Journal of Science and Engineering

Full Paper

STUDI PERUBAHAN KADAR NIKEL HASIL EKSPLORASI DENGAN PENAMBANGAN PADA PT. BINTANG DELAPAN MINERAL, KABUPATEN MOROWALI.

Apriadi Saputra[1], Gina Audina P Alhabsyi[2], Syarifullah Bundang[3], Muslimin U Botjing[1], Adriansyah Wuriadin Lantapi[4]

[1]Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako, Palu, Indonesia.
[2]Jurusan Teknik Pertambangan. Universitas Pejuang Republik Indonesia, Makassar, Indonesia.
[3]Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Khairun, Ternate, Indonesia.
[4]Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Tenggara,Kendari, Indonesia.

*Corresponding author
gina.audina0111@gmail.com

Graphical Abstract

Abstract

In mining activities, there is often a discrepancy between the plan and actual conditions in the field. The purpose of this study is to determine the factors causing changes in Ni levels between exploration and mining activities. This study used drill sample data and mining samples using grab sampling (assay). From the results of the study, the Ni content value in exploration activities was 1.83% and in mining activities was 1.73% with a difference in content of 0.10%. The results of the difference in content are the influence of factors such as the heterogeneous nature of nickel, drilling activities, topographic conditions, mining methods, controlling factors for dilution, waste position to ore, reserve calculation methods, rainwater and human error.

Keywords: changes in Ni content, Exploration, Mining activities.

Abstrak

Dalam kegiatan penambangan sering terjadi adanya ketidak sesuaian antara rencana dengan kondisi aktual di lapangan. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui faktor penyebab terjadinya perubahan kadar Ni antara kegiatan eksplorasi dan penambangan. Pada penelitian ini menggunakan data sampel bor dan sampel penambangan menggunakan grab sampling (assay). Dari hasil penelitian dari hasil penelitian di dapatkan nilai kadar Ni pada kegiatan eksplorasi adalah 1,83 % dan pada kegiatan penambangan sebesar 1,73 % dengan selisih perbedaan kadar sebesar 0,10 %. Hasil perbedaan kadar tersebut merupakan pengaruh dari factor-faktor seperti sifat heterogen nikel, kegiatan pemboran, kondisi topografi, metode penambangan, faktor pengontrol terhadap dilusi, posisi waste terhadap ore, metode perhitungan cadangan, air hujan dan kesalahan manusia.

Kata kunci : perubahan kadar Ni, Eksplorasi, Penambangan.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License

1. PENDAHULUAN

Pertambangan merupakan sebagaian atau seluruh tahapan kegiatan dalam rangka penelitian, pengelolaan dan pengusahaan mineral atau batubara yang meliputi penyelidikan umum, eksplorasi, studi kelayakan, konstruksi, penambangan, pengolahan dan pemurnian, pengangkutan dan penjualan serta kegiatan pasca tambang [1]. Dalam tahapan ini salah satu hal yang kerap menjadi persoalan adalah bedanya nilai kadar antara kegiatan eksplorasi dan penambangan. Begitupun dalam pertambangan mineral seperti nikel.

Nikel sendiri merupakan salah satu mineral logam yang memiliki nilai harga jual yang tinggi/ekonomis karena bersifat yang tahan korosi, kuat, dan dapat dimanfaatkan dalam berbagai industri, termasuk baterai dan

manufaktur baja tahan karat [2]. Dalam kegiatan eksplorasi dan penambangan, kadar nikel yang diperoleh sering kali mengalami perubahan, perbedaan dapat berdampak pada perencanaan produksi, estimasi ekonomi, dan kelayakan suatu tambang [3]. perbedaan dapat disebabkan oleh pengaruh berbagai faktor seperti metode eksplorasi, kondisi geologi, serta teknik penambangan yang digunakan dan lain-lain. Berdasarkan penelitain sebelumnya, ditemukan bahwa terdapat selisih kadar antara hasil eksplorasi dengan realisasi penambangan sebesar 0,06%, dengan persentase penurunan kadar mencapai 2,60% [4]. Faktor-faktor seperti kondisi hidrogeologi, morfologi, aktivitas longsoran, serta metode pengambilan sampel berperan dalam distribusi kadar nikel [4], pada penelitian lain didapatkan selisih perbedaan kadar antara eksplorasi dan penambangan sebesar 0,15%-0,33% [5]. Dengan faktor penyebab adalah sifat heterogen bijih, letak waste terhadap bijih dan keterampilan operator [5]. Di penelitian lain didapatkan selisih kadar eksplorasi dan penambangan sebesar 0,40% dengan faktor penyebab adalah intensitas air hujan ,suhu atau kelembaban,dan topografi [6].

Tingkat Validitas dari data eksplorasi akan terbukti setelah dilaksanakannya kegiatan penambangan, namun pada sering terjadi perbedaan antara data hasil eksplorasi dengan realisasi penambangan, maka penelitian dilakukan untuk menganalisa seberepa persen perubahan perbedaan kadar eksplorasi dengan penambangan dan penyebab terjadinya perbedaan kadar hasil eksplorasi terhadap realisasi penambangan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Nikel

Nikel merupakan logam yang memiliki unsur dengan nomor atom 28 dan berat atom 58,6934. Nikel merupakan logam fase padat dengan berat jenis sekitar 8,902 g/cm3 pada suhu 19,85^{0}C serta konduktivitas elektrik sebesar 22%. Titik lebur nikel berada pada suhu 1453^{0}C dan setelah melebur akan berubah menjadi fasa cair denga titik didih sebesar 2732^{0}C [7].

Bijih nikel laterit merupakan salah satu sumber daya mineral yang melimpah di Indonesia. Cadangan bijih nikel laterit di Indonesia mencapai 12% cadangan nikel dunia, yang tersebar di Pulau Sulawesi, Maluku, dan pulau kecil-kecil disekitarnya. 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 [8].

2.2 Penentuan Kadar

Suatu endapan bahan galian dapat diketahui kandungan kadarnya, setelah dilakukan proses pengambilan sampel, baik sampel eksplorasi maupun sampel produksi. Proses pengambilan sampel adalah pengambilan yang dilakukan sebagian kecil dari suatu massa yang besar yang cukup representatif untuk mewakili keseluruhan massa yang ada [4].

Eksplorasi yaitu suatu kegiatan untuk mencari, menemukan dan mendapatkan suatu endapan bahan tambang (bahan galian) yang kemudian secara ekonomi dapat dikembangkan untuk diusahakan.

Untuk mendapatkan sampel eksplorasi, maka terlebih dahulu harus melakukan kegiatan pemboran, sampel kemudian dimasukkan kedalam kantong-kantong sampel yang telah disediakan dan diberi label sesuai dengan nama bukit, daerah pemboran, nomor titik bor (TB) dan tanggal pengambilan . kemudian sampel tersebut dikirim kebagian preparasi sampel unutk direduksi ukurannya, selanjutnya dianalisa dilaboratorium kimia.

Penentuan kadar produksi produksi bijih nikel dilakukan melalui dua tahap, yaitu tahap pertama penentuan kadar produksi ETO dan EFO, hal ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kadar rata-rata setiap harian pada stockpile sebelum dieksport. Selanjutnya sampel dipreparasi sebelum dikirim ke laboratorium untuk dianalisa kadarnya, sampelh dipastikan telah direduksi baik jumlah maupun ukuran butir, sehingga didapat sampel setelah dianggap homogen.

2.3 Faktor Perubahan Kadar

Faktor perubahan kadar nikel adalah kegiatan atau kondisi yang dapat mempengaruhi sehingga nilai kadar nikel eksplorasi dan produksi mengalami perubahan. Adapun Beberapa faktor yang mempengaruhi perubahan kadar dari beberapa sumber penelitian lain adalah

- Penelitian masuara pada tahun 2018 Faktor penyebab perubahan kadar adalah kondisi hidrogeologi, morfologi, aktivitas longsoran, serta metode pengambilan sampel berperan dalam distribusi kadar Nikel.
- Menurut penelitian Pranata dkk, pada tahun 2017 Faktor penyebab perubahan kadar adalah sifat heterogen bijih, letak waste terhadap bijih dan keterampilan operator.
- Menurut Penelitian Jafar dkk, pada tahun 2023 Faktor penyebab perubahan kadar adalah intensitas air hujan ,suhu atau kelembaban dan topografi.

- Menurut penelitian Mifta dkk [9], pada tahun 2020 Faktor penyebab perubahan kadar adalah Penyebaran bijih yang tidak merata, dilusi bijih, serta pengambilan dan preparasi sampel.

3. METODE

Penelitian ini dilakukan di PT. Bintang Delapan Mineral yang terletak di Desa Bahomakmur, kecamatan Bahodopi, Kabupaten Morowali, Provinsi Sulawesi Tengah. Dimana kesampaian daerah ke lokasi penelitian bisa di tempuh dengan roda empat dari Kota Makassar dengan jarak 850 Km dengan waktu ±20 jam, sedangkan dari Kota Palu ditempuh dengan jarak 550 km dengan waktu ±14 jam, dan dari Kota Kendari di tempuh dengan jarak 280 Km dengan waktu ±6 jam.

Gambar 1. Kesampaian daerah lokasi penelitian

Dalam penelitian ini dilakukan Pengumpulan data berupa data primer dan data sekunder, dimana data primer meliputi Data log bor , Data kadar realisasi penambangan. Sedangkan data sekunder meliputi Data curah hujan, data produksi, data survey dan Peta lokasi kesampaian daerah. Pengambilan sampel dilakukan dengan cara berbeda antara kegiatan eksplorasi dan penambangan. Sample eksplorasi, menggunakan sampel pemboran. Salah satu metode yang biasah dipakai dalam kegiatan eksplorasi untuk memperoleh sample yang ada di lapangan yaitu dengan menggunakan metode pemboran. Sedangkan sampel untuk front penambangan dengan cara grab sampling, pengambilan sampel secara acak ke kantong sampel. Hasil sampel kemudian dikirim ke laboratorium untuk mendapatkan hasil assay (analisis kadar) selanjutnya diolah untuk dianalisis komparasi perbedaan kadar. Serta mencari tahu penyebab perbedaan kadar.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Kadar Eksplorasi

Pada kegiatan eksplorasi, penentuan kadar nikel merupakan bagian yang terpenting untuk menentukan jumlah cadangan. Adapun kadar Ni terendah untuk ditambang berdasarkan Cut Of Grade (COG) yang telah ditetapkan oleh PT. Bintang Delapan Mineral yaitu 1.04% dan kadar Ni tertinggi yaitu 2.05. Dari 17 jumlah titik bor yang telah diketahui kadalamannya, kemudian dipreparasi dan dianalisa di laboratorium PT. Bintang Delapan Mineral sehingga didapatkan kadar rata-ratanya yaitu: 1.83%. Berikut adalah data rata-rata kadar Ni dari kegiatan eksplorasi.

Tabel 1. Kadar rata-rata Ni pada kegiatan Eksplorasi Blok 5D

No.	ID_HOME	HOME	TONNAGE	NI	Fe	REMARKS
1	RM.001-20230823	RM.001	859.64	1.74	29.11	3 Sampel
2	RM.002-20230823	RM.002	1,255.79	1.81	24.68	5 Sampel
3	RM.003-20230823	RM.003	1'251.920	1.69	23.4	6 Sampel
4	RM.004-20230823	RM.004	1,293.69	1.84	22.41	4 Sampel
5	RM.005-20230823	RM.005	1,255.72	1.82	20.95	5 Sampel
6	RM.006-20230823	RM.006	1,647.60	1.81	16.26	6 Sampel
7	RM.007-20230823	RM.007	1,123.39	1.79	21.53	5 Sampel
8	RM.008-20230823	RM.008	983.55	1.99	26.85	4 Sampel
9	RM.009-20230823	RM.009	1,195.13	1.97	30.11	4 Sampel

10	RM.010-20230823	RM.010	699.29	1.81	32.17	3 Sampel
11	RM.011-20230824	RM.011	1,024.71	2.02	25.78	5 Sampel
12	RM.012-20230825	RM.012	1,924.41	2.01	36.37	7 Sampel
13	RM.013-20230826	RM.013	1,576.77	2.07	23.01	7 Sampel
14	RM.014-20230827	RM.014	1,794.11	1.88	21.48	6Sampel
15	RM.015-20230828	RM.015	2,096.87	1.59	19.13	8 Sampel
16	RM.016-20230829	RM.016	1,671.16	1.48	29.4	7 Sampel
17	RM.017-20230830	RM.017	2,018.42	1.71	22.28	8 Sampel
JUMLAH RATA-RATA NI DAN Fe				**1.83**	**25**	

4.2 Data Kadar Front Penambangan

Bijih nikel hasil penambangan akan dilakukan pengecekan ulang kadar untuk mengetahui ketelitian atau validasi kadar bijih nikel yang berasal dari front penambangan.

Gambar 2. Front penambangan

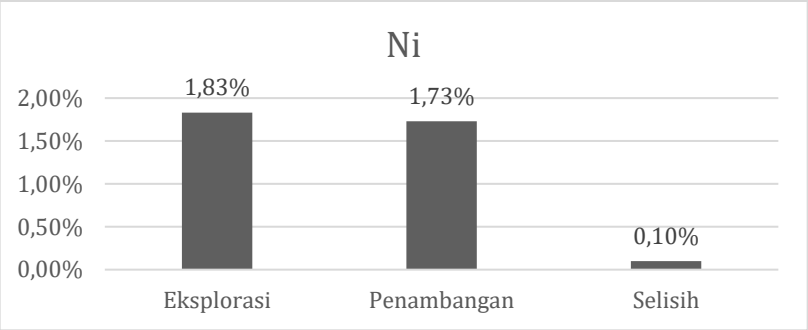
Berdasarkan hasil laboratorium kadar nikel diketahui bahwa Jumlah volume tumpukan secara keseluruhan 34.000 ton dan rata-rata kadar ni 1.73 %. Berikut adalah data-data tonase setiap tumpukan dan rata-rata kadar ni dari kegiatan penambangan.

Tabel 2. Kadar Rata-rata Ni front Penambangan

No.	Zona_id	X	Y	Elevasi	Thickness	Area	Tone	Tonase	Ni	NixTon	Fe
1	8A	3.865.507.684	9.682.024.255	900.34	34	2500	18	45000	1,73	77850	30.72
2	8A	3.865.000.284	9.681.974.794	901.94	18	2500	6	15000	1,79	26850	21.75
3	8A	3.865.005.506	9.682.024.511	905.24	29	2500	10	25000	1,81	45250	19.84
4	8A	3.865.507.648	9.682.024.255	900.34	34	2500	22	55000	1,70	93500	17.97
5	8A	3.864.487.936	8.681.974.957	907.95	33	2500	12	30000	1,65	29500	39.76
							TOTAL	170000		272950	
							RATA-RATA	34000	**1,73**		

4.3 PERBEDAAN KADAR

Dari hasil data kadar Ni antara eksplorasi dan penambangan menunjukan sebuah perbedaan yang cukup signifikan. Hasil eksplorasi menunjukan kadar Ni sebesar 1,83 dan kegiatan penambangan menunjukan kadar Ni sebesar 1,73. Dari hasil perbedaan kadar antara eksplorasi dan penambangan terdapat selisih sebesar 0,10 %



Gambar 3. Diagram perbedaan kadar eksplorasi dan penambangan

4.4 Faktor yang mempengaruhi perbedaan kadar Ni

Sifat penyebaran yang sangat heterogen sehingga dengan jarak 1 m dari titik bor bisa saja terjadi kenaikan atau penurunan kadar nikel. Hal ini karena sifat penyebaran bijih (ore) yang tidak merata. Selanjutnya pada **Kegiatan pemboran** pengaruh perbedaan kadar juga dikarenakan kegiatan pemboran yang digunakan di blok 5D RAMA adalah spasi 25 meter sehingga luas daerah pengaruh yang ditaksir adalah 625 meter tetapi kenyataan dilapangan memperlihatkan bahwa continuity bijih belum tentu sama seperti yang diharapkan sehingga tonage produksi yang ditambang akan berbeda dengan hasil perhitungan cadangan eksplorasi. Selain itu, pada saat penambangan sering terjadi pergeseran titik bor sehingga titik bor yang telah ditentukan cadangannya pada saat eksplorasi akan berbeda dengan pada waktu penambangan. Faktor yang mempengaruhi selanjutnya adalah **kondisi Topografi** dimana pembentukan endapan bijih nikel dalam kegiatan penambangan topografi suatu daerah akan mempengaruhi kelancaran produksi, jika suatu blok cadangan mempunyai topografi yang curam maka dalam pembuatan jalan produksi untuk pengangkutan bijih dari front penambangan ke tempat penimbunan akan membuang sebagian blok cadangan yang mengakibatkan tonage dan kadar cadangan akan berkurang. Topografi Pada daerah yang berlekuk-lekuk ada kemungkinan bijih ikut terbuang atau masih ada sebagian tanah penutup yang tertinggal sehingga mengakibatkan tonage dan kadar bertambah maupun berkurang. **Metode penambangan** juga dapat berpengaruh faktor yang menentukan optimal dan tidaknya kandungan kadar pada bijih nikel sesuai dengan kandungan kadar awal pada kegiatan pemboran eksplorasi Metoda penambangan yang digunakan di Blok 5D RAMA adalah secara tambang terbuka dengan metode open cut yang pelaksanaan operasi pengambilan ore nya dilakukan oleh alat mekanis Excavator sehingga dalam pengambilan ore tersebut akan sulit untuk memisahkan antara ore dengan waste karena hanya mengandalkan perkiraan dan driver Excavator tersebut, sehingga akan menyebabkan perbedaan antara data Eksplorasi dengan data produksi. Dalam system operasi penambangan terbuka dengan metode open cut yang metode pengambilannya memilih bijih/ore sangat berpengaruh pada alat yang digunakan untuk bisa mengoptimalisasi kadar bijih yang akan ditambang dan pada saat penggalian dalam upaya pengontrolan terhadap terjadinya pengotoran (Dillusi). Peralatan yang digunakan pada area penambangan blok 5D RAMA khususnya pada pit Pandawa yakni 7 (tujuh) buah Excavator yang terdiri dari 4 (empat) buah Excavator PC 200 dengan kapasitas bucket lebih kecil, 2 (dua) buah Excavator PC 300.2 (dua) buah Excavator PC 400 dan 1 (satu) buah alat Bulldozer dengan model truck type. Dari pengamatan dilokasi penelitian, perubahan kadar dapat terjadi karena fungsi Excavator tidak sesuai dengan kegiatan selective yang dilakukan Kegiatan selective dilakukan dengan menggunakan excavator PC 200 yang kapasitas bucketnya lebih kecil, tetapi selective sering dilakukan dengan menggunakan Excavator PC 300 sehingga untuk memilih dan memisahkan ore dari waste sangat sulit dilakukan akibatnya ore sering kali terakumulasi dengan waste. Sedangkan bulldozer yang melakukan stripping overburden (OB) atau pada saat melakukan clearing top ore OB sering kali tertumpah pada areal selective. **Selanjutnya adalah factor pengontrol terhadap dilusi**, Pengotoran disebabkan karena adanya material yang tidak berharga ikut tercampur dalam bijih Untuk itu, dengan adanya penyebaran ore saprolit yang tidak merata pada areal penambangan ini, maka biasanya terjadi pula kehilangan bijih. Keadaan penyebaran dan ketebalan bijih yang tidak merata ini, sangat menyulitkan (Grade Control) dalam mengambil keputusan apakah suatu areal pit cadangan ditambang dan diangkut ke areal stock yard atau tidak ditambang sama sekali. Metode selective mining diakui sangat efektif untuk menghindari terjadinya mining dilution. **Posisi waste dan badan bijih, dan cuaca,** Daerah penggalian bijih yang lebih rendah dari lokasi pengupasan tanah penutup akan lebih rawan terhadap pengotoran, sebab jika ada aliran air/hujan dari atas kebawah, maka daerah penggalian bijih akan mengalami dillusi dari material yang terbawa bersama air. Selain itu banyak dijumpai material waste yang berada diantara badan bijih yang berbentuk massiv atau tidak beraturan. **Metode Perhitungan Cadangan,** Metode perhitungan cadangan yang digunakan adalah metode area of influence (metode luas daerah pengaruh). Pada metode ini, luas daerah

pengaruh untuk tiap titik bor dihitung dari setengah jarak (spasi) dari titik-titik bor yang berada didekatnya, sehingga membentuk suatu pola segiempat. Kenyataan dilapangan menunjukkan bahwa penyebaran kadar yang ada dipulau Gee tidak homogen sehingga perhitungan cadangan dengan menggunakan metode luas daerah pengaruh akan menyebabkan terjadinya selisih pada saat kegiatan penambangan. **Air Hujan,** Nikel merupakan hasil dari proses laterisasi yang berhubungan dengan proses oksigen. Proses oksigen sangat berkaitan dengan air, karena air dapat melapukan batuan sehingga mempercepat proses laterisasi. Disamping itu sifat air yang melarutkan dan bergerak menyebabkan nikel dapat larut dan terangkut oleh air. Air hujan yang mengenai material bijih nikel di stock yard dan stock pile sebelum dilakukan sampling dapat mengakibatkan turunnya kadar nikel. **Kesalahan manusia,** Kesalahan ini berkaitan dengan pekerjaan preparasi sampel untuk di analisa di laboratorium.Karena manusia tidak memiliki sifat tidak konstan, sehingga dapat kurang teliti dalam menyiapkan sampel untuk analisa di laboratorium, misalnya pencampuran yang tidak merata.

5. KESIMPULAN

Nilai kadar Ni pada kegiatan eksplorasi, didapatkan nilai rata-rata sebesar 1,83 % dan pada kegiatan penambangan didapatkan nilai kadar sebesar 1,73 %. Hal ini menunjukkan terdapat selisih perbedaan kadar pada PT. Bintang Delapan Abadi sebesar 0,10 %. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi perbedaan kadar adalah sifat heterogen nikel, kegiatan pemboran, kondisi topografi, metode penambangan, factor pengontrol terhadap dilusi, posisi waste terhadap ore, metode perhitungan cadangan, air hujan dan factor kesalahan manusia.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih saya persembahkan kepada rekan-rekan yang terlibat dalam penyusunan penelitian ini. Sebuah keberuntungan bisa merasakan kekompakan dan kebersamaan sesama dosen muda. Harapan saya semoga hari baik menyertai kita kedepannya.

DAFTAR PUSTAKA

[1] UU. no. 4 tahun 2009, "Pertambangan mineral dan batubara," 2009

[2] J. Axel, "Analisis Perubahan Kadar Bijih Nikel Laterit Dari Data Pengeboran Inpit Sampai ke Tahap Penambangan Berdasarkan Analisa XRF di PT. Antam Kolaka= Analysis of …," 2023, [Online]. Available: http://repository.unhas.ac.id/id/eprint/27580/%0Ahttp://repository.unhas.ac.id/id/eprint/27580/2/H06119101 1_skripsi_24-05-2023 bab 1-3.pdf

[3] S. C. Dominy, H. J. Glass, L. O'Connor, C. K. Lam, S. Purevgerel, and R. C. A. Minnitt, "Integrating the theory of sampling into underground mine grade control strategies," *Minerals*, vol. 8, no. 6, 2018, doi: 10.3390/min8060232.

[4] A. H. Masuara, "Evaluasi Kadar Produksi Nikel Laterit Di Pt. Antam Tbk," *J. Dintek*, vol. 11, no. Nomor 2, pp. 33–45, 2018.

[5] R. Yogi Pranata, D. Djamaluddin, N. Asmiani, and A. B. Thamsi, "Analisis Perbandingan Kadar Nikel Berdasarkan Perencanaanterhadap Realisasi Penambangan," *J. Geomine*, vol. 5, no. 3, pp. 3–6, 2017, doi: 10.33536/jg.v5i3.146.

[6] N. Jafar, M. Ilham, and V. F. Alrasyid, "Analisis Perbandingan Kadar Nikel (Ni) dan Besi (Fe) pada Lokasi Pengeboran dan Lokasi Penambangan PT . Almharig," vol. 1, no. 3, pp. 103–108, 2023.

[7] USGS, "2018 Minerals Yearbook," *USGS Sci. a Chang. world*, no. August, pp. 67.1-67.13, 2018, [Online]. Available: https://www.usgs.gov

[8] A. D. Dalvi, W. G. Bacon, and R. C. Osborne, "The Past and the Future of Nickel Laterites World's Land Based Nickel Resources and Primary Nickel Production Nickel Production , kt / yr," *PDAC 2004 Int. Conv.*, no. Figure 2, pp. 1–27, 2004.

[9] 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.