

## Analisis Perbedaan Kadar Nikel Antara Front Penambangan dan Stockpile Pada PT Rockstone Multi Mining Indonesia

### Analysis of the difference in Nickel Grade Between the Mining Front and Stockpile at PT Rockstone Multi Mining Indonesia

Wahyu Maulana, A.B Thamsi, Citra Aulian Chalik

Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia

#### Info Artikel

*Diajukan: 05 April 2024*

*Diterima: 11 Juni 2024*

*Diterbitkan: 30 September 2024*

#### Keywords:

*Ferronickel; Ni Garde; Stockpile; Zona Saprolit*

#### Kata Kunci:

*Ferronickel; Kadar Ni; Stockpile; Zona Saprolit*



Lisensi: cc-by-sa

#### ABSTRACT

*PT Rockstone Multi Mining Indonesia Central Sulawesi is one of the companies that manages laterite nickel ore into ferronickel (FeNi) products. This study aims to determine the percentage of nickel content found in the mining front to the stockpile and to find out what percentage of the change in nickel content from the mining front to the stockpile and analyze the factors of the change in the level from the mining front to the stockpile. This study uses the field observation method. In the mining front data, with a total of 17 domes, the average level of Ni Front of reclamation is 1.91 while the average level of Ni stockpile is 1.90. When summing up the average value of the mining front and stockpile levels, a decrease in nickel content of 0.01% was obtained. The factors that cause changes in nickel levels are waterlogging, dredging of the Stockpile floor, the use of used sacks for samples, unclean buckets, unclean dump truck tubs, sampling errors, and preparation errors.*

#### ABSTRAK

PT Rockstone Multi Mining Indonesia Sulawesi Tengah merupakan salah satu perusahaan yang mengelola bijih nikel laterit menjadi produk ferronickel (FeNi). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui persentase kadar nikel yang terdapat pada Front penambangan ke stockpile dan mengetahui berapa persen perubahan kadar nikel dari Front penambangan ke stockpile serta menganalisis faktor-faktor perubahan kadarnya dari Front penambangan ke stockpile. Penelitian ini menggunakan metode observasi lapangan. Pada data Front penambangan, dengan total 17 dome menunjukkan kadar rata-rata Ni Front penambangan yaitu sebesar 1,91 sedangkan kadar rata-rata Ni stockpile adalah sebesar 1,90. Pada saat penjumlahan nilai rata-rata kadar Front penambangan dan stockpile didapatkan nilai penurunan kadar nikel sebesar 0,01 %. Faktor-faktor penyebab terjadinya perubahan kadar nikel adalah genangan air, pengerukan lantai Stockpile, penggunaan karung bekas untuk sampel, bucket yang kurang bersih, bak pada Dump Truck yang kurang bersih, kesalahan pengambilan sampel, kesalahan preparasi.

#### Corresponding Author:

Citra Aulian Chalik

Universitas Muslim Indonesia; : citraaulian@umi.ac.id

## PENDAHULUAN

Ada dua jenis logam nikel di alam, yaitu nikel sulfida dan nikel oksida yang biasa disebut laterit. Sebagai aturan umum, nikel sulfida terletak di bagian subtropis dunia sementara laterit terletak di khatulistiwa, dan berapa banyak aset normal untuk laterit lebih penting daripada nikel sulfida. Berdasarkan informasi yang didistribusikan pada tahun 1988, Indonesia menempati posisi kedua di planet ini untuk aset nikel (Prasetyo, 2016). Nikel adalah logam non-ferrous yang signifikan dan digunakan secara luas untuk baja olahan dan baja komposit, baja penutup, atau sebagai pendorong dalam siklus hidrogenasi pada industri sintetik minyak (Li et al., 2012). Aset nikel saat ini menggabungkan logam nikel sulfida dan mineral nikel laterit, yang mewakili sekitar 30% dan 70% dari cadangan nikel dunia, secara terpisah. Namun, lebih dari 60% produksi nikel berasal dari mineral nikel sulfida (Lv et al., 2010).

Nikel laterit merupakan mineral yang memiliki nilai finansial yang tinggi mengingat saat ini dan nanti minat terhadap nikel semakin meningkat (walaupun kebutuhannya berbeda-beda yang pasokannya semakin terbatas, sehingga mendorong minat para pelaku usaha untuk membuka tambang nikel) (Sundari, 2012). Nikel memiliki hambatan erosi. Campuran nikel, krom, dan besi menghasilkan baja tempered yang umumnya diaplikasikan pada peralatan masak, dekorasi rumah dan bangunan, serta suku cadang modern (Sukandarrumidi, 2007). Salah satu variabel yang mempengaruhi penataan simpanan nikel laterit adalah morfologi, batu awal dan tingkat keawetannya (Kurniadi, Adi. Rosana, Mega Fatimah. Yuningsih Euis Tintin. Luhur, 2018). Sistem kekekalan dimulai pada batuan ultramafik (peridotit, dunit, serpentinit), dimana batuan tersebut banyak mengandung mineral olivin, piroksen, magnesium silikat dan besi silikat yang sebagian besar mengandung nikel 0,30% (Charles R.M, 2013). Jalannya susunan nikel laterit dimulai dengan siklus menetap yang terkonsentrasi pada batuan peridotit, kemudian pada saat itu, air menembus ke dalam zona retakan batu dan akan memecah mineral terlarut secara efektif di batuan dasar. Mineral dengan gaya berat yang tidak ambigu akan tertinggal pada tingkat superfisial sehingga mengalami peningkatan deposit seperti komponen Ca, Mg, dan Si (Jagad Sirollahi & Nursanto, 2021). Nikel adalah logam putih mengkilap, ringan, area kekuatan utama untuk karat berat, keras, lentur, agak feromagnetik, dan merupakan saluran intensitas dan daya yang cukup baik. Nikel memiliki tempat dengan pengumpulan logam besi-kobalt (LAURENCE ROBB, 20189). Mineral nikel terdiri dari Ni-sulfida (nikel sulfida) dan Ni-laterit (nikel laterit). Mineral Ni-Sulfida pada umumnya memiliki struktur yang esensial dan berhubungan dengan batuan mafik dan ultrabasa (piroksinit, harzburgit, dan dunit). Nikel laterit merupakan hasil sisa senyawa yang bertahan lama pada batuan ultrabasa (dunit, peridotit) dan modifikasinya (Tonggiroh et al., 2012).

Keberadaan simpanan nikel laterit sebagian besar umumnya tersampaikan di daerah-daerah seperti di Wilayah Sulawesi Selatan, terdapat di wilayah Soroako, Kabupaten Luwu Timur dan Lokal Palakka, Rezim Barru. Selanjutnya, simpanan nikel laterit juga terlacak di Daerah Sulawesi, khususnya Kabupaten Morowali, Kabupaten Luwuk Banggai dan Wilayah Sulawesi Tenggara (Arifin, 2016). Proses penambangan sumber daya nikel di PT *Rockstone* Multi Mining Indoneia terdapat permasalahan berupa terjadi selisih kandungan nikel antara *Front* penambanan dengan stokpile. Dari masalah ini, diidentifikasi dengan tujuan mencegah masalah yang dapat menimbulkan kerugian pada perusahaan yang dihasilkan sebagai dasar untuk proses penjualan. Berdasarkan permasalahan tersebut, dilakukan penelitian analisis perbedaan kadar nikel pada hasil data Ni *Front* penambangan dengan data Ni *Stockpile* untuk mencegah permasalahan di perusahaan PT *Rockstone* Multi Mining Indoneia. Dengan demikian, dari permasalahan inilah sehingga penulis melakukan penelitian dengan judul "Analisis Perbedaan Kadar Nikel Antara *Front* Penambangan Dan *Stockpile* Pada PT. *Rockstone* Multi Mining Indones" pada Kabupaten Morowali Utara Sulawesi Tengah.

## METODE

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan. Yang pertama tahapan persiapan administrasi berupa pengurusan persyaratan dari jurusan dan fakultas sebelum penyusunan laporan tugas akhir serta pengurusan surat rekomendasi penelitian sebelum berangkat ke tempat



penelitian. Pada tahapan kedua dilakukan studi pustaka, tahap ketiga dilakukan kegiatan *survei* lapangan dan pengolahan data penulis melakukan pengamatan berupa orientasi lapangan guna untuk memahami situasi dan kondisi daerah pengambilan data.

Tahap pengambilan data merupakan tahap pelaksanaan pekerjaan segala data yang dibutuhkan akan dikumpulkan untuk menunjang kegiatan penyusunan laporan nantinya. Dalam pengambilan data terdiri atas dua jenis data yang digunakan antara lain. Data primer merupakan data pokok yang diperoleh dari penelitian langsung dari pengujian dilaboratorium, data pokok yang diambil yaitu: data kadar nikel pengeboran, data kadar nikel pada *dome* dan dokumentasi. Data sekunder adalah data-data yang diperoleh dari jurnal ilmiah dan buku hasil-hasil penelitian sebelumnya yang berhubungan langsung dengan tujuan penelitian. Data hasil pengamatan kemudian diolah dan dianalisis untuk mengetahui kadar rata-rata dari hasil pengeboran dan hasil penambangan sehingga dapat diketahui perbandingan perubahan kadarnya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Data Kadar Nikel *Front* Penambangan dan *Stockpile*

Data penelitian di ambil pada PT. *Roctone Multi Mining* Indonesia yang berada di Kabupaten Morowali Utara Sulawesi Tengah. Pada lokasi tersebut terdapat 17 *dome* pengambilan sampel. Berikut adalah data yang di dapatkan pada tabel 1.

Tabel 1. Data kadar nikel *Front* Penambangan dan *stockpile*

Kode Dome	Kadar <i>Front</i> penambangan (%)	Kadar <i>Stockpile</i> (%)	Selisih Kadar (%)	Tonase (Ton)
1	1,73	1,72	0,01	249,60
2	2,20	1,62	0,58	96,00
3	1,82	1,78	0,04	230,40
4	1,65	1,72	0,07	190,09
5	2,17	2,15	0,02	583,68
6	2,16	1,88	0,28	384,00
7	1,81	1,59	0,22	230,40
8	1,77	1,78	0,01	134,40
9	1,86	1,87	0,01	401,28
10	1,80	2,03	0,23	737,28
11	1,72	1,72	0,00	921,60
12	1,85	1,84	0,01	739,20
13	2,11	2,15	0,04	787,20
14	1,48	1,72	0,24	38,40
15	1,90	1,89	0,01	563,40
16	2,03	1,98	0,05	401,28
17	1,89	1,8	0,09	326,04
Rata-Rata	1,91	1,90	0,01	6769,11

Untuk mengetahui besarnya penyesuaian level dari *front* penambangan ke *stockpile*, penting untuk melihat konsekuensi dari pengujian di *front* penambangan sehingga dapat dikoordinasikan dengan informasi pada *stockpile* sebagai berikut: Akibat dari pemeriksaan setiap contoh di lab diperoleh kadar normal pada *front* penambangan adalah : 1.73%, 2.20%, 1.82%, 1.65%, 2.17%, 2.16%, 1.81%, 1.77%, 1.86%, 1.80% , 1,72%, 1,85% 2,11% 1,48%, 1,90%, 2,03%, 1,89%. Dengan tingkat tipikal investigasi contoh umum di *Front* Pertambangan adalah: 1,91%. Hasil pemeriksaan masing-masing contoh di fasilitas penelitian didapatkan bahwa kadar tipikal dalam cadangan adalah:



1,72%, 1,62%, 1,78%, 1,72%, 2,15%, 1,88%, 1,59%, 1,78%, 1,87%, 2,03 %, 1,72%, 1,84%, 2,15%, 1,72%, 1,89%, 1,98% 1,8%. Dengan tingkat tipikal pemeriksaan contoh umum di toko adalah: 1,90%.

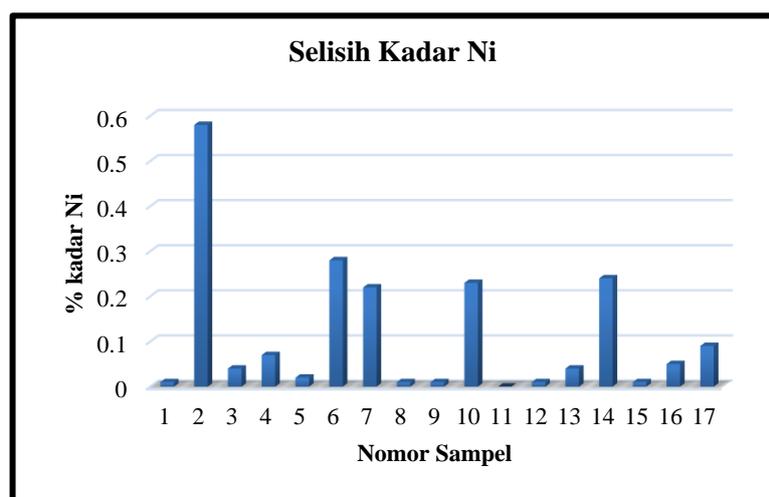
Tabel 2. Perbandingan Kadar Ni

Perbandingan Kadar Ni		
Unsur	Identitas	Rata-rata
Ni	<i>Front</i> penambangan	1,91%
Ni	<i>Stockpile</i>	1,90%
Selisih Kadar Ni		0,01%

Tabel 2 dapat dilihat bahwa kadar nikel *Front* Penambangang sebesar 1,91 % sedangkan hasil data kadar pada *Stockpile* Penambangan menunjukkan kadar nikel sebesar 1,90 %. Pada saat penjumlahan nilai rata-rata kadar stockpile didapatkan nilai penurunan kadar nikel sebesar 0,01 %. PT *Rockstone Multi Mining* Indonesia melakukan penambangan nikel. Untuk produksi sendiri, PT *Rockstone Multi Mining* Indonesia menetapkan batas yaitu dengan kadar di atas 1,8% keatas namun sayangnya, terkadang kadar yang sudah diperoleh kadarnya dari hasil produksi terkadang berbeda. Melihat dari kondisi tersebut, maka masalah perubahan kadar yang terjadi pada area penambangan menjadi salah satu masalah besar yang terjadi.

#### Pengontrolan Terhadap Perubahan Kadar

Elemen pengendali ketebalan saprolit adalah laju elevasi struktural dan muka air tanah, di mana laju inspirasi struktural yang lambat dan muka air tanah yang rendah selama periode yang lama menyebabkan lapisan saprolit lebih tebal (Anbiyak, 2018). Lapisan ini dicirikan dengan kadar nikel lebih tinggi yang terkandung dalam mineral alterasi seperti garnierit dan serpentinit sekunder. Pelepasan ion Ni dari rekristalisasi goetit dan hematit dari lapisan limonit tertransportasi kembali ke saprolit dan terendapkan mineral serpentinit sekunder (Permanadewi, 2017).



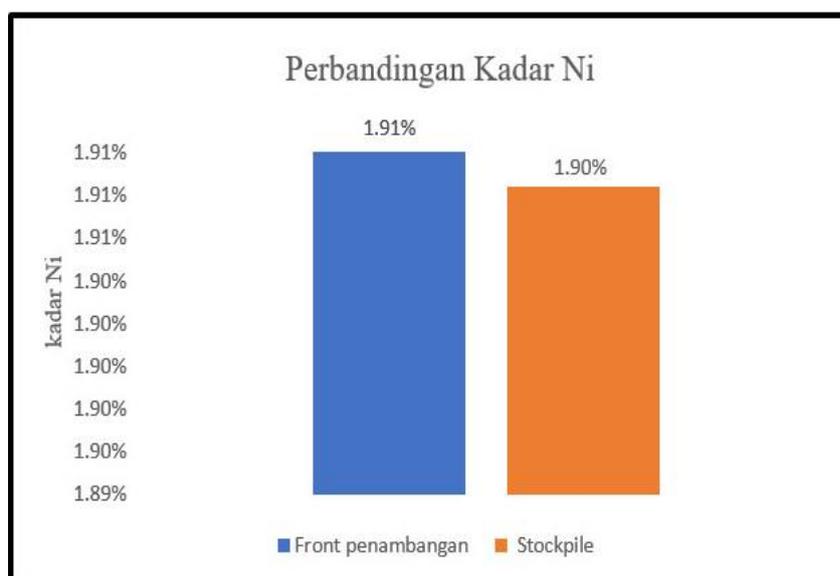
Gambar 1. Selisih Kadar Ni

Pemeriksaan tersebut karena adanya bahan yang tidak berguna yang tercampur dalam mineral tersebut. Strategi penambangan tertentu dirasa sangat ampuh untuk menghindari perubahan kadar, namun dalam prosesnya ada hal-hal yang harus dinilai, misalnya saat membuka wilayah penampung

dengan kerangka isi ulang (menyimpan OB di lahan yang dimanfaatkan) itu dalam banyak kasus dilakukan pada blok pit cadangan lain. Selanjutnya, OB yang didorong ke daerah blok cadangan akan mencemari logam di tambang dan sering terjadi penggalian logam di luar blok. Ini membuat kadar di tambang berubah. Perbedaan kadar Ni dapat dilihat pada Gambar 1. Selisih kadar Ni berdasarkan hasil pengeboran terhadap hasil penambangan dapat dilihat juga pada gambar 1.

### Faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan kadar sampel

Sampel 02 mengalami perbedaan kadar 0,58% sampel tersebut mengalami perbedaan kadar yang signifikan (penurunan) dan perbedaan kadar yang tertinggi diantara sampel lainnya, dikarenakan sampel 02 terjadi kelalaian saat pengambilan sampel, saat ritasi alat angkut sampel yang diambil harus dilakukan tiap ritasi, tetapi saat pengambilan sampel 02 ini terjadi kesalahan perhitungan ritasi yang menyebabkan dalam sampel terdiri dari beberapa ritasi yang menumpuk. Sampel 06 mengalami penurunan kadar 0,28% dikarenakan pengambilan sampelnya terjadi kesalahan saat perhitungan ritasi sehingga saat pengambilan sampel 06 ini terjadi penumpukan beberapa ritasi. Sampel 10 mengalami peningkatan kadar 2,03% disebabkan adanya material ikutan berupa bijih nikel yang memiliki kadar yang lebih tinggi ikut saat pengambilan sampel. Sampel 14 mengalami peningkatan 1,72% disebabkan adanya material ikutan berupa bijih nikel yang memiliki kadar yang lebih tinggi ikut saat pengambilan sampel. Rata rata perbedaan kadar Ni *Front penambangan* dan *stockpile* dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Perbedaan Rata Rata Kadar Ni

### Faktor Penyebab Perubahan Kadar Ni

Dalam kegiatan penambangan sering terjadi adanya ketidaksesuaian antara rencana dengan kondisi aktual di lapangan, ketidaksesuaian ini ditemukan setelah dilakukan rapat kerja mengenai analisis perbandingan kadar Ni antara *mine plan* dan realisasi penambangan. Ketidaksesuaian yang sering terjadi mencakup pencampuran antara *ore* dan *waste* yang dapat menurunkan kadar Ni (Heriawan et al., 2009). Genangan air yaitu Saat terjadi hujan dan proses produksi masih berlanjut, sering menyebabkan adanya genangan air di sekitar tumpukan *ore*. Air tersebut akan mengalir, membawa unsur-unsur yang menjadi pengotor hingga sampai ke *loading point* sehingga air tersebut akan mempengaruhi kualitas kadar Ni yang ditambang seperti yang dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Genangan Air pada *Stockpile*

Pembuatan lantai *stockpile* menggunakan material *top soil* maupun limonit yang dimana material tersebut memiliki kadar Ni yang rendah. Tumpukan *ore* yang telah diangkut dari pit kemudian dikumpulkan pada *stockpile* sebelum dimuat ke tongkang. Pada saat pemuatan ke tongkang menggunakan alat *excavator*, sering terjadi pengerukan sampai lantai dasar *stockpile* yang mengakibatkan material yang dijadikan sebagai lantai *stockpile* ikut dimuat pada *dump truck*. Hal itu menyebabkan *ore* terkontaminasi dengan material limonit maupun *top soil*. Sehingga dapat mempengaruhi kadar Ni, Seperti yang dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Pengerukan Lantai Dasar *Stockpile*

*Bucket* yang kurang bersih yaitu Alat *excavator backhoe* yang digunakan untuk memuat material *ore* ke *dump truck* dari *Front*, seringkali digunakan untuk memperbaiki landasan *stockpile*, memperbaiki jalan hauling dan mengupas *over burden*. Sehingga pada saat pemuatan *ore*, material pengotor yang masih melekat pada *bucket* ikut tercampur dengan *ore* yang dimuat. Hal ini menyebabkan *ore* terkontaminasi dengan material pengotor yang dapat mempengaruhi kadar Ni, Seperti yang dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. *Bucket yang Kurang Bersih*

Penggunaan Karung Bekas untuk Sampel yaitu Sampel yang telah diambil oleh petugas pengambil sampel kemudian dimasukkan ke dalam karung bekas yang sudah pernah digunakan sebelumnya. Penggunaan karung bekas menyebabkan sampel terkontaminasi dengan sisa-sisa sampel sebelumnya yang masih ada didalam karung, Seperti yang dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. *Karung Bekas*

Preparasi sampel, khususnya pekerjaan preparasi sampel manual, peluang ketepatan pekerjaan, terutama pada conto yang semakin berkurang menggunakan matriks dan proses mixing conto sehingga conto tersebut dianggap homogen. Unikny jika pekerjaan preparasi conto dilakukan dengan tepat sehingga ketepatan conto pekerjaan terjamin dan tersirkulasi secara merata, maka pada saat itu akan mempengaruhi kadar logam nikel yang akan diperiksa di laboratorium (Masuara, 2018). Kemampuan *operator*, khususnya Tidak adanya kemampuan manajemen dan *operator* dalam memilih bijih berkadar tinggi dengan kualitas buruk walaupun dengan evaluasi visual, sehingga logam nikel dengan kadar kedua disandingkan dengan logam nikel berkadar tinggi.

## Upaya Mengatasi Perubahan kadar

Upaya untuk mengurangi perubahan terhadap kadar nikel dapat dilakukan dengan cara-cara sebagai berikut. Pengawasan yang intensif yaitu Pengawas lapangan bertugas melakukan pengawasan mulai saat produksi dimulai sampai saat proses produksi selesai. Pentingnya pengawasan ditingkatkan untuk menghindari hal-hal yang tidak diinginkan. Contohnya, agar operator tidak salah dalam mengambil *ore* pada saat memuat ke *dump truck*. Selain itu, agar menghindari pengambilan material landasan *stockpile* yang dapat menurunkan kadar nikel. Peningkatan pemahaman *driver* dalam kebersihan bak *dump truck* yaitu *driver dump truck* akan mempunyai tugas yang juga cukup penting, yaitu mampu menjaga kebersihan bak dari sisa-sisa material pengotor yang dapat menurunkan kadar nikel. Kebersihan bak *dumptruck* perlu diperhatikan agar *ore* yang akan dimuat tidak terkontaminasi dengan sisa-sisa material pengotor. Peningkatan pemahaman *operator* dalam pengambilan *ore* dan kebersihan *bucket* yaitu *operator excavator* akan mempunyai tugas yang cukup penting, yaitu mampu membedakan antara *ore* dengan landasan *stockpile* yang dapat menurunkan kadar nikel dan dapat menjaga kebersihan *bucket*. Oleh karena itu, pemahaman *operator* sangat diharapkan saat proses produksi dilakukan sehingga *operator* yang mempunyai pengalaman lebih diutamakan dalam proses produksi nikel untuk menjaga kualitas kadar nikel. Peningkatan pemahaman *sampler* dalam kebersihan karung yaitu saat mengambil sampel, *sampler* harus memperhatikan kebersihan karung yang digunakan sebelumnya. Oleh karena itu, pemahaman *sampler* sangat diharapkan saat produksi dilakukan untuk menjaga kualitas kadar nikel. Agar kualitas lebih terjaga diharapkan untuk menggunakan karung baru. Peningkatan kinerja petugas preparasi yaitu petugas preparasi harus bekerja sesuai dengan standar operasional

## KESIMPULAN

Persentase perbandingan nilai kadar Ni berdasarkan hasil dari *Front* penambangan yaitu 1,91% dan hasil dari *stockpile* yaitu 1,90%. Perbandingan selisih kadar nikel hasil dari *Front* penambangan dan *stockpile*, yaitu 0,01%. Faktor-faktor penyebab terjadinya perubahan kadar nikel, yaitu adanya genangan air pada *stockpile*, pengerukan lantai *stockpile*, kondisi *bucket* pada *excavator* yang kurang bersih, kondisi karung yang kurang bersih dan kesalahan preparasi.

## REFERENSI

- Anbiyak, N. (2018). Penggunaan Metode Geostatistik Dalam Estimasi Kadar Nikel Pada Cebakan Bijih Nikel Laterit Petea. *Prosiding Temu Profesi Tahunan PERHAPI*, 1(1), 271–284. <https://doi.org/10.36986/ptptp.v0i0.27>
- Arifin, M. (2016). Karakteristik Endapan Nikel Laterit Pada Blok X Pt. Bintangdelapan Mineral Kecamatan Bahodopi Kabupaten Morowali Provinsi Sulawesi Tengah. *Jurnal Geomine*, 1(1), 37–45. <https://doi.org/10.33536/jg.v1i1.7>
- Charles R.M, D. C. (2013). *Nickel Laterite ore deposits*.
- Heriawan, M. N., Widodo, L. E., Airlangga, E., & Rustiawan, W. (2009). Analisis Kerapatan Data Eksplorasi Dan Estimasi Pada Endapan Nikel Laterit Di Daerah Halmahera Timur. *Jtm*, XVI(2), 89–102.
- Jagad Sirollahi, M. L., & Nursanto, E. (2021). *Perbandingan Unsur Logam Pada Lapisan Limonit dan Saprolit di Front Pertambangan Nikel di Daerah Huko-Huko Kecamatan Pomalaa Kabupaten Kolaka*. 2021(November), 295–299.
- Juradi, M. I., Bakri, S., & Takur, T. Studi Penurunan Kadar Bijih Nikel pada Blok C PT Jagad Rayatama Konawe Selatan Sulawesi Tenggara. *Jurnal GEOSAPTA*, 10(2), 1-5.
- Kurniadi, Adi. Rosana, Mega Fatimah. Yuningsih Euis Tintin. Luhur, P. H. (2018). Karakteristik Batuan Asal Pembentukan Endapan Nikel Laterit Di Daerah Madang dan Serakan Tengah. *Padjadjaran Geoscience Journal*, 02(03), 221–234.
- LAURENCE ROBB. (20189). Introduction to Ore-Forming Processes. In *News.Ge* (p. <https://news.ge/anakliis-porti-aris-qveynis-momava>).
- Li, J., Xiong, D., Chen, H., Wang, R., & Liang, Y. (2012). Physicochemical factors affecting leaching of laterite ore in hydrochloric acid. *Hydrometallurgy*, 129–130, 14–18. <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2012.08.001>



- Lv, X., Bai, C., He, S., & Huang, Q. (2010). Mineral change of Philippine and Indonesia nickel lateritic ore during sintering and mineralogy of their sinter. *ISIJ International*, 50(3), 380–385. <https://doi.org/10.2355/isijinternational.50.380>
- Masuara, A. H. (2018). Evaluasi Kadar Produksi Nikel Laterit Di Pt. Antam Tbk. *Jurnal Dintek*, 11(Nomor 2), 33–45.
- Permanadewi, S. (2017). Cebakan Nikel Laterit Di Pulau Gag, Kabupaten Raja Ampat, Provinsi Papua Barat. *Buletin Sumber Daya Geologi*, 12(1), 55–70. <https://doi.org/10.47599/bsdg.v12i1.23>
- Prasetyo, P. (2016). Sumber Daya Mineral Di Indonesia Khususnya Bijih Nikel Laterit Dan Masalah Pengolahannya Sehubungan Dengan UU Minerba 2009. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi 2016*, 8(November), 1–10.
- Sukandarrumidi. (2007). *geologi mineral logam* (gadjah mada University, Ed.).
- Sundari, W. (2012). Analisis Data Eksplorasi Bijih Nikel Laterit Untuk Estimasi Cadangan dan Perancangan Pit pada PT. Timah Eksplomin di Desa Baliara Kecamatan Kabaena Barat Kabupaten Bombana Provinsi Sulawesi Tenggara. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) Periode III, November*, 252–260.
- Tonggihroh, A., Suharto, & Muhandi, M. (2012). Analisis Pelapukan Serpentin dan Endapan Nikel Laterit Daerah Pallanggas Kabupaten Konawe Selatan Sulawesi Tenggara. *Prosiding Teknik Geologi 2012*, 6(1), 978–979.

