



Analisis Perbedaan Kadar Bijih Nikel Laterit Antara Hasil *Sampling Test Pit* dan *Re-Check* di *Front Everest PT. Antam Tbk. UBPN Kolaka*¹

Analysis Of Grade Differences in Nickel Laterite Ore Grades between Test Pit and Re-Check Sampling Result at Front Everest Pt. Antam Tbk. UBPN Kolaka

Siti Aminah^{a,2}, Bhani Ritra Wicaksono^b, Fachruzzaki^c

^{abc} Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37 Jember

ABSTRAK

Perbedaan kadar bijih nikel laterit antara sampel *test pit* dan *re-check* dapat menimbulkan masalah operasional di PT. Antam Tbk. UBPN Kolaka, seperti adanya material non-produksi di stockyard serta tercampurnya tempat penyimpanan material berkadar tinggi (>1,8%) dengan material berkadar rendah (1,5%-1,79%). Hal ini mengharuskan pemindahan material, mengganggu operasi, dan meningkatkan biaya perusahaan. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan rata-rata kadar bijih antara *test pit* dan *re-check*, menganalisis hubungan antar unsur, pengaruh kadar Ni terhadap unsur lainnya, serta memberikan rekomendasi metode *sampling*. Penelitian menggunakan analisis korelasi Pearson dan regresi linier berganda. Data dianalisis menggunakan perangkat lunak statistik SPSS untuk menghitung korelasi Pearson dan regresi linier sederhana. Hasilnya menunjukkan peningkatan kadar Ni sebesar 0,070%, SiO₂ 1,711%, CaO 0,014%, MgO 1,342%, Cr₂O₃ 0,019%, dan Al₂O₃ 0,215%. Sebaliknya, Co dan Fe masing-masing menurun sebesar 0,002% dan 0,587%. Korelasi antar unsur bervariasi, dengan hubungan lemah pada CaO ($r = 0,299$) dan SiO₂ ($r = 0,320$); sedang pada Ni ($r = 0,525$), Co ($r = 0,543$), MgO ($r = 0,568$), Cr₂O₃ ($r = 0,541$), dan Al₂O₃ ($r = 0,406$); serta kuat pada Fe ($r = 0,675$). Analisis regresi menunjukkan pengaruh Ni terhadap unsur lain berkisar antara 7,9% hingga 24,9%. Metode bucket *sampling* direkomendasikan untuk meningkatkan representativitas sampel, dengan pengambilan sampel setiap 3 bucket excavator. Metode ini diharapkan dapat mengurangi variasi kadar, menghilangkan kebutuhan *re-check*, dan mendukung proses *blending* langsung dari *stockyard*.

Kata kunci: Bijih Nikel Laterit, Sampel *Test Pit*, Sampel *Re-check*, Kadar

ABSTRACT

Differences in laterite nickel ore grades between test pit and re-check samples can cause operational problems at PT. Antam Tbk. UBPN Kolaka, such as the presence of non-production material in the stockyard and the mixing of high-grade material (>1.8%) with low-grade material (1.5%-1.79%). This requires the transfer of material, disrupts operations, and increases company costs. This study aims to compare the average ore grades between test pits and re-checks, analyze the relationships between elements, assess the impact of Ni grades on other elements, and provide recommendations for sampling methods. The study employs Pearson correlation analysis and multiple linear regression. Data were analyzed using SPSS statistical software to calculate Pearson correlations and simple linear regression. The results showed an increase in Ni content of 0.070%, SiO₂ 1.711%, CaO 0.014%, MgO 1.342%, Cr₂O₃ 0.019%, and Al₂O₃ 0.215%. Conversely, Co and Fe decreased by 0.002% and 0.587%, respectively. The correlations between elements varied, with weak relationships for CaO ($r = 0.299$) and SiO₂ ($r = 0.320$); moderate relationships for Ni ($r = 0.525$), Co ($r = 0.543$), MgO ($r = 0.568$), Cr₂O₃ ($r = 0.541$), and Al₂O₃ ($r = 0.406$); and strong for Fe ($r = 0.675$). Regression analysis indicates that the influence of Ni on other elements ranges from 7.9% to 24.9%. The bucket sampling method is recommended to improve sample representativeness, with sampling every 3 excavator buckets. This method is expected to reduce concentration variability, eliminate the need for re-checks, and support direct blending from the stockyard.

Keywords: Nickel Laterite Ore, Test Pit Sample, Re-check Sample, Grade

¹ Info Artikel: Received: 16 Mei 2025, Revised: 23 Juni 2025, Accepted: 25 Juni 2025, Published: 28 Juni 2025

² E-mail: siti.aminah@unej.ac.id

PENDAHULUAN

Nikel laterit merupakan salah satu sumber daya alam yang memiliki nilai ekonomis yang tinggi dan berperan penting dalam industri global, khususnya dalam produksi baja tahan karat dan baterai bagi kendaraan listrik (Radhica, 2023). Produsen utama nikel laterit salah satunya ialah Indonesia. Indonesia memiliki cadangan nikel laterit yang sangat besar, yang tersebar di berbagai wilayah, salah satunya di Sulawesi Tenggara, dimana PT. Antam Tbk. UBPN Kolaka beroperasi. Peningkatan permintaan pasar terhadap nikel menjadikan perlunya pengelolaan sumber daya ini secara optimal (Zalvino, 2021).

Pengolahan bijih nikel laterit merupakan aspek yang krusial dalam menentukan kualitas bijih yang dihasilkan, dimana salah satu aspek yang kritis adalah akurasi dalam penentuan kadar bijih nikel (Gautama dan Kurnia, 2018). Kadar bijih nikel yang bervariasi di lokasi penambangan dapat mempengaruhi kualitas produk akhir, sehingga diperlukan pengendalian kualitas bijih nikel (Fadli, 2021). Proses penentuan kadar bijih nikel laterit dilakukan menggunakan proses *sampling*. Proses *sampling* yang dilakukan oleh PT. Antam Tbk. UBPN Kolaka terdiri dari beberapa tahapan, salah duanya ialah *test pit* dan *re-check*, dimana mengacu pada JIS (*Japanese Industrial Standard*) M 8109 – 1996. Namun, perbedaan kadar bijih nikel laterit antara sampel *test pit* dan *re-check* sering terjadi, sehingga perlu dianalisis lebih lanjut (Lestahulu, 2023). *Re-check sampling* adalah metode *sampling* yang digunakan untuk memverifikasi hasil analisis dari sampel yang telah diuji sebelumnya. Metode ini penting dalam menjaga kualitas dan konsistensi hasil analisis, terutama jika hasil awal dianggap meragukan atau tidak sesuai dengan harapan (Prayogi dan Kurniawan, 2024).

Proses *sampling test pit* dilakukan untuk memberikan gambaran awal mengenai kualitas bijih yang akan di produksi (Kurniawan dan Yuniarto, 2016). Namun hasil tersebut seringkali berbeda dengan hasil analisis sampel *re-check* yang dilakukan sehingga dalam proses operasionalnya mengalami gangguan, seperti adanya material non produksi (MNP) yang turun ke tempat penyimpanan sementara (*stockyard*), kadar yang tidak sesuai dengan tempat penyimpanannya dan lain sebagainya. Berdasarkan data yang diperoleh dari PT Antam Tbk. UBPN Kolaka, tertanggal 21 Juni 2024 – 30 Agustus 2024, ada sekitar 30% dari total produksi di *stockyard* yang tergolong ke dalam material MNP, dan 21% tergolong ke dalam *High Grade Saprolite Ore* (HGSO), dimana seharusnya ditempatkan di *stockyard* yang berbeda (khusus *High Grade Saprolite Ore*). Oleh karena itu, analisis perbandingan kadar bijih nikel laterit pada kedua jenis *sampling* tersebut perlu untuk dilakukan untuk memastikan keandalan data kualitas bijih yang digunakan dalam pengambilan keputusan operasional perusahaan (Lestahulu, 2023).

Penelitian ini penting dilakukan dikarenakan variasi kadar bijih nikel pada PT. Antam Tbk. UBPN Kolaka memiliki dampak yang serius terhadap operasional perusahaan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan kadar bijih nikel laterit yang dihasilkan dari *sampling test pit* dan *re-check*, serta mengetahui faktor-faktor yang menyebabkan hal tersebut. Dengan mengidentifikasi dan memahami variasi yang terjadi antara kedua jenis *sampling* tersebut, PT. Antam Tbk. UBPN Kolaka dapat melakukan evaluasi terhadap proses *sampling test pit* dan *re-check* mereka. Hasil penelitian ini juga dapat menjadi referensi dalam pengembangan metode *sampling* yang lebih baik di masa mendatang.

Metode analisis korelasi dan regresi dipilih dalam penelitian ini karena mampu memberikan informasi yang mendalam mengenai hubungan linear antara variabel, serta memodelkan pengaruh variabel lainnya terhadap kadar bijih nikel laterit antara sampel *test pit* dan *re-check* (Nawari, 2010). Analisis korelasi digunakan untuk mengukur kekuatan dan arah

hubungan antara dua variabel, sedangkan analisis regresi memungkinkan prediksi perubahan variabel dependen berdasarkan variabel independen yang ada (Purba dan Purba 2022).

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini akan dilakukan dengan membandingkan kadar rata-rata antara sampel *test pit* dan *re-check* untuk mengidentifikasi perbedaan yang signifikan, menggunakan metode korelasi dan regresi karena keduanya mampu memberikan analisis mendalam terkait hubungan antara kadar bijih nikel laterit pada sampel *test pit* dan *re-check*, hingga memberikan rekomendasi metode *sampling*, untuk meminimalisir perbedaan kadar antara kedua jenis *sampling*. Sehingga melalui penelitian ini, diharapkan dapat menjadi referensi bagi perusahaan maupun pihak terkait untuk dapat menerapkan metode *sampling* yang sesuai untuk meminimalisir terjadinya kerugian akibat terdapatnya perbedaan kadar pada hasil analisisnya.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan menganalisis data sekunder yang diperoleh dari PT. Antam Tbk. UBPN Kolaka, yang merupakan data hasil analisis kadar bijih nikel laterit pada *front* penambangan Everest. Data sekunder yang diperoleh dianalisis menggunakan metode kuantitatif. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh seluruh ore yang hendak di produksi pada *front* Everest, dan seluruh *ore* yang telah di produksi yang telah berada di *stockyard* atau tempat penampungan sementara. Dalam penelitian ini, sampel terdiri dari dua kelompok sebagai berikut:

1. Sampel *Test Pit*

Sampel *test pit* merupakan sampel yang diambil langsung dari *front* penambangan, dalam hal ini dari *front* Everest. Sampel *test pit* diambil dengan tujuan untuk mengetahui kadar bijih nikel laterit yang dapat diproduksi. Jumlah sampel *test pit* yang diambil pada penelitian ini sebanyak 60 sampel. Pengambilan sampel untuk *test pit* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. *Sampling Test Pit*

2. Sampel *Re-check*

Sampel *re-check* merupakan sampel yang berasal dari *ore* produksi yang diambil di *stockyard*, dalam hal ini sampel *ore* produksi dari *front* Everest. Sampel *re-check* diambil dengan tujuan untuk memverifikasi kadar bijih nikel laterit. Jumlah sampel *re-check* yang

diambil pada penelitian ini sebanyak 60 sampel. Gambar *sampling re-check* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. *Sampling Re-check*

Prosedur penelitian meliputi pengumpulan data sekunder dari laporan dan dokumen terkait di PT. Antam Tbk. UBPN Kolaka. Data yang terkumpul kemudian dianalisis melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Pengelompokan data berdasarkan jenis *sampling* (*test pit* dan *re-check*)
2. Pengolahan data untuk menghitung rata-rata kadar bijih nikel laterit dari kedua metode *sampling*.
3. Analisis korelasi Pearson untuk melihat hubungan antara unsur-unsur dalam bijih nikel laterit dari kedua jenis sampel.
4. Analisis regresi sederhana untuk mengetahui pengaruh unsur Ni terhadap unsur-unsur lainnya dalam bijih nikel laterit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbandingan Rata-Rata Kadar Bijih Nikel Laterit

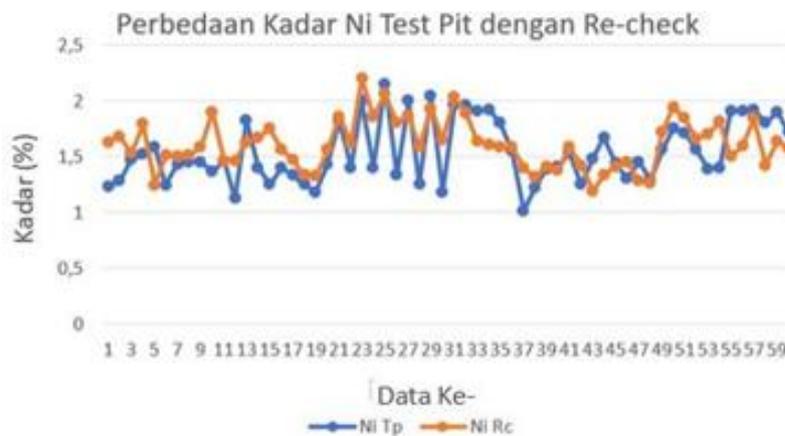
Kadar rata-rata unsur dalam bijih nikel laterit merupakan salah satu parameter yang dianalisis untuk mengevaluasi kualitas *sampling ore*. Analisis ini bertujuan untuk membandingkan karakteristik kimiawi antara *sampel test pit* dan *re-check*. Data kadar rata-rata masing-masing unsur disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Kadar Rata-Rata Bijih Nikel Laterit

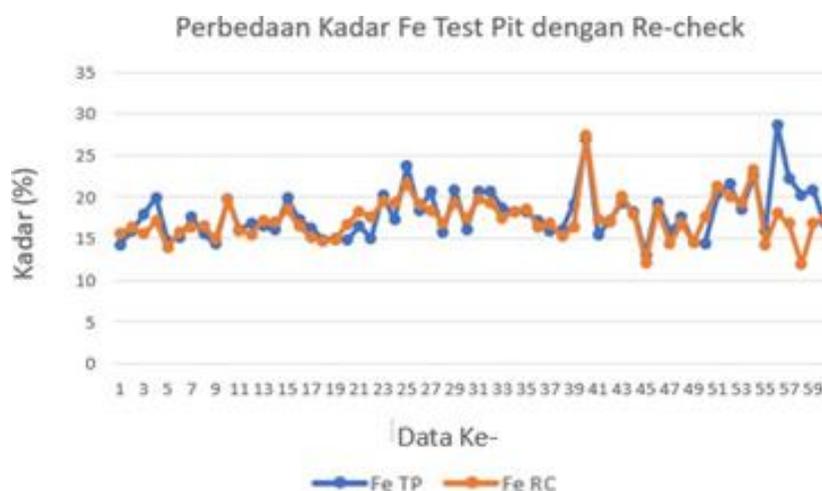
Unsur/Senyawa	<i>Test Pit</i>		<i>Re-check</i>		Beda Kadar (%)
	Rata - rata (%)	Std Deviasi	Rata - rata (%)	Std Deviasi	
Ni	1,538	0,277	1,608	0,219	0,070
Co	0,057	0,014	0,055	0,016	0,002
Fe	17,968	3,025	17,381	2,499	0,587
SiO ₂	35,138	6,180	36,850	3,098	1,711
CaO	0,587	0,371	0,601	0,303	0,014
MgO	13,929	3,589	15,271	3,812	1,342
Cr ₂ O ₃	1,497	0,413	1,516	0,345	0,019
Al ₂ O ₃	3,660	0,681	3,875	0,433	0,215

Berdasarkan Tabel 1, terlihat adanya perbedaan kadar unsur dan senyawa antara sampel *test pit* dan *re-check*. Pada unsur Ni, SiO₂, CaO, MgO, dan Al₂O₃ mengalami kenaikan kadar rata-rata pada sampel *re-check* nya, sedangkan pada unsur Co, Fe, dan Cr₂O₃ mengalami penurunan kadar rata-rata. Berdasarkan tabel diatas diperoleh juga nilai standar deviasi, dimana standar deviasi Ni, Fe, SiO₂, CaO, Cr₂O₃, dan Al₂O₃ pada *test pit* lebih besar dari *re-check*, sedangkan standard deviasi Co dan MgO pada *re-check* lebih besar dari *test pit*. Semakin kecil nilai standar deviasi, maka semakin dekat nilai data dari rata-ratanya.

Rata-rata nilai kadar telah memenuhi kebutuhan dari konsumen, dimana berdasarkan data yang diperoleh dari perusahaan, konsumen hanya melihat kualitas *ore* berdasarkan nilai kadar Ni, yaitu untuk penjualan *ore* domestik *Cut off Grade* nya berkisar antara 1,5 % - 1,79%, dan sisanya mengikuti standar olahan *ore* di perusahaan, yakni Fe < 15%, SiO₂ < 40 %, dan MgO <20%. Berdasarkan tabel, unsur Ni, SiO₂, dan MgO telah mencapai CoG dari perusahaan, sedangkan Fe melebihi CoG, sehingga berdasarkan hal tersebut, perusahaan harus melakukan *blending* material terlebih dahulu sebelum melakukan penjualan *ore* domestik. Berikut juga merupakan grafik yang menunjukkan variasi atau perbedaan kadar Ni dan Fe, pada *test pit* dan *re-check*, dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4.



Gambar 3. Perbedaan Kadar Ni pada *Test Pit* dan *Re-check*



Gambar 4. Perbedaan Kadar Fe pada *Test Pit* dan *Re-check*

Hasil dari Gambar 3 dan 4 juga menunjukkan adanya variasi kadar yang penting untuk ditinjau lebih lanjut guna mengetahui faktor-faktor yang menyebabkan hal tersebut terjadi. Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan selama masa penelitian, ditemukan beberapa kemungkinan besar yang menyebabkan variasi kadar unsur dan senyawa antara kedua jenis sampel tersebut sebagai berikut:

1. Kesalahan pada kegiatan *sampling*

Sampling pada PT Antam Tbk. UBPN Kolaka telah diatur dalam SOP WI perusahaan, namun dalam prakteknya banyak pekerja yang tidak melaksanakan kegiatan *sampling* sesuai dengan prosedur yang berlaku. Misalnya pada kegiatan *sampling test pit*, dimana sesuai dengan SOP WI, titik pengambilan sampel dilakukan dengan cara pengambilan 1/3 dari bawah dan 2/3 dari atas dengan mengelilingi satu tumpukan menjadi 4 *increment* dan 1 *increment* pada atas tumpukan, namun yang dilakukan adalah pengambilan sampel dengan 1 titik pengambilan menjadi 5 *increment*, maka tentunya tidak mewakili setiap populasi tumpukan.

2. *Ore* yang bersifat heterogen

Perbedaan kadar bijih nikel laterit antara sampel *test pit* dan *re-check* salah satunya disebabkan oleh sifat *ore* yang bersifat heterogen. Heterogenitas mengacu pada kondisi di mana bijih memiliki variasi dalam komposisi dan karakteristik, baik dari sisi kandungan mineral, struktur, maupun sifat fisiknya. Fenomena ini terjadi secara alami sebagai hasil dari proses geologi yang kompleks, termasuk pelapukan lateritik yang berlangsung dalam rentang waktu yang sangat lama. Pelapukan tersebut menciptakan variasi tingkat intensitas di berbagai area tambang, sehingga memengaruhi distribusi mineral pada setiap lapisan bijih, mulai dari lapisan teratas (*top soil*) hingga lapisan saprolite di bagian bawah. Kandungan mineral seperti nikel, besi, dan magnesium dapat berbeda secara signifikan antara satu lapisan dengan lapisan lainnya, atau bahkan antara lokasi yang berdekatan, bergantung pada faktor lingkungan selama pembentukannya, seperti kondisi iklim, bentuk topografi, serta keberadaan unsur kimia tertentu di dalam tanah.

Hal ini di perkuat oleh penelitian yang dilakukan oleh Fadil (2021) terkait heterogenitas dari bijih nikel laterit di PT. Antam Tbk. UBPN Kolaka, yang menyatakan bahwa endapan nikel laterit di area site PT. Antam Tbk. UBPN Kolaka memiliki persebaran bijih yang bervariasi atau tidak merata.

Berdasarkan karakteristik dari endapan bijih nikel laterit yang bersifat heterogen tersebut, dibutuhkan proses penambangan yang sesuai agar tidak terjadi penyimpangan nilai kadar bijih dari yang direncanakan. Hal ini erat kaitannya dengan proses *sampling*. Pada PT Antam Tbk. UBPN Kolaka, khususnya pada *front* penambangan Everest, *ore* yang hendak di produksi harus sesuai dengan *block model* yang telah direncanakan oleh satker *mine plan*. Pada pemodelan blok akan dibagi menjadi sejumlah bagian tergantung luasan areanya, dan masing-masing akan dilakukan *test pit*. Pada kondisi tersebut kesalahan sering terjadi, dimana saat hasil *test pit* keluar, *grade* yang muncul tidak diketahui mewakili seberapa banyak *ore* dikarenakan sifat *ore* yang heterogen tadi, sehingga pada saat dimuat ke dalam DT, *ore* secara otomatis *ter-blending* secara tidak sengaja dengan *grade* lain, sehingga pada saat di *sampling re-check* di *stockyard*, *ore* mengalami kenaikan / penurunan *grade*.

Korelasi Unsur/Senyawa Pada Bijih Nikel Laterit

Hubungan kadar pada bijih nikel laterit untuk sampel *test pit* dan *re-check* hasil pengolahan data dapat dilihat pada Tabel 2. Pada Tabel 2 diperoleh beberapa informasi yang menunjukkan hubungan/korelasi antar unsur/senyawa untuk sampel *test pit* dan *re-check*, diantaranya nilai *Pearson Correlation*, nilai Signifikansi, dan jumlah data dari sampel yang dianalisis. Syarat untuk melakukan analisis korelasi pearson ialah nilai signifikansi nya harus lebih kecil daripada 0,05 ($\alpha < 0,05$), dimana berarti variabel yang satu dengan yang lainnya berkorelasi. Pada tabel 4.2 diatas, diperoleh nilai signifikansi semua unsur dan senyawa dengan total sampel masing-masing 60 sampel berada dibawah atau lebih kecil dari 0,05, yang berarti semua unsur dan senyawa pada nikel laterit antara kedua jenis sampel berkorelasi.

Tabel 2. Hasil Analisis Korelasi *Pearson*

Unsur/Senyawa	<i>Pearson Correlation</i>	Signifikansi	Derajat Hubungan
Ni - Ni	0,525	<0,001	Sedang
Co - Co	0,543	<0,001	Sedang
Fe - Fe	0,675	<0,001	Kuat
SiO ₂ - SiO ₂	0,32	0,013	Lemah
CaO - CaO	0,299	0,02	Lemah
MgO - MgO	0,568	<0,001	Sedang
Cr ₂ O ₃ - Cr ₂ O ₃	0,514	<0,001	Sedang
Al ₂ O ₃ - Al ₂ O ₃	0,406	0,001	Sedang

Sampel yang telah dianalisis *Pearson* memiliki nilai *Pearson Correlation* (r) yang berbeda-beda. Berdasarkan pedoman derajat hubungan dalam Korelasi *Pearson*, nilai 0,00 - 0,20 berarti tidak ada korelasi, 0,21 - 0,40 berkorelasi lemah, 0,41 - 0,60 berkorelasi sedang, 0,61 - 0,80 berkorelasi kuat, dan 0,81 - 1,00 berkorelasi sempurna. Berdasarkan pedoman derajat hubungan tersebut, korelasi lemah terdapat pada SiO₂ dengan nilai r sebesar 0,320 dan CaO dengan nilai r sebesar 0,299. Korelasi sedang terdapat pada Ni dengan nilai r sebesar 0,525, Co dengan nilai r sebesar 0,543, MgO dengan nilai r sebesar 0,568, dan Cr₂O₃ dengan nilai r sebesar 0,514, dan Al₂O₃ dengan nilai r sebesar 0,406 Korelasi kuat terdapat pada Fe dengan nilai r sebesar 0,675. Korelasi lemah ini berarti data antara kedua variabel memiliki perbedaan yang signifikan. Korelasi yang sedang ini mengindikasikan bahwa adanya hubungan yang lebih baik apabila dibandingkan dengan korelasi lemah, namun tetap menunjukkan bahwa kedua variabel tetap memiliki perbedaan nilai. Korelasi kuat ini berarti bahwa data antara kedua variabel cenderung memiliki kesamaan walaupun belum sempurna.

Pengaruh Kadar Unsur Ni Terhadap Unsur Lainnya Pada Sampel *Re-check*

Analisis yang digunakan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh unsur Ni terhadap unsur/ senyawa lainnya ialah analisis regresi linier sederhana. Analisis regresi linier sederhana pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3. Beberapa informasi untuk menunjukkan hubungan dan juga pengaruh unsur Ni terhadap unsur/senyawa lainnya, yaitu

R-Square yang menunjukkan nilai yang digunakan untuk mengukur besarnya kontribusi variabel independen terhadap dependen, *Constant* yang menunjukkan nilai variabel dependen, ketika variabel independen bernilai 0, Koefisien Regresi yang menunjukkan hubungan antara variabel independen dengan dependen, dan nilai t yang berfungsi untuk menguji apakah variabel independen memiliki pengaruh terhadap variabel dependen.

Tabel 3. Pengaruh Ni terhadap Unsur / Senyawa Lainnya Pada Sampel *Re-check*

Unsur / Senyawa	R Square	Constant	Koef. Regresi	t hitung	t tabel
Ni - Co	0,102	0,016	0,024	2,561	2,00172
Ni - Fe	0,191	9,389	4,97	3,695	2,00172
Ni - SiO ₂	0,079	30,488	3,956	2,224	2,00172
Ni - CaO	0,192	-0,374	0,606	3,717	2,00172
Ni - MgO	0,177	3,529	7,302	3,53	2,00172
Ni - Cr ₂ O ₃	0,2	0,385	0,703	3,811	2,00172
Ni - Al ₂ O ₃	0,249	2,256	1,007	4,382	2,00172

Pada Tabel 3, nilai t-hitung semua unsur/senyawa lebih besar dari t-tabel, hal ini berarti variabel independen memiliki pengaruh terhadap variabel dependen. Tabel 3 menjelaskan bahwa kadar Ni memiliki pengaruh yang berbeda-beda terhadap masing-masing unsur/senyawa. Pada unsur Co, diperoleh nilai R² sebesar 0,102, yang berarti bahwa pengaruh variabel bebas (Ni) terhadap variabel terikat (Co) hanya sebesar 10,2%, pada unsur Fe diperoleh nilai R² sebesar 0,191, yang berarti bahwa pengaruh variabel bebas (Ni) terhadap variabel terikat (Fe) adalah sebesar 19,1%, pada senyawa SiO₂ diperoleh nilai R² sebesar 0,079, yang berarti bahwa pengaruh variabel bebas (Ni) terhadap variabel terikat (SiO₂) adalah sebesar 7,9%, pada senyawa CaO diperoleh nilai R² sebesar 0,192, yang berarti bahwa pengaruh variabel bebas (Ni) terhadap variabel terikat (CaO) adalah sebesar 19,2%, pada senyawa MgO diperoleh nilai R² sebesar 0,177, yang berarti bahwa pengaruh variabel bebas (Ni) terhadap variabel terikat (MgO) adalah sebesar 17,7%, pada senyawa Cr₂O₃ diperoleh nilai R² sebesar 0,2, yang berarti bahwa pengaruh variabel bebas (Ni) terhadap variabel terikat (Cr₂O₃) adalah sebesar 20%, dan pada senyawa Al₂O₃ diperoleh nilai R² sebesar 0,249, yang berarti bahwa pengaruh variabel bebas (Ni) terhadap variabel terikat (Al₂O₃) adalah sebesar 24,9%. Faktor lain selain Ni yang mempengaruhi kadar unsur/senyawa tersebut seperti jenis dan distribusi mineral pembawa unsur/senyawa, kondisi geologi lokal, proses pelapukan yang memengaruhi konsentrasi unsur/senyawa, dan pengaruh keberadaan unsur-unsur/senyawa-senyawa lain.

Nilai *constant* masing-masing unsur/senyawa diperoleh pada Tabel 3. Nilai *constant* Co sebesar 0,016, yang berarti apabila Ni bernilai 0, maka nilai Co sebesar 0,016. Nilai *constant* Fe sebesar 9,389 yang berarti apabila Ni bernilai 0, maka nilai Fe sebesar 9,389. Nilai *constant* SiO₂ sebesar 30,488, yang berarti apabila Ni bernilai 0, maka nilai SiO₂ sebesar 30,488. Nilai *constant* CaO sebesar -0,374, yang berarti apabila Ni bernilai 0, maka nilai CaO sebesar -0,374. Nilai *constant* MgO sebesar 3,529, yang berarti apabila Ni bernilai 0, maka nilai MgO sebesar 3,529. Nilai *constant* Cr₂O₃ sebesar 0,385, yang berarti apabila Ni bernilai 0, maka nilai Cr₂O₃ sebesar 0,385. Nilai *constant* Al₂O₃ sebesar 2,256, yang berarti apabila Ni bernilai 0, maka nilai Al₂O₃ sebesar 2,256.

Nilai koefisien regresi Co sebesar 0,024, menyatakan bahwa setiap penambahan 1% nilai Ni, maka nilai Co akan bertambah sebesar 0,024. Nilai koefisien regresi Fe sebesar 4,97, menyatakan bahwa setiap penambahan 1% nilai Ni, maka nilai Fe akan bertambah sebesar 4,97. Nilai koefisien regresi SiO₂ sebesar 3,956, menyatakan bahwa setiap penambahan 1% nilai Ni, maka nilai SiO₂ akan bertambah sebesar 3,956. Nilai koefisien regresi CaO sebesar 0,606, menyatakan bahwa setiap penambahan 1% nilai Ni, maka nilai CaO akan bertambah sebesar 0,606. Nilai koefisien regresi MgO sebesar 7,302, menyatakan bahwa setiap penambahan 1% nilai Ni, maka nilai MgO akan bertambah sebesar 7,302. Nilai koefisien regresi Cr₂O₃ sebesar 0,703, menyatakan bahwa setiap penambahan 1% nilai Ni, maka nilai Cr₂O₃ akan bertambah sebesar 0,703. Nilai koefisien regresi Al₂O₃ sebesar 1,007, menyatakan bahwa setiap penambahan 1% nilai Ni, maka nilai Al₂O₃ akan bertambah sebesar 1,007.

Persamaan regresi yang diperoleh berfungsi untuk menentukan/meramalkan nilai variabel dependen berdasarkan nilai variabel independen yang telah diketahui. Persamaan regresi unsur Co ialah $Co = 0,016 + 0,024 Ni$. Persamaan regresi unsur Fe ialah $Fe = 9,389 + 4,97Ni$. Persamaan regresi senyawa SiO₂ ialah $SiO_2 = 30,488 + 3,956Ni$. Persamaan regresi senyawa CaO ialah $CaO = -0,374 + 0,606Ni$. Persamaan regresi senyawa MgO ialah $MgO = 3,529 + 7,302Ni$. Persamaan regresi senyawa Cr₂O₃ ialah $Cr_2O_3 = 0,385 + 0,703Ni$. Persamaan regresi senyawa Al₂O₃ ialah $Al_2O_3 = 2,256 + 1,007Ni$. Berdasarkan persamaan regresi masing-masing unsur/senyawa tersebut, dapat dihitung nilai unsur/senyawa yang diperoleh berdasarkan nilai Ni sesuai CoG yakni 1,5% - 1,79%, sehingga diperoleh nilai Co sebesar 0,052% - 0,058%, nilai Fe sebesar 16,844% - 18,285%, nilai SiO₂ sebesar 36,422% - 37,569%, nilai CaO sebesar 0,535% - 0,710%, nilai MgO sebesar 14,482% - 16,599%. nilai Cr₂O₃ sebesar 1,439% - 1,643%, nilai Al₂O₃ sebesar 3,766% - 4,058%.

Rekomendasi Metode Sampling

Metode *sampling* yang saat ini digunakan di PT. Antam Tbk UBPN Kolaka ialah salah duanya *test pit* dan *re-check*. *Test Pit* dilakukan untuk menentukan *ore* yang hendak diproduksi, sedangkan *re-check* dilakukan untuk memverifikasi kadar *ore* hasil produksi sebelum dilakukan proses *blending*. Namun dalam prosesnya, penggunaan kedua metode ini sering mengalami masalah, salah satunya yaitu terdapat perbedaan kadar yang signifikan antara kedua jenis sampel tersebut, yang menyebabkan terjadinya kerugian operasional perusahaan. Adapun masalah yang timbul akibat perbedaan kadar tersebut, seperti adanya material non- produksi yang turun ke *stockyard*, beserta material yang penempatannya tidak sesuai klasifikasi kadarnya, sehingga hal ini mengakibatkan adanya *cost* yang terbuang untuk mengembalikan material-material tersebut ke tempat yang seharusnya. Hal itu juga membuat produktivitas dari perusahaan menurun dikarenakan harus melakukan kerja lebih untuk memindahkan material-material tersebut.

Berdasarkan hal tersebut, direkomendasikan sebuah metode yang diharapkan dapat meminimalisir perbedaan kadar tersebut, metode tersebut ialah metode *bucket sampling*. *Bucket sampling* merupakan sampel produksi yang di *sampling* pada saat *ore* nikel laterit hendak dimuat ke dalam *dump truck* (Evadelvia & Sambari, 2021). Pengambilan sampel dengan cara ini didasari oleh karakteristik endapan bijih nikel laterit pada PT Antam Tbk. UBPN Kolaka yang bersifat heterogen, sehingga harus dilakukan pengambilan sampel yang sangat akurat agar kadar sampel yang diambil dapat mewakili populasi yang ingin diproduksi atau ditambang.

Penggunaan metode ini dilatar belakangi oleh faktor yang mempengaruhi variasi kadar unsur pada sampling *test pit* dan *re-check*, yaitu *ore* yang tidak dapat dikontrol kadarnya dikarenakan populasi yang di sampling bersifat heterogen. Oleh karena itu, penggunaan metode ini diharapkan dapat menjadi solusi atas kadar *ore* yang tidak dapat di kontrol. Adapun prosedur pengambilan dengan metode *bucket sampling* ialah sebagai berikut:

1. Operator *excavator* mengarahkan bucket ke posisi yang dapat dijangkau oleh tim *sampler*.
2. Sampel diambil pada *bucket* dengan titik 2/3 dari atas dan 1/3 dari bawah menggunakan sekop berkapasitas 5 kg.
3. Sampel dimasukkan ke dalam karung sampel.
4. Pengambilan sampel dilakukan tiap interval 3 *bucket* (1, 4, 7, 10, 13) untuk 1 kode sampel.
5. Sampel yang sudah lengkap kemudian diikat menggunakan tali rafia sesuai identitas sampel, lalu siap dikirim untuk di preparasi.

Ore yang telah di produksi dan di sampling kemudian diletakkan pada sekitar area site yang tidak mengganggu proses penambangan, hingga hasil kadar sampel keluar. *Ore* disusun berbentuk dome-dome kecil (per muatan *dump truck*), dan setelah hasil kadar sampel keluar, maka *ore* akan dibawa menuju *stockyard* sesuai klasifikasi kadarnya masing-masing (MNP, LGSO, dan HGS0). *Ore* yang telah tiba di *stockyard* tidak perlu di *re-check* kembali kadarnya, dikarenakan sudah terwakilkan oleh metode *sampling bucket* tersebut, sehingga apabila *ore* telah sampai di tempat penyimpanan sementara, *ore* dapat langsung dilakukan proses blending untuk menghasilkan kadar sesuai dengan permintaan pasar. Dimana melalui penggunaan metode ini, diharapkan tidak ada lagi material-material yang tidak sesuai dengan kadar yang diinginkan, sehingga dalam proses operasional penambangan di PT. Antam Tbk. UBPN Kolaka dapat lebih optimal lagi.

Penggunaan metode ini memiliki beberapa keunggulan dari metode sebelumnya, yakni dapat memperoleh hasil analisa kadar yang lebih akurat, dikarenakan populasi sampel yang di *sampling* lebih sedikit. Penggunaan metode ini juga memastikan bahwasanya tidak ada lagi material yang disimpan yang tidak sesuai dengan tempat penyimpanannya, sehingga perusahaan dapat fokus untuk mengolah lebih lanjut *ore* yang sudah diproduksi tanpa harus memindahkan material-material yang tidak sesuai terlebih dahulu, dan juga penggunaan metode ini membuat proses operasional perusahaan lebih runtut dan terjaga kualitasnya.

KESIMPULAN

Hasil analisis kadar rata-rata bijih nikel laterit menunjukkan variasi antara sampel *test pit* dan *re-check*. Kadar rata-rata Ni pada *test pit* sebesar 1,538%, lebih rendah dari *re-check* (1,608%) dengan selisih 0,070%. Korelasi antar unsur dan senyawa nikel laterit pada hasil sampling *test pit* dan *re-check* bervariasi. Korelasi sedang terlihat pada Ni (0,525), Co (0,543), MgO (0,568), Cr₂O₃ (0,514), dan Al₂O₃ (0,406). Korelasi kuat terdapat pada Fe (0,675), sedangkan korelasi lemah pada SiO₂ (0,320) dan CaO (0,299). Korelasi lemah ini berarti data antara kedua variabel memiliki perbedaan yang signifikan. Korelasi yang sedang ini mengindikasikan bahwa adanya hubungan yang lebih baik apabila dibandingkan dengan korelasi lemah, namun tetap menunjukkan bahwa kedua variabel tetap memiliki perbedaan nilai. Korelasi kuat ini berarti bahwa data antara kedua variabel cenderung memiliki

kesamaan walaupun belum sempurna. Pengaruh kadar Ni terhadap unsur-unsur lain adalah sebagai berikut: Co (10,2%), Fe (19,1%), SiO₂ (7,9%), CaO (19,2%), MgO (17,7%), Cr₂O₃ (20%), dan Al₂O₃ (24,9%). Dengan setiap peningkatan 1% Ni, masing-masing unsur meningkat sebesar: Co (0,024%), Fe (4,97%), SiO₂ (3,956%), CaO (0,606%), MgO (7,302%), Cr₂O₃ (0,703%), dan Al₂O₃ (1,007%). Metode yang direkomendasikan adalah *bucket sampling*. Saran untuk penelitian berikutnya adalah dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap efektivitas metode bucket sampling yang direkomendasikan perlu dilakukan untuk memastikan bahwa metode ini benar benar dapat memecahkan masalah terkait variasi kadar bijih nikel laterit.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiguno, S., Syahra, Y., & Yetri, M. (2022). Prediksi Peningkatan Omset Penjualan Menggunakan Metode Regresi Linier Berganda. *Jurnal Sistem Informasi Triguna Dharma (JURSI TGD)*, 1(4), 275-281.
- Alhabsyi, G. A. P., Rangu, R. B., Syamsuddin, S., & Sani, H. (2024). *Pengenalan Kegiatan Pertambangan*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Amin, N. F., Garancang, S., & Abunawas, K. (2023). Konsep umum populasi dan sampel dalam penelitian. *Pilar*, 14(1), 15-31.
- Azahra, A. A. (2022). Analisis Prediksi Jumlah Penerimaan Mahasiswa Baru Menggunakan Metode Regresi Linier Sederhana. *Bulletin of Applied Industrial Engineering Theory*, 3(1).
- Evadelvia, V. dan Sambari, G. (2021). Studi Perbandingan Kadar Ni dan Fe Berdasarkan Sampel Cek Pit dan Sampel Cek Stock Pile Mining Nikel pada PT. Bintangdelapan Mineral Sulawesi Tengah. *Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan dan Rekayasa Sipil*.
- Fadli, F. (2021). Hubungan Pola Penyebaran dan Ketebalan Zona Bijih Endapan Nikel Laterit dengan Topografi Permukaan Pada PT Aneka Tambang Tbk. *Indonesian Journal of Earth Sciences*, 1(1), 10-16.
- Fadlilah, M. R., Isniarno, N. F., & Guntoro, D. (2023). Pemodelan dan Estimasi Sumberdaya Nikel Laterit Berdasarkan Kandungan Ni dan Fe dengan Menggunakan Metode Kriging di PT Putra Perkasa Abadi, Kecamatan Langgikima, Kabupaten Konawe Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara. In Bandung Conference Series: Mining Engineering, 3(2), 489-499.
- Gautama, R. dan Kurnia, M. (2018). *Dilution Control at a Nickel*
- Kurniawan, R. dan Yuniarto, B. (2016). *Analisis Regresi: Dasar dan Penerapannya dengan R, Edisi Pertama*. Jakarta: Kencana.
- Kusumastuti, A., Khoiron, AM. dan Achmadi, TA. (2020). *Metode penelitian kuantitatif*. Deepublish.
- Lestalu, M. (2023). *Analisis Perbandingan Kadar Bijih Nikel Laterit Antara Sampel Test Pit dan Sampel Re-check Pit X PT Antam Tbk UBPN Kolaka*. Skripsi, Fakultas Teknik : Universitas Hasanuddin.
- Nawari. (2010). *Analisis Regresi dengan Ms. Excel 2007 dan SPSS 17*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- Prayogi, A., & Kurniawan, M. A. (2024). Pendekatan Kualitatif dan Kuantitatif: Suatu Telaah. *Complex: Jurnal Multidisiplin Ilmu Nasional*, 1(2), 30-37
- Purba, D. dan Purba, M. (2022). Aplikasi Analisis Korelasi dan Regresi Menggunakan Pearson Product Moment dan Simple Linear Regression. *Citra Sains Teknologi*, pp. 97-103.

- Radhica, DD. (2023). Proteksionisme Nikel Indonesia dalam Perdagangan Dunia. *Cendekia Niaga*, 7(1), 74-84.
- Raivel, R., & Firman, F. (2020). Karakteristik Endapan Nikel Laterit di Bawah Molasa Sulawesi Daerah Tinanggea, Sulawesi Tenggara. *Jurnal GEOMining*, 1(1), 25-37.
- Ramli, M., Anas, A. V., Tui, R. N. S., Amalia, R., & Lasefeati, M. A. (2023). Pelatihan Pembuatan Database Geologi Melalui Aplikasi Surpac Bagi Siswa Jurusan Geologi Pertambangan SMK Penerbangan Techno Terapan Makassar. *JURNAL TEPAT: Teknologi Terapan Untuk Pengabdian Masyarakat*, 6(2), 444-456.
- Syahrul, S., & Kumalasari, R. (2024). Estimasi Cadangan Nikel Laterit Menggunakan Metode Inverse Distance Weight dan Kriging di Blok X pada PT. Tambang Bumi Sulawesi, Kabaena Selatan Kabupaten Bombana, Sulawesi Tenggara. *Mining Science And Technology Journal*, 3(1), 39-50.
- Zalvino, MA. (2021). Prediksi dan Arah Kebijakan Mengenai Bijih Nikel di Indonesia dalam Menghadapi Peningkatan Permintaan Baterai Mobil Listrik. *Prosiding Temu Profesi Tahunan PERHAPI*.