapat pada dua tipe endapan yang berbeda yaitu endapan nikel sulfida dan endapan nikel laterit. Endapan nikel sulfida masuk ke dalam kelas endapan magma mafik dengan 4 sub tipe endapan yaitu *Sudbury*, *Flood basalt association*, *Ultramafic volcanic association*, dan *Other mafic and ultramafic intrusive associations*. Endapan nikel laterit masuk ke dalam kelas bijih terkait pelapukan dengan tipe laterit serta sub

tipe nikel (kobalt) laterit (Darling, 2011). Persebaran endapan nikel untuk kedua tipe dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Persebaran Endapan Nikel di Dunia (Elias, 2002)

Cebakan nikel laterit merupakan produk pelapukan batuan basa-ultrabasa dan mengandung kadar nikel yang ekonomis untuk dieksploitasi. Batuan dasar nikel laterit, secara umum terdiri dari kelompok peridotit-dunit kompleks ofiolit dan/atau batuan basa-ultrabasa hasil intrusi komatiit dengan kadar nikel berkisar antara 0,2 – 0,4 % Ni (Elias, 2002; Golightly & Paul, 1981).

Secara umum, profil penampang nikel laterit dapat dibagi menjadi tiga zona utama, yaitu batuan dasar yang berada di bagian bawah dan tersusun dari batuan basa-ultrabasa segar. Zona saprolit berkembang di atas batuan dasar dan tersusun dari fragmen-fragmen batuan dasar serta mineral Mg silikat yang kaya akan nikel. Selanjutnya, terbentuk lapisan limonit yang didominasi oleh mineral oksida besi dan manga, seperti goetit dan asbolan (Brand, 1998; Freyssinet, Butt, Morris, & Piantone, 2005).

2.3 Tipe – Tipe Bijih Nikel Laterit

Secara mineralogi, nikel laterit dapat dibagi dalam tiga kategori yaitu (Brand et al, 1998):

2.3.1 *Hydrous silicate deposits*

Pada endapan tipe *Hydrous Silicate* bagian bawah zona saprolit (horizon bijih) didominasi oleh mineral-mineral hydrous Mg-Ni silikat setempat pada zona saprolit, urat-urat halus atau *box-work* dapat terbentuk. Rekahan dan batas-batas antar butir dapat terisi oleh mineral silikat dan mineral yang kaya dengan nikel. Sebagai contoh garnierit dapat memiliki kandungan nikel sampai dengan 40 %. Nikel akan mengalami pelindian dan limonit pada fase *Fe-oxyhidroxide* akan bergerak turun ke bawah sebelum terendapkan kembali sebagai *Hydrous Silicate* mineral atau menggantikan dalam ubahan serpentinit. Pengkayaan Ni melalui proses supergen ini sangat penting untuk pembentukan endapan *Hydrous Silicate* pada kadar yang ekonomis. Pada endapan tipe *Hydrous Silicate*, posisi muka air tanah relatif dalam, kondisi ini menyebabkan infiltrasi air yang dalam sehingga nikel lebih banyak terakumulasi pada zona saprolit bagian bawah.

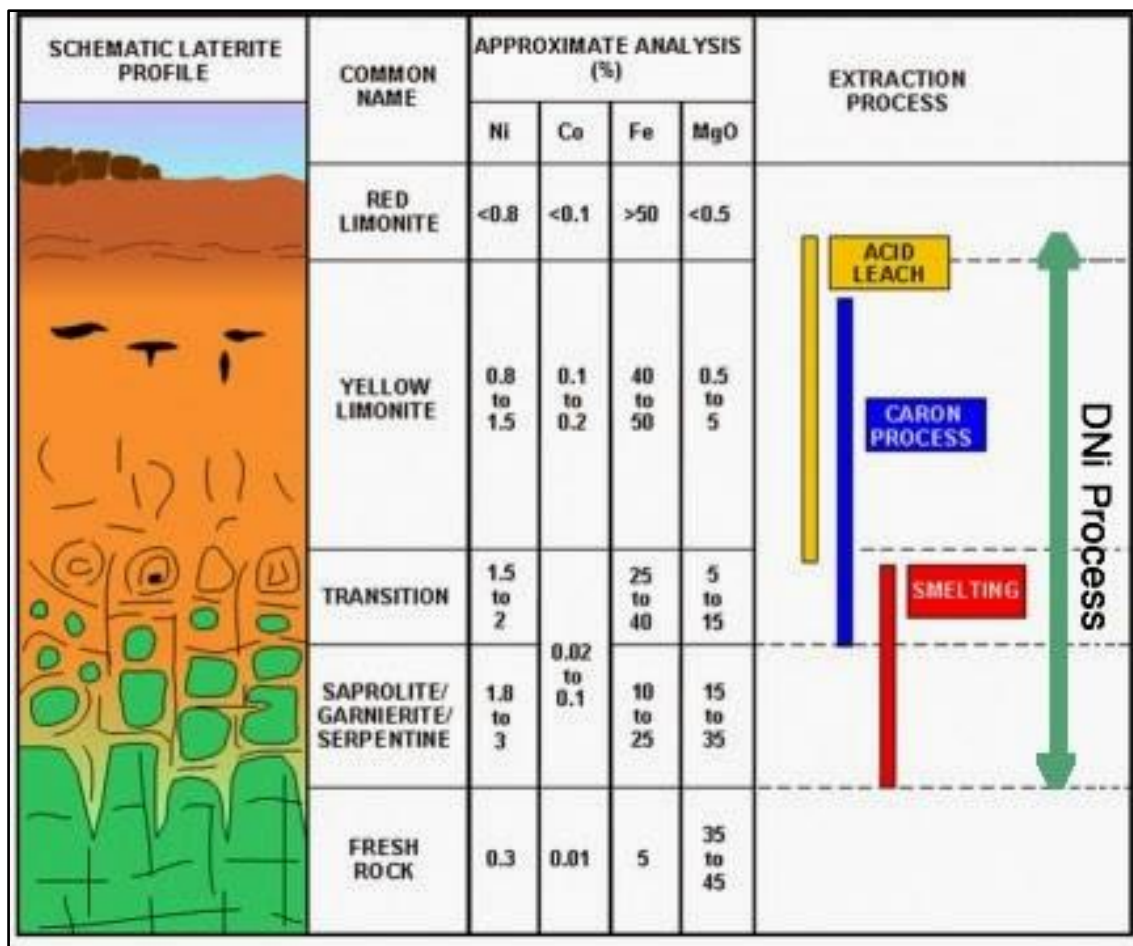
2.3.2 *Clay silicate deposits*

Silika (Si) dari profil laterit, hanya sebagian yang terlindungi oleh air tanah. Silika yang tersisa bersama-sama dengan Fe, Ni, dan Al membentuk mineral lempung seperti *Ni-rich nontronite* pada bagian tengah sampai dengan bagian atas zona saprolit. Serpentin yang kaya dengan nikel juga bisa digantikan (teraltrasi) oleh smektit pada bagian yang kontak dengan air tanah sehingga larutan-larutan yang terbentuk menjadi jenuh dengan mineral-mineral lempung. Secara umum, kadar nikel rata-rata pada tipe endapan ini lebih rendah dibandingkan dengan tipe *Hydrous Silicate*. Pada endapan tipe *clay deposit*, posisi muka air tanah awal relatif lebih dangkal dan drainase terhambat, kondisi ini

menyebabkan lapisan limonit lebih sering terendam air sehingga terbentuk lapisan lempung dan akumulasi Ni pada lapisan lempung tersebut.

2.3.3 Oxide deposits

Oxide deposit dikenal juga dengan nama endapan limonit, dimana nikel berasosiasi dengan Fe-*oxyhydroxide*, dengan mineral utama geotit. Kadang-kadang juga kaya dengan oksida Mn yang kaya dengan Co. Kadar Ni rata-rata pada tipe endapan ini lebih rendah 1,0 – 1,6 %, sehingga memiliki nilai ekonomis yang kurang baik. Pada endapan tipe *oxide deposit* posisi muka air tanah awal relatif dangkal dan drainasenya tidak terhambat (infiltrasi air lancar) sehingga Ni lebih banyak terakumulasi pada zona limonit sampai saprolit bagian atas.



Gambar 2.3 Profil cebakan nikel laterit (Brand et al, 1998 dalam Oxley & Barcza, 2013).

Cebakan nikel laterit biasanya merupakan kombinasi dari ketiga tipe di atas dan cebakan oksida merupakan tipe yang selalu ada pada semua profil nikel laterit, kecuali jika cebakan tersebut sudah tererosi (Freyssinet et al., 2005). Cebakan nikel laterit yang berkembang di Indonesia biasanya merupakan gabungan antara tipe cebakan oksida dan *hydrous Mg silicate*, dimana tipe oksida lebih dikenal sebagai lapisan limonit (Prasetyo, 2016). Faktor-faktor yang mempengaruhi pembentukan cebakan nikel laterit menurut Butt dan Cluzel (2013) adalah litologi batuan dasar, tatanan tektonik, struktur geologi, umur pelapulan, iklim dan kondisi geomorfologi.

2.4 Nikel dan Kegunaannya

Beberapa kegunaan nikel adalah sebagai berikut (Bide *et al.*, 2008, Davis, 2000):

2.4.1 *Stainless steel*

Konsumsi nikel negara Amerika Serikat untuk *stainless steel* adalah sebesar 41,89 % (Mcrae, 2018). Nikel digunakan dalam baja untuk meningkatkan kekuatan, ketangguhan dan kemampuan untuk mengeras. Struktur baja karbon berubah pada proses pendinginan dari *austenitic* (larutan besi dan paduan yang padat elemen) ke campuran ferit dan sementit. Dalam jumlah yang cukup nikel dapat menstabilkan struktur *austenitic*. Meningkatkan kandungan nikel dalam baja kromium 18 % menjadi sekitar 8 % hingga 10 % mengurangi resistensi terhadap retak korosi tegang (*Stress-Corrosion Creck*) dan menghasilkan kelas yang sangat penting dari baja yang tahan korosi dan panas. Baja tersebut memiliki keelastisan yang tinggi, menurunkan tegangan hasil, dan memiliki kekuatan yang lebih tinggi pada suhu rendah maupun tinggi daripada baja karbon biasa sehingga cocok digunakan di lingkungan yang kurang bersahabat seperti pada industri laut, kimia, dan hidrokarbon (Davis, 2000).

Penggunaan terbesar nikel adalah baja tahan karat yang digunakan untuk berbagai macam tujuan. Karena mudah dibersihkan dan tahan korosi, ini biasa digunakan dalam peralatan makan, persiapan makanan, wastafel dan peralatan medis. Ini juga sering digunakan untuk aplikasi mekanis, seperti kelongsong untuk pipa dan katup, dan juga untuk transportasi, pemrosesan kimia dan industri konstruksi (Bide et al., 2008).

2.4.2 *Other Steel Alloys*

Konsumsi nikel negara Amerika Serikat untuk *other steel alloys* adalah sebesar 15,07 % (Mcrae, 2018). Nikel merupakan tambahan penting untuk besi cor yang meningkatkan kekerasan, kelenturan dan keerasan bijinya. Paduan nikel-besi juga memiliki karakteristik pemuai rendah yang sangat berguna yang membuat mereka cocok untuk penyimpanan gas cair di mana suhu rendah diperlukan. Ini adalah aplikasi yang berkembang pesat karena ketergantungan Inggris yang meningkat pada impor gas alam (Bide et al., 2008).

2.4.3 *Non-Ferrous Alloys*

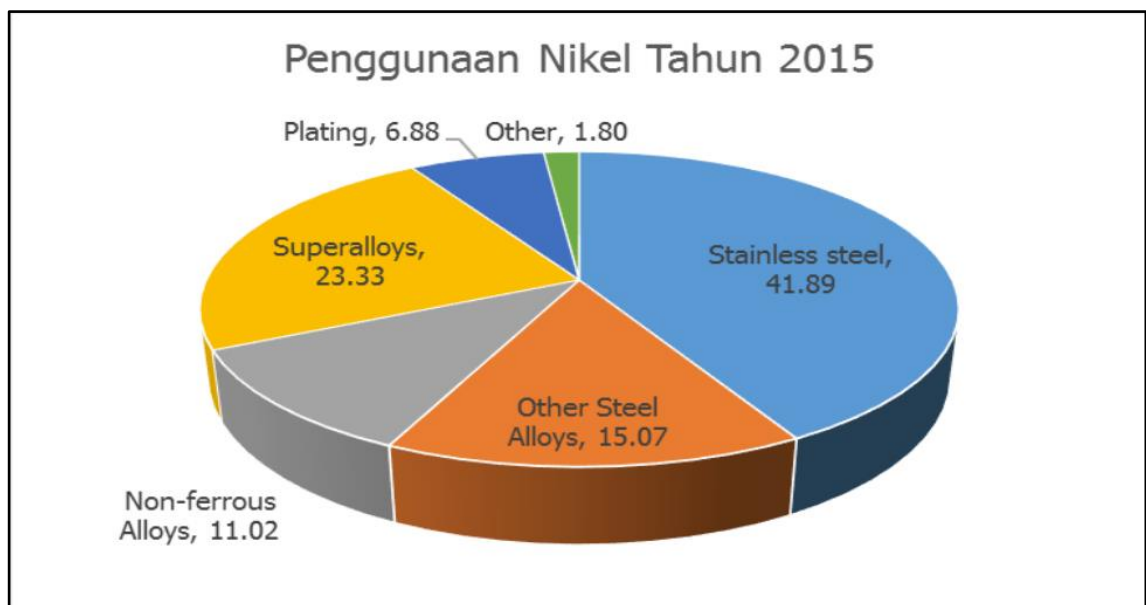
Konsumsi nikel negara Amerika Serikat untuk *non-ferrous alloys* adalah sebesar 11,02 % (Mcrae, 2018). Paduan yang paling umum dari *non-ferrous alloys* adalah *cupronickels*, sebuah paduan antara nikel dan tembaga yang digunakan secara luas dalam koin karena tahan terhadap korosi. *Cupronickels* dengan kandungan nikel 10 – 30 % telah lama dikenal akan ketahanannya terhadap air laut dan potensial elektrodanya juga dapat disesuaikan sehingga stabil di air laut sehingga dapat digunakan untuk aplikasi laut, khususnya di bidang tabung penukar panas, kondensor, pipa air asin, dan lain sebagainya (Davis, 2000).

Paduan memori nikel-titanium adalah contoh dari *non-ferrous alloys modern* yang berguna dalam aplikasi khusus. Paduan ini dapat kembali ke bentuk aslinya tanpa mengalami deformasi plastik di bawah tekanan. Salah satu kegunaannya yang paling

terkenal adalah dalam bingkai kaca. Area pengembangan lain yang digunakan untuk *non-ferrous alloys* adalah baterai. Baterai isi ulang *Nickelcadmium* sudah dikenal luas, tetapi baterai hidrida logam-nikel *modern*, menggunakan paduan tanah langka-nikel, telah dikembangkan dengan kapasitas untuk menyimpan hidrogen. Ini digunakan dalam berbagai perangkat seperti komputer portabel dan alat-alat listrik tanpa kabel (Bide et al., 2008).

2.4.4 *Super Alloys*

Konsumsi nikel negara Amerika Serikat untuk *super alloys* adalah sebesar 23,33 % (Mcrae, 2018). *Superalloys* adalah paduan nikel, besi-nikel, dan kobalt-*base* yang umumnya digunakan pada suhu di atas sekitar 540 °C. Mereka memiliki struktur Kristal kubik berpusat wajah (fcc, *austenitic*). Besi, kobalt, dan nikel adalah logam transisi dengan posisi berturut-turut dalam tabel periodik elemen. *Superalloy* dasar besi nikel adalah perpanjangan dari teknologi *stainless steel* dan umumnya tempa, sedangkan *superalloy* kobalt dan nikel dapat ditempa atau dicampur, tergantung pada aplikasi atau komposisi yang dibutuhkan (Davis, 2000). Konsumsi nikel negara Amerika Serikat dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Penggunaan Nikel Amerika Serikat tahun 2015 (Mcrae, 2018)

Superalloy telah digunakan dalam berbagai bentuk. Lembaran, batangan, plat, pipa, tiang, airfoil, Piringan, dan bejana tekan adalah beberapa bentuk yang telah diproduksi. *Superalloy* merupakan paduan khusus vital untuk aplikasi pembangkit listrik, kedirgantaraan dan militer, dan terutama untuk produksi turbin. Logam ini telah digunakan dalam turbin pesawat terbang, industri, dan gas laut, reaktor nuklir, kulit pesawat terbang, struktur pesawat ruang angkasa, produksi petrokimia, protesa ortopedi dan gigi, dan aplikasi perlindungan lingkungan. Meski dikembangkan untuk penggunaan pada suhu tinggi, beberapa digunakan pada suhu *cryogenic* dan lainnya pada suhu tubuh. Aplikasi penggunaannya terus berkembang, tetapi pada tingkat yang lebih rendah daripada di dekade sebelumnya. Berdasarkan *volume* penggunaannya maka sektor kedirgantaraan tetap menjadi aplikasi utama penggunaan *superalloy* ini (Davis, 2000).

2.4.5 *Plating*

Konsumsi nikel negara Amerika Serikat untuk *plating* adalah sebesar 6,88 % (Mcrae, 2018). Dalam *plating*, nikel diaplikasikan dalam lapisan tipis menggunakan elektrolisis atau dari suatu larutan tanpa menggunakan arus listrik (tanpa aliran listrik). Ini memiliki aplikasi luas dalam ketahanan korosi (penting untuk peralatan medis dan bahan konstruksi). *Hard disk* komputer bergantung pada pelapisan nikel tanpa listrik sebagai pelapis memberikan basis *non-magnetik* seragam yang stabil untuk lapisan perekaman magnetik. Penggunaan penting lainnya adalah pemasangan *electroplating* nikel dari master CD dan DVD. CD dibuat menggunakan cetakan nikel *electroformed*. *Electroforming* adalah proses pelapisan nikel untuk replikasi akurat dari bentuk dan permukaan yang kompleks (Bide et al., 2008).

2.5 Tahapan Pengendalian Kualitas Kadar Bijih Nikel Laterit Pada Kegiatan Penambangan

Pengendalian kualitas kadar bijih nikel laterit pada kegiatan penambangan dimulai dari tahapan pengambilan sampel (*sampling*), preparasi, hingga tahapan analisis laboratorium.

2.5.1 Pengambilan Sampel (*Sampling*)

a) Pengambilan sampel *face production*

Sampel *face production* adalah sampel produksi yang diambil pada saat loading *ore* ke *dump truck*. Pengambilan sampel *face production* bertujuan untuk memonitor dan mengontrol kualitas *ore* yang sedang ditambang. Pengambilan sampel dilakukan di 3 titik di *bucket* dengan menggunakan sekop 125D tiap interval 5 DT. Adapun prosedur pengambilan sampel *face production* adalah sebagai berikut:

1. Beri isyarat / kontak mata dengan operator dozer dan backhoe sebelum mengambil sampel agar posisi sampel dan titik pengambilan sampel diketahui oleh operator.
2. Komunikasikan dengan operator agar mengamburkan ROM (*Run of Mine*) dari lokasi aktif *mining*, kemudian posisikan *bucket backhoe* dengan posisi yang aman dan tidak bergerak (diam di tempat).
3. Pastikan isi *bucket* tidak terlalu penuh untuk menghindari terkena jatuhnya tanah/batu ketika sedang melakukan pengambilan sampel pada *bucket* tersebut.
4. Komunikasikan dengan operator agar posisi *bucket* ditempatkan di tempat yang aman dengan memutar *bucket* sekitar 180°, sehingga ketika

sampler mengambil sampel pada bucket tidak pada posisi membelakangi tebing.

5. Gunakan kacamata dan sarung tangan ketika mengambil sampel dan tahapan pengerjaan sampel berikutnya.
6. Ambil sampel dari 3 titik (sisi kiri, sisi kanan dan bagian depan) pada *bucket* dengan sekop 125D. Pastikan material proporsional antara *soft* dan *rock* sehingga mewakili informasi daerah yang sedang proses *mining*.
7. Pengambilan sampel dilakukan setiap interval 5 *dump truck* (1,5,10,15, dst) untuk 1 nomor sampel.

b) Pengambilan sampel *dome*

Sampel *dome* adalah sampel yang diambil tumpukan *raw material ore*/bahan hasil tambang yang berbentuk kubah (*dome*). Pengambilan sampel *dome* bertujuan untuk mengetahui dan mengontrol kualitas *ore* yang diproduksi sebelum proses *barging*. Adapun prosedur pengambilan sampel *dome* adalah sebagai berikut:

1. Pengambilan sampel dilakukan setelah semua material yang diangkut DT telah diturunkan/ditumpahkan dan DT telah pergi.
2. Beri isyarat / kontak mata dengan operator *excavator* sebelum mengambil sampel agar posisi *sampler* dan titik pengambilan sampel diketahui oleh operator.
3. Setelah DT menurunkan muatan (*dumping*), lakukan pengambilan sampel pada 2 sisi yang saling berhadapan pada 1/3 tinggi tumpukan.
4. Dengan menggunakan *scoop* 100D dan sekop sampel hingga diperoleh total berat ± 15 kg. Pastikan material yang diambil proporsional antara *soft* dan *rock* sehingga dapat mewakili material secara keseluruhan.

5. Pengambilan sampel dilakukan dengan interval 1 DT (1 s/d 20) untuk dijadikan 1 nomor ID sampel (1 subplot).
6. Sampel yang diperoleh dari 2 DT kemudian digabungkan dalam 1 karung sampel. Masukkan sampel ke dalam karung sampel. Dengan demikian, 1 subplot yang terdiri dari 20 DT akan diperoleh 10 karung sampel. Beri kode subplot sampel (A, B, C, dst).
7. Ulangi langkah 3 – 5 untuk subplot sampel berikutnya hingga 1 tumpukan *Stockpile*.

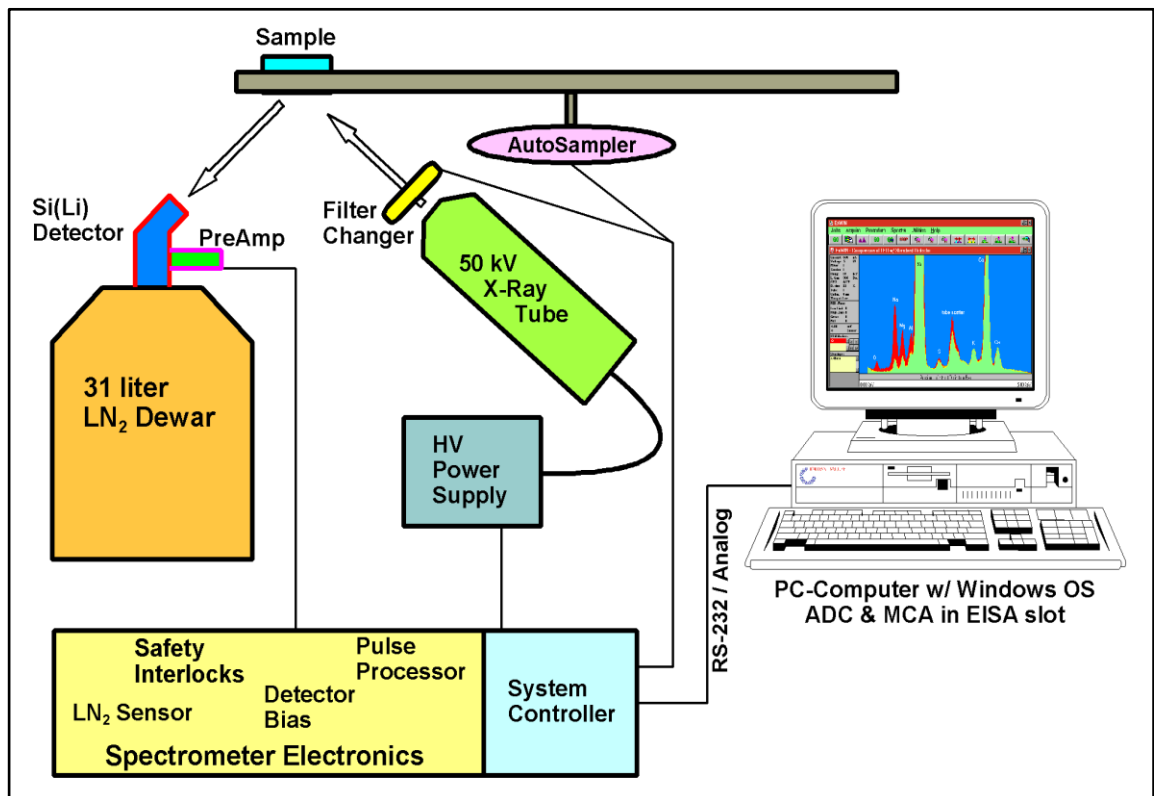
2.5.2 Preparasi

Preparasi sampel merupakan rangkaian kegiatan dalam mempersiapkan sampel untuk dianalisis dengan metode yang disesuaikan dengan keadaan sampel dan kepentingan sampel tersebut. Pada kegiatan kerja praktik ini menggunakan metode MRAL (*Mining Rush Assay Lab*) yaitu proses preparasi dan analisis sampel secara cepat karena hasil nilai kadarnya akan menentukan material tambang tersebut sesuai *cut of grade* atau tidak dan akan menjadi pertimbangan *grade control* untuk melakukan penambangan secara selektif.

Preparasi sampel terdiri dari dua tahap yaitu preparasi sampel basah dan preparasi sampel kering. Preparasi sampel basah merupakan proses persiapan sampel untuk menghilangkan kadar airnya sehingga dapat memudahkan proses preparasi kering, secara sederhana proses preparasi basah merupakan proses pereduksian dan pengadukan sebelum dilakukan pengeringan material sampel pada oven. Sedangkan preparasi kering merupakan proses persiapan sampel untuk mereduksi ukuran material sampel hingga homogen dengan ukuran 200 *mesh* agar dapat dilakukan analisis kadar pada material sampel.

2.5.3 Analisis Laboratorium

Metode analisis yang biasa digunakan untuk pengendalian kualitas bijih nikel laterit yaitu dengan XRF. *X-ray fluorescence* (XRF) spektrometer adalah suatu alat *x-ray* digunakan yang relatif *non-destruktif* dalam analisis kimia batuan, mineral, sedimen dan cairan. XRF bekerja pada panjang gelombang-dispersif spektroskopi prinsip yang mirip dengan *microprobe* elektron. Namun, XRF umumnya tidak dapat membuat analisis di spot ukuran kecil khas pekerjaan EPMA (2-5 mikron), sehingga biasanya digunakan untuk analisis sebagian besar fraksi lebih besar dari bahan geologi. Biaya yang murah dan persiapan sampel yang tidak terlalu rumit, dan penggunaan *x-ray* spektrometer yang mudah membuat salah metode XRF paling banyak digunakan untuk analisis unsur utama dan jejak di batuan, mineral, dan sedimen (Rollinson, 1993). Skema kerja alat XRF dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Skema kerja alat XRF (Fitton, 1997).

Prinsip Kerja XRF Metode XRF tergantung pada prinsip-prinsip dasar yang umum untuk beberapa metode instrumen lain yang melibatkan interaksi antara berkas elektron dan sinar-x dengan sampel, termasuk *X-rays* spektroskopi (misalnya, SEM - EDS), difraksi sinar-X (XRD), dan panjang gelombang dispersif spektroskopi (*microprobe* WDS).

Analisis unsur-unsur utama dan jejak dalam bahan geologi oleh *X-Ray Fluorescence* dimungkinkan oleh perilaku atom ketika mereka berinteraksi dengan radiasi. Ketika bahan-bahan yang gembira dengan energi tinggi, radiasi panjang gelombang pendek (misalnya, sinar-X), mereka bisa menjadi terionisasi. Jika energi radiasi yang cukup untuk mengeluarkan sebuah elektron dalam rapat diadakan, atom menjadi tidak stabil dan sebuah elektron terluar menggantikan elektron batin yang hilang. Ketika ini terjadi, energi dilepaskan karena energi yang mengikat penurunan orbital elektron dalam dibandingkan dengan yang luar. Radiasi yang dipancarkan adalah energi yang lebih rendah dari insiden utama sinar-X dan disebut radiasi neon. Karena energi dari foton yang dipancarkan adalah karakteristik transisi antara orbital elektron yang spesifik dalam elemen tertentu, neon dihasilkan sinar-X dapat digunakan untuk mendeteksi kelimpahan unsur-unsur yang hadir dalam sampel (Fitton, 1997).