

Analysis Of Laterite Nickel Ore Quality Control Using X-Ray Fluorescence Method

Analisis Pengendalian Kualitas Biji Nikel Laterit Dengan Menggunakan Metode X-Ray Fluorescence

Nurhikmah Wahab^{a,1,*}, Irawati Ramli^{a,2}, Husain Azis^{a,3}

^a Program Studi Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Teknologi Sulawesi , Jl Talasalapang No 51A, Makassar, 90222, Indonesia

¹nurhikmahwahab05@gmail.com*; ²irawatiramli89@gmail.com; ³husainazis@gmail.com

* corresponding author

ARTICLE INFO

Article history

Received : June 25, 2024

Revised : July 10, 2024

Accepted : July 20, 2024

Published : August 15, 2024

ABSTRAK/ABSTRACT

Nikel laterit merupakan material yang berasal dari *regolith* (lapisan yang merupakan hasil pelapukan batuan yang menyelimuti suatu batuan dasar) yang berasal dari batuan ultrabasa yang mengandung unsur Ni, Mg, Fe dan Co. Sekira 72% cadangan nikel dunia merupakan nikel laterit dan baru 42% dari cadangan tersebut yang diproduksi. Dari data tersebut, salah satu negara pemasok nikel laterit terbesar adalah Indonesia. Penambangan bijih nikel laterit telah banyak beroperasi di daerah Sulawesi, khususnya di PT Tonia Mitra Sejahtera, Kabupaten Bombana, Provinsi Sulawesi Tenggara. Salah satu masalah yang dialami dalam proses penambangan bijih nikel laterit di PT Tonia Mitra Sejahtera adalah kadar bijih pada endapan nikel laterit yang bervariasi sehingga akan sangat mempengaruhi kualitas bijih yang diproduksi. Kerja praktik ini bertujuan untuk mengetahui kegiatan dalam pengendalian kualitas bijih nikel laterit dalam proses kegiatan penambangan PT Tonia Mitra Sejahtera khususnya pada Pit Daniati (zona saprolit) agar kualitas dan kadar bijih yang diproduksi akan terus terjaga. Metode pengumpulan data yang digunakan untuk penelitian pada kerja praktik ini terdiri dari tiga jenis, yaitu kegiatan observasi, kegiatan wawancara dan pengambilan data dari dokumen perusahaan, yang berupa hasil analisis kadar bijih. Berdasarkan hasil analisis sampel *mining* dan sampel produksi, menunjukkan bahwa untuk kadar rata-rata Ni, Fe, Co, MgO ,dan SiO₂ sampel *mining* pada Pit Daniati (zona saprolit) berturut-turut 1,95%, 14,81%, 0,04%, 18,03%, 35,12% dan untuk sampel produksi pada Pit Daniati (zona saprolit) berturut-turut 1,91%, 14,98%, 0,04%, 17,66%, 34,47%. Perubahan kadar yang terjadi berturut-turut 2,15%, 1,15%, 5,867%, 2,04%, 1,85%. Faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan kadar bijih nikel laterit tersebut diantaranya operasi kegiatan penambangan, proses pengambilan sampel, perawatan ore di stockpile, dan proses preparasi sampel.

Kata Kunci: Nikel laterit; Bombana; Saprolit; Kadar; Kualitas

Keywords: Nickel laterite; Bombana; Saprolite; Rate; Quality

Nickel laterite is a material that comes from regolith (a layer that is the result of rock weathering that covers a base rock) which comes from ultrabasic rocks that contain the elements Ni, Mg, Fe and Co. Approximately 72% of world nickel reserves are laterite nickel and only 42% of these reserves have been produced. From this data, one of the largest nickel laterite suppliers is Indonesia. Laterite nickel ore mining has been widely operated in the Sulawesi area, especially at PT Tonia Mitra Sejahtera, Bombana Regency, Southeast Sulawesi Province. One of the problems experienced in the laterite nickel ore mining process at PT Tonia Mitra Sejahtera is that the ore content in the laterite nickel deposits varies which will greatly affect the quality of the ore produced.



This practical work aims to determine activities in controlling the quality of laterite nickel ore in the mining process of PT Tonia Mitra Sejahtera, especially in the Daniati Pit (saprolite zone) so that the quality and grade of the ore produced will continue to be maintained. The data collection methods used for research on this practical work consist of three types, namely observation activities, interview activities and data collection from company documents, in the form of ore grade analysis results. Based on the results of analysis of mining samples and production samples, it shows that the average levels of Ni, Fe, Co, MgO, and SiO₂ mining samples in the Daniati Pit (saprolite zone) are respectively 1.95%, 14.81%, 0.04%, 18.03%, 35.12% and for production samples in the Daniati Pit (saprolite zone) respectively 1.91%, 14.98%, 0.04%, 17.66%, 34.47%. The changes in levels that occurred were 2.15%, 1.15%, 5.867%, 2.04%, 1.85%, respectively. Factors that influence changes in laterite nickel ore content include mining operations, the sampling process, ore treatment in the stockpile, and the sample preparation process.

1. Pendahuluan

Nikel laterit merupakan material yang berasal dari *regolith* (lapisan yang merupakan hasil pelapukan batuan yang menyelimuti suatu batuan dasar) yang berasal dari batuan ultrabasa yang mengandung unsur Ni, Mg, Fe dan Co. *Regolith* biasanya terbentuk melalui proses pelapukan fisik dan kimia yang intensif pada daerah dengan iklim tropis-subtropis. Proses pembentukan endapan nikel laterit dimulai dari pengendapan batuan induknya yaitu Peridotit yang memiliki komposisi berat nikel berkisar antara 0,2% - 0,4% [1]

Nikel laterit pada umumnya memiliki empat zona lapisan yaitu lapisan *redlimonit*, lapisan limonit, lapisan saprolit, dan lapisan *bedrock*. Kadar nikel terendah terdapat pada lapisan limonit, namun pada lapisan limonit mengandung unsur kobal dan besi yang tinggi. Kurangnya teknologi dalam pengolahan nikel kadar rendah, sehingga lapisan limonit sering dijadikan sebagai *overburden* dan juga dianggap sebagai pengotor. Potensi dari nikel kadar rendah, besi dan kobal yang dimiliki, seharusnya dapat diolah dengan baik salah satunya dengan cara pemilihan metode dalam pengolahannya sehingga dapat meningkatkan *recovery* [2].

Secara umum, kadar bijih nikel pada zona saprolit termasuk dalam kadar nikel tinggi ($\text{Ni} \geq 1,8\%$) sedangkan pada zona limonit termasuk dalam nikel kadar rendah ($\text{Ni} \leq 1,8\%$). Bijih Nikel berbeda dengan bahan tambang lainnya dikarenakan Bijih Nikel tidak dapat diketahui secara spontanitas dengan pengamatan mata biasa. Sehingga, diperlukan analisis lanjutan pada ruang khusus [3]. Sekitar 72% cadangan nikel dunia merupakan nikel laterit dan baru 42% dari cadangan tersebut yang diproduksi. Dari data tersebut, Salah satu negara pemasok nikel laterit terbesar adalah Indonesia [4]. Penambangan bijih nikel laterit telah banyak beroperasi, khususnya di PT Tonia Mitra Sejahtera, Kabupaten Bombana, Provinsi Sulawesi Tenggara. Pada PT Tonia Mitra Sejahtera, terdapat beberapa pit yang beroperasi diantaranya Pit Fulumea, Pit Daniati, dan Pit Lara.

Salah satu masalah yang dialami dalam proses penambangan bijih nikel laterit di PT Tonia Mitra Sejahtera adalah kadar bijih pada endapan nikel laterit yang bervariasi sehingga akan sangat mempengaruhi kualitas bijih yang diproduksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kegiatan dalam pengendalian kualitas bijih nikel laterit dalam proses kegiatan penambangan PT Tonia Mitra Sejahtera terkhusus pada Pit Daniati agar kualitas dan kadar bijih nikel laterit yang diproduksi akan terus terjaga dan Mengetahui pengaruh kedalaman kualitas bijih nikel laterit pada zona limonit dan saprolit dengan

menggunakan alat X-Ray Fluorescence (XRF) [5].

XRF merupakan alat yang digunakan untuk menganalisis komposisi kimia beserta konsentrasi unsur-unsur yang terkandung dalam suatu sample dengan menggunakan metode spektrometri. XRF umumnya dapat digunakan untuk menganalisa unsur dalam suatu mineral atau batuan. Analisis unsur dapat dilakukan secara kualitatif maupun kuantitatif. Analisis kualitatif dilakukan untuk menganalisis jenis unsur yang terkandung dalam bahan dan analisis kuantitatif dilakukan untuk menentukan konsentrasi unsur dalam suatu bahan [6]

Sinar X adalah sinar elektromagnetik yang meliputi daerah panjang gelombang antara $0,1 - 100 \text{ \AA}^{\circ}$ ($1 \text{ \AA}^{\circ} = 10-10 \text{ m} = 10-1 \text{ nm}$). Sinar X mempunyai panjang gelombang yang pendek serta frekuensinya yang lebih besar daripada sinar UV, *visible* dan IR, sehingga energinya pun jauh lebih besar. Metode XRF secara luas digunakan untuk menentukan komposisi unsur suatu material. Analisis menggunakan XRF dilakukan berdasarkan identifikasi dan pencacahan karakteristik sinar-X yang terjadi akibat efek fotolistrik. Efek fotolistrik terjadi karena *electron* dalam atom target pada sample terkena sinar berenergi tinggi (radiasi gamma, sinar-X) [7]

Pengamatan kegiatan penambangan PT Tonia Mitra Sejahtera dilakukan secara langsung dilapangan atau lokasi penambangan. Sistem penambangan yang diterapkan di wilayah IUP PT Tonia Mitra Sejahtera, merupakan sistem tambang terbuka dengan metode *open pit*. Sistem tambang terbuka adalah kegiatan penggalian *ore* yang para pekerjanya berhubungan langsung dengan udara luar dan iklim. Tambang terbuka (*open pit mining*) adalah metode penambangan untuk menggali mineral deposit yang ada pada suatu batuanyang berada atau dekat dengan permukaan (iwan setiawan). Metode ini cocok dipakai untuk bijih nikel laterit sehingga memungkinkan produksi tinggi dengan biaya rendah. Berikut merupakan kegiatan penambangan yang dilakukan di PT Tonia Mitra Sejahtera:

a. *Proses Land Clearing*

Land clearing adalah proses pembersihan lahan sebelum aktivitas penambangan dimulai. Pembersihan lahan dilakukan dengan tujuan untuk mempermudah pengupasan tanah penutup (*overburden*) dan pengambilan bijih nikel. Tahapan *land clearing* dilakukan dengan membersihkan semak-semak dan pepohonan hingga tidak ada lagi tumbuhan yang tersisa. Umumnya, kegiatan *land clearing* menggunakan alat *excavator* dan *bulldozer*. Pada PT Tonia Mitra Sejahtera, biasanya menggunakan *excavator* Volvo PC300 DL dan *bulldozer* Komatsu D85E [8]

b. *Stripping of Top Soil and Overburden*

Kegiatan *stripping* dimulai dengan mengupas dan memindahkan tanahpucuk (*top soil removal*). Kegiatan *stripping* dilakukan untuk memindahkan lapisan tanah atau batuan yang berada di atas bijih nikel agar bijih nikel tersebut menjadi tersingkap/*exposed*. *Top soil* (tanah pucuk) digali menggunakan alat berat *excavator* CAT 320, kemudian diangkut menuju lokasi khusus penimbunan yang disebut *bank soil* menggunakan *dump truck* Hino 500. Tanah pucuk ini kaya akan unsur hara sehingga diambil kembali dan dipergunakan untuk kegiatan reklamasi. Penggunaan *top soil* dalam tahap akhir penambangan sangat dibutuhkan untuk penanaman kembali daerah yang digunakan (revegetasi). *Overburden* (tanah penutup) digali menggunakan *excavator* CAT 320, kemudian diangkut menuju *waste dump* atau *disposal area* menggunakan *dump truck* Hino 500. Di PT Tonia Mitra Sejahtera, *overburden* biasanya digunakan untuk pembuatan jalan tambang. Pada kegiatan *stripping*, *section grade control* bertugas untuk mengawasi *ore* agar tidak ikut terambil bersama dengan material *overburden* [9].

c. *Ore Getting*

Dalam proses pengawasan *ore getting*, *section grade control* mengarahkan operator *excavator* untuk melakukan *selective mining* dengan cara memisahkan dan memilah *waste* agar tidak tercampur dengan *ore*. Tugas lain dari *section grade control* yaitu mengambil sampel *check* menggunakan metode *channel sampling* maupun *dome sampling* untuk menganalisa kadar *ore* yang akanditambang. Jika dari hasil analisis laboratorium menghasilkan kadar yang sesuai *cut of grade*, maka akan dilakukan proses *loading ore*.

d. Proses *Loading* (Pemuatan) dan Proses *Hauling* (Pengangkutan)

Pemuatan dan pengangkutan dilakukan untuk memindahkan material-material tambang seperti *overburden*, *top soil* dan bijih nikel. *Overburden* akan dipindahkan ke *waste dump* atau *disposal area*, semantara bijih nikel akan dipindahkan ke *stockpile*. Alat muat yang digunakan oleh PT Tonia Mitra Sejahtera dalam proses pemuatan bijih nikel laterit yaitu *excavator* Volvo EC 300 DL, *excavator* Komatsu PC 210, dan CAT 320, sedangkan alat muat yang digunakan yaitu *dump truck* Hino FM 500 dan *dump truck* Qwester. Pada proses pemuatan bijih nikel, *section grade control* mengawasi operator *excavator* agar tidak terjadi *salting* maupun *dilution*. Setelah proses pemuatan selesai, maka dilakukan proses pengangkutan bijih nikel laterit ke *stockpile* yang berjarak ± 1–2 Km [10].

e. Pengapalan (*barging*)

Pengapalan merupakan kegiatan yang dilakukan untuk memindahkan bijih nikel ke dalam kapal untuk dibawa ke pabrik pengolahan. Tahapan pengapalan dimulai dengan pemindahan bijih nikel laterit dari *stockpile* menuju pelabuhan (*jetty*) yang kemudian diangkut ke dalam tongkang. Proses ini disebut *barging*. Dalam proses pengangkutan, pihak *independent* (PT Anindya) melakukan pengambilan sampel *barging* pada pos sampel 2 yang kemudian hasil analisisnya menjadi acuan *buyer*. Setelah tongkang terisi penuh, selanjutnya bijih nikel akan dibawa menuju *mother vessel* yang kemudian diangkut ke pabrik pengolahan. Pada proses *barging*, *section grade control* dan QA/QC melakukan pengontrolan terhadap proses *blending* bijih nikel laterit agar kadarnya memenuhi permintaan *buyer*. (mubdiana arifin)

f. Reklamasi Tambang

Reklamasi lahan paska tambang merupakan usaha untuk memperbaiki kondisi lahan setelah aktivitas penambangan selesai. Tujuan dilakukannya reklamasi adalah untuk menghindari kemungkinan timbulnya potensi kerusakan lain seperti air asam tambang, penurunan daya dukung tanah, dan kerusakan lahan lebih luas. PT Tonia Mitra Sejahtera melakukan pembibitan pohon pada suatu lahan yang disebut dengan *nursery*, dan telah melakukan reklamasi terhadap beberapa lahan paska tambang.

2. Metode Penelitian

Material

Bahan yang digunakan dalam percobaan ini, yaitu Sampel Ore Nikel, Alkohol.

Instrumentasi

Alat yang digunakan dalam percobaan ini, yaitu sekop, matrix, oven, *jaw crusher*, *double roll splitter*, *pulverizer*, *press pellet*, *cup aluminium*, *X-Ray Epsilon 3*

Prosedur

Pengambilan Sampel Tambang

a. Pengambilan Sampel Tambang

Pengambilan sampel tambang dilakukan dengan tujuan untuk memastikan bahwa material yang akan/telah diambil pada *front* penambangan adalah material dengan kadar yang sesuai dengan *cut off grade*. Hasil dari sampel tambang akan menjadi acuan dalam mengelompokkan material yang telah diambil pada *front* penambangan berdasarkan kadarnya. Pengelompokan material pada PT Tonia Mitra Sejahtera berdasarkan kadarnya diuraikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi material berdasarkan kadar Ni (PT Tonia Mitra Sejahtera)

%Ni	%Fe	Keterangan
< 1,3		Waste
1,3 – 1,49	> 30	Zona Limonit
1,50 – 1,59	< 30	Low Grade Ore 1 (LGO 1)
1,6 – 1,69	< 30	Low Grade Ore 2 (LGO 2)
1,7 – 1,79	< 30	Medium Grade Ore 1 (MGO 1)
1,8 – 1,89	< 30	Medium Grade Ore 2 (MGO 2)
1,9 – 1,99	< 30	Hight Grade Ore 1 (HGO 1)
> 2,0	< 30	Hight Grade Ore 2 (HGO 2)

Pengambilan sampel tambang yang dilakukan oleh *section grade control* PT Tonia Mitra Sejahtera yaitu sampel *Selective Mining* (SM) yang bertujuan untuk mengetahui acuan kadar pada suatu material sebelum dihauling menjadi sampel produksi. Pengambilan sampel *selective mining* dilakukan setelah proses *ore getting*.

b. Pengambilan sampel produksi

Proses pengambilan sampel produksi dilakukan pada saat *dump truck* melakukan *hauling* bijih nikel laterit menuju *stockpile*. Pengambilan sampelnya dilakukan di pos sampel 1. Metode pengambilan sampelnya dilakukan secara acakpada 3 titik untuk setiap *dump truck* mewakili sampel 1 *increment* dengan berat sampel $\pm 10\text{--}15$ Kg. Pada proses ini, *section grade control* melakukan koordinasi dengan *section QA/QC* pada pos sampel 1 untuk mengontrol pengambilan sampel agar pengambilan sampelnya tetap representatif. Jika hasil analisis kadar sampel *selective mining* (SM) menunjukkan kadar yang heterogen pada *front* penambangan, maka sampel produksi akan diambil sebanyak 30 *increment*. Setelah pengambilan sampel, selanjutnya *section QA/QC* melakukan koordinasi dengan *leaderstockpile* untuk mengarahkan *dump truck* melakukan *dumping* pada *stockpile* yangmasih kosong. Setelah mengambil sampel, selanjutnya sampel akan dianalisis pada lab analisis menggunakan instrument *X-Ray Fluorescence* dengan tipe epsilon 3. Hasil analisis kadar dari sampel produksi nantinya akan menjadi acuan kadar penjualan dengan tetap berkoordinasi dengan hasil analisis kadar pihak *independent* (PT Anindya).

Preparasi Sampel

Preparasi sampel adalah suatu proses pengambilan sampel yang representatif untuk keperluan penyelidikan analisis menggunakan instrumen *X-Ray Fluorescence* dengan tipe epsilon 3. Sampel yang akan dianalisis kadarnya dimasukkan ke preparasi sampel terlebih dahulu untuk direduksi, baik jumlah maupun ukuran butir dari sampel tersebut sehingga didapatkan sampel yang homogen. Tahapan preparasi sampel yang dilakukan di PT Tonia Mitra Sejahtera adalah:

a. Penyaringan (*Screening*)

Penyaringan merupakan suatu kegiatan yang bertujuan untuk memisahkan material berbutir kasar dan material berbutir halus. Material yang berbutir kasar atau tidak lolos penyaringan (*oversize*) akan diremukkan atau direduksi ukurannya menggunakan palu atau *jaw crusher*, sedangkan material berbutir halus akandisiapkan untuk proses pencampuran (*mixing*).

b. Pencampuran material

Pencampuran (*mixing*) adalah kegiatan mencampurkan material dengan menggunakan sekop. *Mixing* bertujuan untuk membuat sampel menjadi homogen dan representatif saat diambil sebagian kecilnya. Kegiatan yang dilakukan setelah *mixing*, untuk sampel produksi dan sampel *mining* akan dibentuk menjadi persegi panjang dan membagi sampel menjadi matriks 5x6. Tiap kotak dari sampel ini diambil dengan menggunakan sekop 30D sehingga didapatkan dua sampel yaitu sampel bagian A dan sampel bagian B (*quality sample*) serta *sample waste* atau disebut *remainder*. Sampel bagian A dan sampel bagian B kemudian di *mixing* menjadi matriks 4x5 dengan menggunakan sekop 20 D. Hasil matriks tersebut kemudian didapatkan *quality sample* dan sampel duplikat. *Quality sample* adalah hasil pencampuran yang mewakili 30 *increment* atau 1 lot. Setelah proses *mixing* akan dilakukan *quartering*

untuk menghasilkan sampel *quality* dan sampel *backup*.

c. Proses pengeringan

Pengeringan dilakukan dengan memanaskan sampel pada oven di suhu $105^{\circ}\text{C} \pm 5$ sampai 2 jam. Pengeringan dilakukan dengan tujuan menghilangkan kandungan air pada sampel untuk memudahkan dalam proses berikutnya. Pada proses pengeringan akan dilakukan perhitungan MC (*moisture content*) pada bijih nikel laterit.

d. Reduksi -10 mm

Pada tahapan ini, setelah bijih nikel laterit dikeringkan selanjutnya dilakukan peremukan menggunakan alat *jaw crusher* untuk menghasilkan material dengan ukuran -10 mm. setelah mereduksi

e. Reduksi -3 mm

Pada tahapan ini, sampel original hasil peremukan -10 mm dimasukkan ke dalam *doubleroll crusher* untuk menghasilkan material dengan ukuran -3 mm. setelah mereduksi ukuran menjadi -3 mm, dilanjutkan dengan kegiatan mixing lalu dimatrix 5 x 2 dengan metode silang menggunakan skop JIS 5 D untuk memperoleh sample original dan sample backup.

f. Proses *pulverizer*

Pada proses ini, sampel original dari proses *splitter* akan dimasukkan ke dalam alat *pulverizer*. *Pulverizer* adalah suatu alat yang bertujuan untuk mereduksi ukuran butir material hingga 200 mesh sebelum dilakukan *vibrating screen* atau *sizing*. Sampel yang didapatkan dari proses *sizing* dibuatkan matriks 4x5 menggunakan skop JIS 1D untuk mendapatkan dua sampel yaitu sampel original dan sampel *backup*.

Proses Analisis Kadar

Pada PT Tonia Mitra Sejahtera, hasil dari *press pellet* kemudian dianalisis kadarnya dalam Laboratorium analisis menggunakan instrumen *X-Ray Fluorescence* dengan tipe epsilon 3. Alat analisis akan menembakkan *X-Ray Fluorescence* ke permukaan sampel kemudian mendekripsi kandungan unsur dalam sampel. Lama waktu pembacaan 3 menit atau 180 detik. Pada PT Tonia Mitra Sejahtera, analisis kimia yang dilakukan pada sampel bijih nikel laterit meliputi kadar Ni, Fe, Co, MgO, SiO₂, CaO, Al₂O₃ dan MnO.

Metode Analisis Data

Metode analisis data yang digunakan yaitu metode analisis data kuantitatif. Metode ini merupakan pendekatan pengolahan data melalui metode statistik dan atau matematik pada data-data primer dan sekunder yang telah terkumpul. Data yang diperoleh diolah menggunakan *software excel*. Pada metode analisis initeknik analisis yang dilakukan yaitu analisis komparatif. Analisis komparatif yaitu kegiatan membandingkan suatu fenomena atau data dengan fenomena atau data lainnya seperti membandingkan kadar bijih nikel laterit pada sampel *selective mining* dan sampel produksi yang telah diangkat di PT Tonia Mitra Sejahtera.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil analisis kadar sampel SM dan sampel produksi Pit Daniati

Sampel *Selective Mining* (SM) yang telah diambil pada *front* penambangan dan sampel produksi pada pos sampel dikirim ke lab preparasi kemudian dianalisis di dalam laboratorium menggunakan instrumen *X-Ray Fluorescence* dengan tipe epsilon 3. Berdasarkan pengambilan sampel *selective mining* dan sampel produksi yang telah dilakukan didapatkan data kadar pada tabel 2 dan tabel 3

Tabel 2. Hasil analisis kadar sampel *Selective Mining*

No	Type Sample	Sample Name	Jumlah Bucket	WMT	Ni (%)	Fe (%)	Co (%)	MgO (%)	SiO ₂ (%)
1	SM	SM 11	231	388,773	1,824	15,361	0,043	13,138	37,066
2	SM	SM-12	266	447,678	1,813	16,401	0,048	9,896	34,833
Rata- Rata				1,819	15,881	0,046	11,517	35,950	

No	Type Sample	Sample Name	Jumlah Bucket	WMT	Ni (%)	Fe (%)	Co (%)	MgO (%)	SiO ₂ (%)
1	SM	SM 13	217	365,211	1,750	18,061	0,056	10,978	35,066

No	Type Sample	Sample Name	Jumlah Bucket	WMT	Ni (%)	Fe (%)	Co (%)	MgO (%)	SiO ₂ (%)
1	SM	SM 14	231	388,773	1,844	11,354	0,023	27,098	34,090
2	SM	SM-15	266	447,678	1,799	11,090	0,024	24,090	39,010
Rata- Rata				1,822	11,222	0,024	25,594	36,550	

No	Type Sample	Sample Name	Jumlah Bucket	WMT	Ni (%)	Fe (%)	Co (%)	MgO (%)	SiO ₂ (%)
1	SM	SM 16	217	365,211	2,431	14,094	0,056	24,155	32,909

Tabel 3. Hasil analisis kadar sampel produksi Pit Daniati

Dome Name	Product	WMT By Survey	WMT By Truck Count	Ritase	Analysis Result				
					Ni (%)	Fe (%)	Co (%)	MgO (%)	SiO ₂ (%)
TMS DMF_T108	MGO1	809,40	794,38	71	1,799	15,573	0,048	11,042	35,358
TMS DMF_T109	MGO1	336,94	348,38	30	1,718	17,578	0,052	10,429	33,671
TMS DMF_T110	MGO2	811,43	777,55	66	1,804	10,028	0,020	27,134	36,998
TMS DMF_T111	HGO2	361,11	400,55	34	2,330	15,462	0,050	22,045	31,858
SUMPRODUCT By Truck Count					1,875	13,997	0,040	18,240	35,050
SUMPRODUCT By Survey					1,867	13,907	0,039	18,297	35,142

Deviasi Kadar

Deviasi kadar merupakan selisih nilai kandungan bijih pada beberapa tahapan penambangan. Penelitian yang dilakukan pada PT Tonia Mitra Sejahtera melakukan analisis terhadap deviasi kadar antara sampel *Selective Mining* (SM) dengan sampel produksi pada Pit Daniati.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Deviasi kadar bijih nikel laterit pada Pit Daniati

SM Name	Dome Name	Analysis Result (SM)					Analysis Result (DOME)				
		Ni (%)	Fe (%)	Co (%)	MgO (%)	SiO ₂ (%)	Ni (%)	Fe (%)	Co (%)	MgO (%)	SiO ₂ (%)
SM 11-12	TMS DMF_T108	1,819	15,881	0,046	11,517	35,950	1,799	15,573	0,048	11,042	35,358
SM-13	TMS DMF_T109	1,750	18,061	0,056	10,978	35,066	1,718	17,578	0,052	10,429	33,671
SM 14-15	TMS DMF_T110	1,822	11,222	0,024	25,594	36,550	1,804	10,028	0,020	27,134	36,998
SM-16	TMS DMF_T111	2,431	14,094	0,056	24,155	32,909	2,330	15,462	0,050	22,045	31,858
Average		1,955	14,815	0,045	18,031	35,122	1,913	14,660	0,043	17,662	34,471
Deviasi		2,161	1,043	4,972	2,209	1,844					

Berdasarkan hasil analisa yang ditampilkan pada **Tabel 4**, diperoleh kadar deviasi dari sampel *Selective Mining* (SM) dan sampel produksi didapatkan kadar Ni, Fe, Co, MgO dan SiO₂ berturut-turut senilai 2,16%, 1,04%, 4,97%, 2,21%, 1,84%. Dimana kadar deviasi yang didapatkan disebabkan oleh beberapa faktor yaitu:

a. Operasi kegiatan penambangan

Kegiatan penambangan ialah faktor yang menentukan optimal dan tidaknya kandungan kadar pada bijih nikel sesuai dengan kandungan kadar awal kegiatan pengeboran eksplorasi. Dalam sistem operasi penambangan terbuka dengan metode *selective mining* yang metode pengambilannya memilih bijih/*ore* sangat berpengaruh pada alat yang digunakan untuk bisa mengoptimalkan kadar bijih yang akan ditambang dan pada saat penggalian dalam upaya pengontrolan terhadap terjadinya *dilusi* maupun *salting*.

b. Alat yang digunakan

Perubahan kadar dapat terjadi karena fungsi *excavator* tidak sesuai dengan kegiatan *selective* yang dilakukan, yang seharusnya kegiatan *selective* dilakukan dengan menggunakan *excavator* dengan kapasitas *bucket*-nya lebih kecil biasanya menggunakan PC 200, namun *excavator* yang digunakan dalam proses *ore getting* di lapangan menggunakan PC 250. Jika menggunakan *excavator* dengan kapasitas *bucket* yang besar, pada kegiatan *selective* yakni dalam memilih dan memisahkan *ore* dari *waste* sangat sulit untuk dilakukan akibatnya *ore* sering kali terakumulasi dengan *waste*.

c. Operator yang melakukan *loading*

Operator sangat berperan penting, hal ini disebabkan perbedaan cara pengangkutan yang dilakukan. Seperti adanya operator A melakukan pengangkutan pada *bucket* hingga *Ore* membumbung, sedangkan Operator B melakukan pengangkutan *Ore* pada *bucket* rata dengan *bucket*.

d. Pengontrolan Terhadap Pengotor

Pengotor disebabkan karena adanya material yang tidak berharga ikut tercampur dalam bijih. Untuk itu, dengan adanya penyebaran *ore* saprolit yang tidak merata pada area penambangan, maka biasanya terjadi pula kehilangan bijih. Keadaan penyebaran dan ketebalan bijih yang tidak merata, menyulitkan seorang *grade control* dalam mengambil keputusan apakah suatu area *pit* cadangan ditambang atau diangkut ke *stockpile* atau tidak ditambang sama sekali. Metode *selective mining* diakui sangat efektif untuk menghindari terjadinya *mining dilution*, namun pada prosesnya ada hal-hal yang harus dievaluasi misalnya kurangnya pengontrolan terhadap pemisahan *waste* dan *ore* akibatnya *waste* yang dipisahkan dapat tercampur dengan *ore* sehingga akan mempengaruhi kadar bijih.

e. Proses Pengambilan Sampel

Hal yang harus diperhatikan dalam penentuan kadar bijih nikel yang akan ditambang adalah cara pengambilan sampel. Standarisasi pengambilan sampel atau SOP pengambilan sampel yang telah ditetapkan perusahaan haruslah menjadi perhatian penting bagi *sampler* pada saat di lapangan agar pengambilan sampelnya tetap representatif.

f. Perawatan *ore* di *stockpile*

Hal terpenting pada saat *ore* telah didumping di *stockpile* adalah melakukan perawatan terhadap *ore* tersebut (*dome*). Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perawatan *dome* yaitu: a. Perlunya melakukan pemadatan *dome* agar pada saat terjadi hujan unsur-unsur yang mudah larut seperti Mg, Ni, Fe, dan Si tidak mudah terbawa oleh air hujan, sehingga meminimalisir penurunan kadar pada dome. b. Sebelum melakukan *dumping* pada *dome*, baiknya melakukan sterilisasi terhadap lahan atau landasan *dome* agar bijih tidak tercampur dengan *waste*.

g. Proses preparasi sampel

Proses preparasi sampel merupakan proses mereduksi ukuran butir material sebelum dilakukan analisis di laboratorium. Perubahan kadar bijih akan sangat berpengaruh apabila sistem preparasi tidak dilakukan sesuai dengan SOP (Standar Operasional Prosedur) yang telah ditetapkan. Hal yang sangat berpengaruh terhadap perubahan kadar pada saat preparasi adalah alat yang digunakan. Tidak dibenarkan menggunakan alat yang kurang bersih untuk preparasi selanjutnya. Oleh karena itu, sebelum dan setelah melakukan kegiatan preparasi baiknya semua alat yang digunakan selalu dibersihkan.

Hasil analisis kadar sampel eksplorasi Pit Daniati

Sampel eksplorasi yang telah diambil pada lokasi penambangan dengan kedalaman 0 – 9 meter kemudian dianalisis menggunakan instrumen *X-Ray Fluorescence* dengan tipeepsilon 3. Hasil dari analisis ini kemudian digunakan *section main plan engineering* untuk menentukan perencanaan pembukaan tambang dan produksi.

Berdasarkan hasil analisis sampel dengan kedalaman 0 – 9 meter didapatkan kadar pada zona limonit dan zona saprolit dimana zona limonit memiliki komposisi mineral lempung berupa kaolinit, mineral oksida berupa mineral magnetit, hematit, kromit dan mineral hidroksida guttit. Kedalaman zona limonit yang didapatkan yaitu sekitar 0 - 5 meter dengan kandungan Ni sekitar 0,89 - 1,18% dan kandungan Fe sekitar 45,52 - 49,16%. Sedangkan zona saprolit memiliki komposisi mineral silikat berupa kuarsa, garnierit, antigorit, enstatit dan lisardit. Kedalaman zona saprolit yang didapatkan yaitu sekitar 5 - 9 meter dengan kandungan Ni sekitar 2,33 - 2,57% dan kandungan Fe sekitar 14,60 - 23,16%.

Litologi penyusun batuan di area prospek eksplorasi berdasarkan batuan yang tersingkap berjenis peridotit dan dunit yang kaya akan mineral olivine (>90 % olivin), sehingga kadar Ni dalam laterit sangat tinggi karena susunan kimia olivine adalah (Fe, Ni) SiO₂, tingkat laterit yang maksimum terjadi di area puncak punggungan pegunungan di area prospek. Zona laterit di area eksplorasi dimulai dari red limonit dan yellow limonite pada bagian atas dengan kadar total Fe dalam rentang 30 - 45 % dengan mineral utama berupa clay, hematit dan goethite, sedangkan di bawahnya terdapat zona saprolite dengan kadar Fe <30 % dan terjadi peningkatan kadar Ni >1.50%, dengan mineral penyusun relik olivine, serpentine, garnierite, Sebagian kecil asbestos dan talc. Selanjutnya terdapat zona rocky saprolite dengan kelimpahan batuan segar bercampur garnierite dan serpentin dengan kadar Ni yang masih lumayan tinggi 1.50 – 2.00%. Pada bagian terbawah trdapat batuan beku segar berjenis peridotit dan dunit, dengan kadar Ni 0.30 - 0.90%. Mesin yang digunakan dalam pengeboran berjenis semi Jacro (MD) dan YBM (SJR) single tube dengan barrel berukuran HQ (3 inch) dengan kekuatan penetrasi hingga kedalaman 40 m dengan spasi pengeboran dimulai dr spasi 400 m, 200 m, 100 m, 50 m dan 25 m sesuai pertemuan kooordinat bujur dan lintang agar memudahkan proses stake out dan resurvey titik pengeboran.

4. Kesimpulan

Adapun kesimpulan penelitian yang dilakukan di PT Tonia Mitra Sejahtera adalah proses pengambilan sampel yang dilakukan pada PT Tonia Mitra Sejahtera dalam proses pengontrolan kadar ada 2 yaitu pengambilan sampel tambang (*selective mining*) dan sampel produksi, dari hasil perhitungan deviasi kadar Ni, Fe, Co, MgO, dan SiO₂ antara sampel *Selective mining* (SM) dan sampel produksi didapatkan kadar berturut-turut senilai 2,16%, 1,04%, 4,97%, 2,21%, 1,84%, sedangkan dari hasil analisis pada kedalaman 0 – 9 meter didapatkan nilai kualitas bijih nikel laterit yang bagus yaitu kedalaman 5 – 9 meter pada zona saprolit dengan kandungan Ni yang tinggi sekitar 2,33 – 2,57%. Sedangkan pada zona limonit pada kedalaman 0 – 5 meter memiliki kandungan Ni yang rendah sekitar 0,89 – 1,18%.

5. Ucapan Terima Kasih

Terimakasih kepada Ketua, Sekretaris hingga Dosen Prodi Kimia Universitas Teknologi Sulawesi untuk selalu support dalam kegiatan Tridharma, Serta Dekan Fakultas Teknik selalu memberikan masukan hingga penelitian ini terlaksana , dan tak lupa ucapan terimakasih kepada PT Tonia Mitra Sejahtera untuk semua kerjasamanya.

6. Referensi

- [1] J. H. Kyle, “Kyle, J. 2010. Nickel Laterite Processing Technologies – Where To Next? In: ALTA 2010 Nickel/Cobalt/Copper Conference, 24 – 27 May, Perth, Western Australia.,” no. May 2010, 2015.
- [2] Wirawan and R. T. Jayanti, “Particle Size Analysis of Morowali Nickel Laterite on Atmospheric Citric Acid Leaching,” *Fac. Ind. Technol. Int. Congr.*, no. May, pp. 43–47, 2020, [Online]. Available: <https://eproceeding.itenas.ac.id/index.php/foitic/article/view/56>
- [3] P. Prasetyo, “Masih Terbukanya Peluang Penelitian Proses Caron Untuk Mengolah Kadar Rendah Di Indonesia,” *Metalurgi*, vol. 26, no. 1, p. 35, 2015, doi: 10.14203/metalurgi.v26i1.7.
- [4] J. P. Chandra Yoga, “Proses Hidrometalurgi Ekstraksi Nikel Menggunakan Bijih Laterit Untuk Memproduksi Mhp,” no. March, p. 7, 2022, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/359506531_Proses_Hidrometalurgi_Ekstraksi_Nikel_Menggunakan_Bijih_Laterit_Untuk_Memproduksi_Mhp
- [5] S. Husain, E. Suarso, A. Maddu, and Sugianto, “Karakterisasi Kandungan Bijih Besi Alam Sebagai Bahan Baku Magnetit Nanopartikel,” *Simp. Fis. Nas.*, vol. 2016, no. November, pp. 146–150, 2016.
- [6] I. Setiawan, “Pengolahan Nikel Laterit Secara Pirometalurgi : Kini Dan Penelitian Kedepan,” *Semin. Nas. Sains dan Teknol.*, no. November, pp. 1–7, 2016.
- [7] M. A. Faiz, S. Sufriadin, and S. Widodo, “Analisis Perbandingan Kadar Bijih Nikel Laterit Antara Data Bor dan Produksi Penambangan: Implikasinya Terhadap Pengolahan Bijih Pada Blok X, PT. Vale Indonesia, Tbk. Sorowako,” *J. Penelit. Enj.*, vol. 24, no. 1, pp. 93–99, 2020, doi: 10.25042/jpe.052020.13.
- [8] Kurniadi dkk, “Karakteristik Batuan Asal Pembentukan Endapan Nikel Laterit Di Daerah Madang dan Serakaman Tengah,” *Padjadjaran Geosci. J.*, vol. 2, no. 3, pp. 221–234, 2018.
- [9] N. Wahab, I. I. Amin, and D. Prasetya, “Analisis Kadar Au, Ag, Pb, Zn Dalam Sampel Tanah Dengan Metode Atomic Absorption Spectroscopy Analysis of Au, Ag, Pb, Zn Levels in Soil Samples Using the Atomic Absorption Spectroscopy Method,” *J. Sains dan Teknol.*, vol. 4, no. 1, pp. 24–32, 2024, [Online]. Available: <https://journal.utsmakassar.ac.id/index.php/JST>

- [10] M. Arifin, "Karakteristik Endapan Nikel Laterit Pada Blok X Pt. Bintangdelapan Mineral Kecamatan Bahodopi Kabupaten Morowali Provinsi Sulawesi Tengah," *J. Geomine*, vol. 1, no. 1, 2016, doi: 10.33536/jg.v1i1.7.