



## STUDI TEKNIS TAHAPAN PENGEBORAN EKSPLORASI NIKEL LATERIT DI KECAMATAN LANGGIKIMA, KABUPATEN KONAWA UTARA, SULAWESI TENGGARA

### *Technical Study of Laterite Nickel Exploration Drilling at Langgikima Area, North Konawe District, South East Sulawesi Province*

Syahrul<sup>1\*</sup>, Ratte Palumean<sup>1</sup>, Rizki Kumalasari<sup>1</sup>, Hasriyanti<sup>1</sup>

1\* Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Sembilanbelas November Kolaka,  
Korespondensi e-mail: [arulexplorer14@gmail.com](mailto:arulexplorer14@gmail.com)

#### ABSTRAK

Provinsi Sulawesi Tenggara memiliki kekayaan alam yang melimpah, salah satunya adalah nikel laterit. Bahan galian nikel laterit ini terbentuk dari hasil pelapukan batuan ultramafik. Lokasi penelitian berada di daerah PT. Tiran Indonesia di kecamatan Langgikima Kabupaten Konawe Utara Provinsi Sulawesi Tenggara. Perusahaan ini melakukan penambangan dengan sistem tambang terbuka. Kegiatan pertambangan yang saat ini dilakukan oleh perusahaan adalah pengeboran eksplorasi. Penelitian ini berfokus pada tahapan pengeboran eksplorasi dengan hasil akhir berupa perhitungan produktivitas alat bor pada titik bor yang sudah dihitung. Tahapan pengeboran yang dilakukan saat penelitian adalah penentuan titik bor, pemindahan alat bor pada titik selanjutnya, pengeboran, penempatan *core* pada *core box*, deskripsi sampel dan pemasangan patok atau penanda titik bor. Hasil perhitungan produktivitas alat bor yaitu titik bor D53320\_T1 mencapai 1.56 M/Jam, titik bor D53520 mencapai 1.24 M/Jam, titik bor D53720 mencapai 1.17 M/Jam dan titik bor D54520 mencapai 1.50 M/Jam. Ucapan terimakasih diberikan sebesar-besarnya kepada pihak perusahaan, khususnya kepala teknik tambang PT. Tiran Indonesia yang sudah memberikan kesempatan kepada kami untuk membantu tahapan eksplorasi di lokasi tambangnya dan semoga hasil penelitian ini bisa menjadi data acuan untuk tahap pertambangan selanjutnya.

**Kata kunci:** Nikel, Produktivitas Pengeboran, Alat Bor

#### ABSTRACT

The Southeast Sulawesi province has abundant natural wealth, one of which is nickel laterite. Nickel laterite minerals are formed from the weathering of ultramafic rocks. The research location is in the PT area. Tiran Indonesia in Langgikima Subdistrict, North Konawe Regency, Southeast Sulawesi Province. This company operates an open pit mining system and the mining activities currently carried out by the company are exploratory drilling. This study focuses on the stages of exploratory drilling with the end

#### Published By:

Program Studi Teknik Pertambangan  
Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Tenggara

#### Address:

Jl. Kapt. Piere Tendean, No. 109, Baruga, Kota  
Kendari, Provinsi Sulawesi Tenggara

#### Article History:

Submit 21 Maret 2023  
Received in from 27 Maret 2023  
Accepted 03 April 2023

#### Licensed By:

[Creative Commons Attribution 4.0 International License.](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

#### How to Cite:

Syahrul, S., Palumean, R., Kumalasari, R., Hasriyanti, H. 2023. Studi Teknis Tahapan Pengeboran Eksplorasi Nikel Laterit Di Kecamatan Langgikima, Kabupaten Konawe Utara, Sulawesi Tenggara. *Mining Science and Technology Journal*, 2 (1): 29-38.

Syahrul, S., Palumean, R., Kumalasari, R., Hasriyanti, H. 2023. *Technical Study of Laterite Nickel Exploration Drilling at Langgikima Area, North Konawe District, South East Sulawesi Province. Mining Science and Technology Journal*, 2 (1): 29-38.



*result in the form of a calculation of the productivity of the drill bit at the drill point that has been calculated. The drilling steps performed during the search consisted of determining the drill point, moving the drill bit to the next point, drilling, placing the core in the core box, describing the sample and installing stakes or marking the drilling point. Drill tool productivity calculation results are that D53320 Tl drill tip reaches 1.56M/hour, D53520 drill tip reaches 1.24M/hour, D53720 drill tip reaches 1.17 M/hour and the drill tip D54520 reaches 1.50 M/hour. A big thank you goes to the company, especially the mining engineering manager PT. Tiran Indonesia, who gave us the opportunity to help with the exploration phase at their mine site and we hope that the results of this research can become reference data for the next mining stage.*

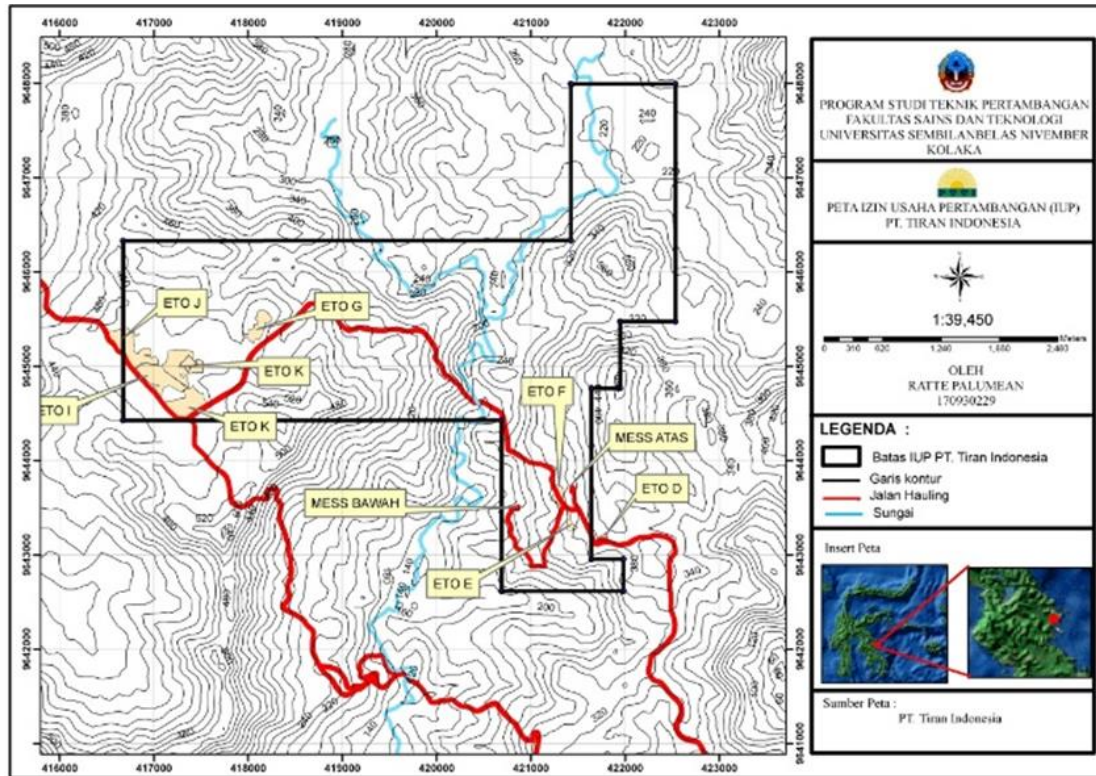
**Keywords:** Nickel, Drilling Productivity, Drill Tools.

## PENDAHULUAN

Nikel laterit merupakan endapan residual dari batuan ultramafik yang umumnya memiliki kandungan mineral olivine dan piroksen yang tinggi (Amir dkk, 2022; Dzakir dkk, 2022; Kamaruddin dkk., 2018). Lapisan terpenting dalam laterit nikel terdiri dari 2 lapisan yang sangat penting dalam industri pertambangan. Zona limonit yang berkadar nikel rendah dan zona limonit berkadar tinggi (Dzakir dkk, 2022; Shaddad dkk, 2022; Dullah dkk, 2022). Zona limonit kandungan Fe yang tinggi dan Mg rendah. Adapun zona saprolit memiliki kandungan Fe rendah dan Mg tinggi (Jafar, 2017). Endapan nikel laterit memiliki beberapa faktor yang mempengaruhinya, seperti litologi, geomorfologi, iklim, dan tektonik suatu daerah (Amanda, 2020). Sumber daya bijih nikel laterit Indonesia tersebar pada daerah Sulawesi, Kepulauan Maluku serta pulau-pulau kecil dengan jumlah menempati urutan 12 cadangan nikel dunia (Faiz dkk., 2020). Sulawesi Tenggara merupakan daerah dengan sebaran nikel paling luas di pulau Sulawesi. Salah satu wilayah di Sulawesi Tenggara yang sebaran nikel lateritnya dalam proses eksplorasi sampai eksploitasi berada di daerah Langgikima, Konawe Utara. Bagian tahapan eksplorasi yang dilakukan pada daerah penelitian adalah tahapan pengeboran eksplorasi. Pengeboran eksplorasi adalah salah satu operasi paling penting dalam aktivitas tambang terbuka atau permukaan. Operasi pengeboran adalah proses awal kegiatan pertambangan. Proses pengeboran biasanya menggunakan biaya yang tinggi, sehingga prosesnya harus maksimal dan berjalan baik dari segi teknis dan ekonomi (Kurniawanti dan Hapsari, 2019). Beberapa faktor biaya saat dilakukan pengeboran di antaranya: faktor teknis, biaya pengeboran, tenaga kerja, kekerasan batuan, jenis batuan dan sifat batuan (Afum dan Temeng, 2015). Penelitian terdahulu, pengeboran dilakukan agar mengurangi biaya dengan menggunakan alat pemboran yang berbeda (Afum dan Temeng, 2015). Cara lain dilakukan dengan mempertimbangkan faktor teknis. Faktor ini dilakukan dengan menghitung nilai optimal selama proses pengeboran. Parameter yang dihitung laju penetrasi, kecepatan putar, putaran torsi, dan gaya naik turun (Muhammad dkk., 2016). Penghematan waktu pengeboran juga bisa dilakukan dengan meningkatkan tingkat penetrasi pada setiap interval kedalaman. Biaya lain akan meningkat akibat pipa macet, kegagalan pada mata bor, dan *fushing* (Lashari dkk., 2019). Penelitian ini dilakukan pada lokasi WIUP PT. Tiran Indonesia. PT Tiran Indonesia merupakan perusahaan industri pertambangan bagian dari Tiran Group yang bergerak di bidang penambangan komoditas endapan bijih nikel dan ikutannya, dengan lokasi berada di Kecamatan Langgikima, Kabupaten Konawe Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara. Dengan luas wilayah IUP 1.411,35 Ha, operasi penambangan terbagi lagi ke dalam beberapa blok penambangan. Untuk target produksi, perusahaan ini menargetkan dapat mencapai produksi atau target penjualan sebesar 1.000.000 WMT bijih nikel tahun 2021 (Erghiza dkk., 2021).

Berdasarkan penelitian sebelumnya, PT. Tiran Indonesia telah melakukan kegiatan pemetaan geologi. Kemudian dilakukan pengeboran dengan spasi 200 meter. Proses pengeboran yang dilakukan di PT. Tiran Indonesia adalah metode pemboran putar (*Rotarry Drilling*). Apabila pengeboran nikel ini didapat kadar yang ekonomis untuk ditambang, maka dilakukan pengeboran semi detail atau dengan spasi 50 meter. Hasil pengeboran inti (*coring*) juga digunakan dalam menghitung volume atau cadangan/sumberdaya bahan galian dari hasil

eksplorasi. Disamping itu, untuk memperoleh hasil yang akurat dalam pelaksanaan eksplorasi, diperlukan desain pengeboran. Selain itu juga dapat memberikan acuan utama dalam pelaksanaan kegiatan pengeboran eksplorasi tersebut yang lebih akurat.



**Gambar 1.** Lokasi Penelitian di WIUP PT. Tiran Indonesia

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian dilakukan dengan pengambilan data primer secara langsung di lokasi pemboran. Tahapan teknisnya adalah penentuan titik pemboran, pemindahan alat bor ke lokasi titik pemboran, pengeboran, hasil pemboran berupa sampel *core* ditempatkan pada *core box*, deskripsi sampel.



**Gambar 2.** Penentuan titik bor di lokasi pengeboran

Pengeboran setelah mencapai kedalaman 5 meter kemudian dilanjutkan pemasangan batang bor dengan panjang 1,5 berjumlah 3 batang bor. kemudian dilanjutkan kembali pengeboran sampai tube terasa sudah terisi dengan core sesuai dengan panjang tube atau dengan sesuai kesanggupan bor, setelah itu dilakukan pencabutan batang bor ketika tube telah terisi oleh sampel (coring), Sampel *coring* diambil setelah melakukan pencabutan batang bor kemudian dilakukan penumbukan pada tube/barrel untuk mengeluarkan sampel (coring) yang berada dalam tube tersebut, Penumbukan dilakukan sesuai dengan kekerasan core, kadang jika pengeboran menemukan bolder (batuan menggantung) maka membutuhkan waktu lama untuk melakukan penumbukan karna sample (coring) terlalu keras untuk dikeluarkan, kadang boulder ini ditemukan dalam kedalaman yang tidak tertentu, tapi jika saat pengeboran dilakukan  $\pm 3$  m kemudian pencapaian kedalamannya mengenai batuan pada saat pengambilan coring maka dikatakan bedrock dan proses pengeboran dapat dihentikan dan moving ke titik selanjutnya. Pada PT. Tiran Indonesia Desa lameruru kecamatan langgikima kabupaten konawe utara, target pengeboran ditentukan oleh kemampuan alat bor.



**Gambar 3.** Pengeboran di Lokasi Penelitian

Sampel yang ditempatkan pada *core box* dan diberikan label titik lokasi, kode sampel dan kedalaman pengeboran. Sampel dideskripsikan berdasarkan kedalaman, lapisan/litologi, *core recovery*, dan mineral-mineral yang terkandung di dalamnya. Pendeskripsian ini dilakukan pada semua lapisan sampel.



**Gambar 4.** Pendeskripsian Sampel dalam *Core Box*

Metode pengolahan data dilakukan dengan analisis data kuantitatif dengan perhitungan serta analisis kinerja dari mesin alat bor yang digunakan. Data *Cycle time*, kecepatan pengeboran, efektivitas pengeboran, dan produktivitas pengeboran, dan *core recovery* digunakan rumus (Supratman dkk., 2017):

### Cycle Time

*Cycle Time* pengeboran merupakan waktu yang dihitung untuk setiap satu siklus kerja dari alat bor.

$$\text{Cycle time} = \text{Waktu Pemasangan} + \text{Waktu Pemboran} + \text{Waktu Pencabutan}$$

### Kecepatan Pengeboran

Kecepatan produksi pengeboran ( $V_t$ ) yakni perbandingan kedalaman pengeboran dalam satu siklus dengan memperoleh *cycle time*, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$V_t = \frac{H}{C_t}$$

dimana:  $V_t$  = Kecepatan pengeboran (meter/jam).

$H$  = Kedalaman lubang bor rata-rata (meter).

$C_t$  = Waktu daur pengeboran rata-rata (jam).

### Efektivitas Pengeboran

Efektivitas pengeboran dapat diketahui dengan menggunakan Rumus sebagai berikut :

$$UA = \frac{W}{W + S} \times 100\%$$

dimana :  $UA$  = *Use Avability* (%)

$W$  = Waktu Kerja (Jam)

$S$  = Waktu *Stanby* (Jam)

### Produktivitas Pengeboran

Produktivitas pengeboran dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Produktivitas} = \text{Efektivitas} \times \text{Kecepatan}$$

### Core Recovery

*Core recovery* adalah perbandingan antara panjang *core* yang telah didapat dengan panjang kemajuan pengeboran yang didapat. Untuk menentukan *core recovery* dapat digunakan:

$$\text{Core Recovery} = \frac{\text{Panjang Core}}{\text{Kemajuan Bor}} \times 100\%$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Perhitungan Produktivitas Pengeboran dapat dilihat pada tabel 1.

**Tabel 1.** Kecepatan Pengeboran pada titik bor D53320 TI

No	Tanggal	Kode Titik Bor	Kedalaman (m)	Cycle Time (Jam)	Kecepatan (m/Jam)
1	03 Juni 22		11	2.40	4.58
2	04 Juni 22	D53320_TI	8	5	1.6
3	05 Juni 22		4	4.15	0.96

*Cycle time* bervariasi dari 3 hari pengamatan dan kecepatan pengeborannya semakin berkurang dari waktu. Kedalaman pemboran mengalami *trend* penurunan dari hari pertama sampai ketiga.

**Tabel 2.** Kecepatan Pengeboran pada titik bor D53520 TI

No	Tanggal	Kode TB	Kedalaman (m)	Cycle Time (Jam)	Kecepatan (m/Jam)
1	06 Juni22		7	1.30	5.38
2	07 Juni 22	D53520_TI	8	5.30	1.51
3	08 Juni 22		5	4.40	1.14

**Tabel 3.** Kecepatan Pengeboran pada titik bor D53720 TI

No	Tanggal	Kode TB	Kedalaman (m)	Cycle Time (Jam)	Kecepatan (m/Jam)
1	09 Juni22		5	1.45	3.45
2	10 Juni 22		8	5.10	1.57
3	11 Juni 22	D53720_TI	4	4.30	0.93
4	12 Juni 22		3	4.30	0.69
5	13 Juni 22		2.8	4.15	0.67

**Tabel 4.** Kecepatan Pengeboran pada titik bor D54520 TI

No	Tanggal	Kode TB	Kedalaman (m)	Cycle Time (Jam)	Kecepatan (m/Jam)
1	14 Juni22		6	2.30	2.61
2	15 Juni 22	D54520_TI	5.10	5.30	0.96

**Tabel 5.** Efektifitas pengeboran pada titik bor D53320 TI

No	Tanggal	Kode TB	W (Jam)	S (Jam)	UA%
1	03 Juni 22		6.20	1.30	82.66
2	04 Juni 22	D53320_TI	5	2	83.33
3	05 Juni 22		4.15	3	58.04

**Tabel 6.** Efektifitas pengeboran pada titik bor D53520\_TI

No	Tanggal	Kode TB	W (Jam)	S (Jam)	UA%
1	06 Juni 22		4.20	2	67.74
2	07 Juni 22	D53520_TI	5.30	2.30	66.25
3	08 Juni 22		4.40	3.20	55

**Tabel 7.** Efektifitas pengeboran pada titik bor D53720 TI

No	Tanggal	Kode TB	W (Jam)	S (Jam)	UA%
1	09 Juni22		6.45	1.20	84.31
2	10 Juni 22		5.10	1.10	82.25
3	11 Juni 22	D53720_TI	4.30	1.45	74.78
4	12 Juni 22		4.30	2	68.25
5	13 Juni 22		4.15	1.45	69.67

**Tabel 8.** Efektifitas pengeboran pada titik bor D54520 TI

No	Tanggal	Kode TB	W (Jam)	S (Jam)	UA%
1	14 Juni22		5.45	1	84.49
2	15 Juni 22	D54520_TI	5.30	1	84.12

**Tabel 9.** Produktivitas Pengeboran Pada Titik Bor D53320 TI

No	Tanggal	Kode TB	UA %	V (m/Jam)	Produktivitas (m/Jam)
1	03 Juni 22	D53320_TI	61.53	4.58	2.81
2	04 Juni 22		83.33	1.6	1.33
3	05 Juni 22		58.04	0.96	0.55

**Tabel 10.** Produktivitas Pengeboran Pada Titik Bor D53520 TI

No	Tanggal	Kode TB	UA %	V (m/Jam)	Produktivitas (m/Jam)
1	06 Juni 22	D53520_TI	39.39	5.38	2.11
2	07 Juni 22		66.25	1.50	0.99
3	08 Juni 22		55	1.13	0.62

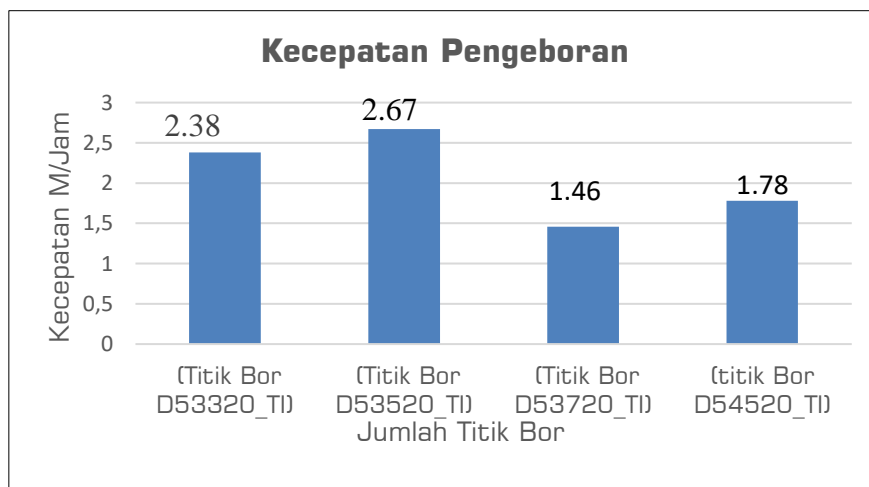
**Tabel 11.** Produktivitas Pengeboran Pada Titik Bor D53720 TI

No	Tanggal	Kode TB	UA %	V (m/Jam)	Produktivitas (m/Jam)
1	09 Juni 21	D53720_TI	84.31	3.45	2.91
2	10 Juni 21		82.25	1.57	1.29
3	11 Juni 21		74.78	0.93	0.75
4	12 Juni 21		68.25	0.69	0.47
5	13 Juni 21		69.67	0.67	0.45

**Tabel 12.** Produktivitas Pengeboran Pada Titik Bor D54520 TI

No	Tanggal	Kode TB	UA %	V (m/Jam)	Produktivitas (m/Jam)
1	14 Juni 21	D54520_TI	84.49	2.61	2.20
2	15 Juni 21		84.12	0.96	0.81

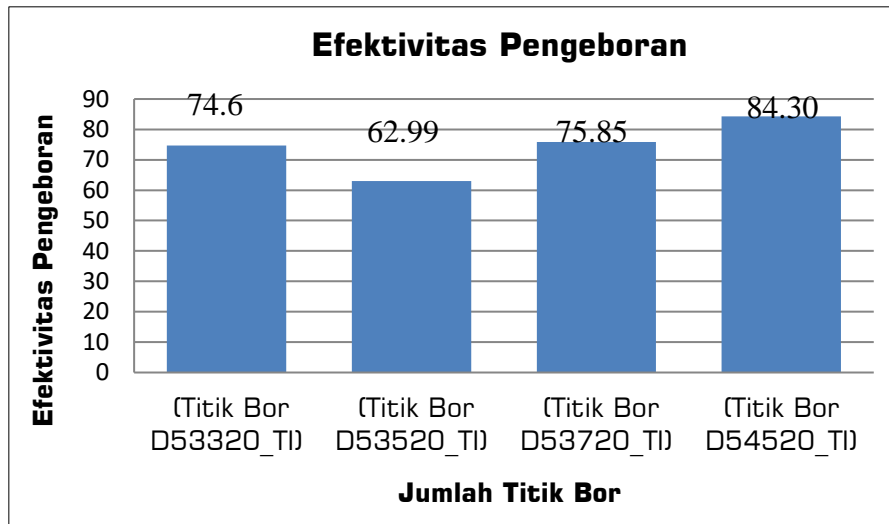
Kegiatan pemboran akan dipengaruhi kinerja alat bor dan sifat-sifat batuan yang akan dibor. Oleh karena itu, perlu dilakukan produktivitas kinerja alat bor untuk mengetahui apakah target produksi pemboran sudah dapat dipenuhi (Supratman dkk., 2017). Tujuan menghitung kecepatan pengeboran adalah untuk mengetahui seberapa besar kemampuan alat bor mencapai kedalaman dalam waktu tertentu.



**Gambar 5.** Kecepatan Pengeboran di titik Lokasi Sampel

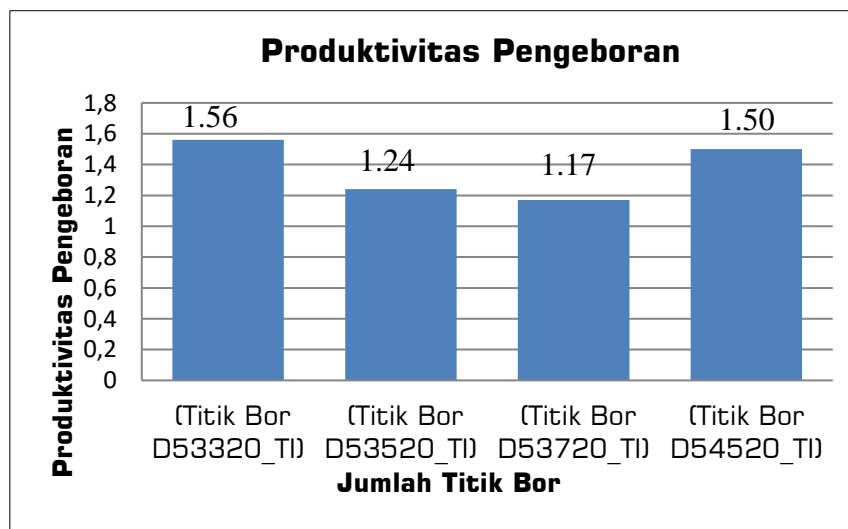
Gambar di atas menunjukkan kegiatan pengeboran pada 4 titik bor dengan kedalaman pengeboran yang berbeda-beda. Pengeboran pada titik bor D53520\_TI lebih produktif

dibandingkan dengan titik bor yang lain. Hal ini disebabkan karena kondisi lapisan tanah yang berbeda-beda. Selain faktor kondisi lapisan tanah perbedaan produktivitas juga dipengaruhi oleh keterampilan operator pengeboran. Kecepatan pada titik bor D53720\_TI hanya mencapai 1.46 dikarenakan pada saat pengeboran orang yang melaksanakan pengeboran selalu beristirahat pada jam kerja dan yang mempengaruhi adalah lapisan tanah atau sifat kekerasan tanah yang berbeda-beda.



**Gambar 6.** Efektivitas Pengeboran di titik Lokasi Sampel

Gambar di atas menunjukkan efektivitas pengeboran. dari keempat titik bor ini masing-masing berbeda efektivitas pengeborannya. Pada titik bor D54529\_TI mencapai 84.30 %. Dan yang paling rendah adalah titik bor D53520\_TI dan hanya mencapai 62.99 %. Adapun yang mempengaruhi ini adalah jenis tanah yang di bor berbeda-beda kekerasannya.



**Gambar 7.** Produktivitas Titik Bor

Gambar di atas menunjukkan bahwa produktivitas pengeboran berbeda-beda. Pada titik bor D53320\_TI mencapai 1.56 M/Jam dan pada titik bor D53720\_TI hanya mencapai 1.17 M/Jam.





Hal tersebut berbeda karena material pengeboran yang di bor berbeda-beda dan terdapat pengeboran yang berbeda-beda.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari masalah yang ada pada lokasi penelitian dan analisis data yang dilakukan didapatkan bahwa tahapan pemboran eksplorasi yang dilakukan di perusahaan PT. Tiran Indonesia, terdiri dari: penentuan titik bor, pemindahan alat titik bor di lokasi pemboran, pengeboran, penyimpanan core pada core box, dan deskripsi sampel. Adapun produktivitas pengeboran selama kegiatan pemboran berlangsung yaitu :

1. Kecepatan pengeboran yang dihasilkan selama kerja praktek rata-rata dengan kecepatan 2.01 M/Jam.
2. Efektivitas pengeboran yang dihasilkan selama kerja praktek rata-rata dengan efektivitas 73.75 %.
3. Produktivitas pengeboran yang dihasilkan selama kerja praktek rata-rata dengan produktivitas yaitu 1.33 M/Jam

## UCAPAN TERIMA KASIH

Kepada seluruh pimpinan dan karyawan PT. Tiran Indonesia, kami mengucapkan banyak terimakasih atas segala fasilitas yang diberikan selama kami berada di lokasi penelitian. Terimakasih pula kepada seluruh aparat pemerintahan daerah Langgikima, Konawe Utara atas izin yang diberikan selama kami berada di lokasi penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afum, B. & Temeng, V., 2015. *Reducing Drill and Blast Cost through Blast Optimisation – A Case Study*. *GMJ*, 50-57.
- Amir, M.K., Dzakir, L.O., Kadar, M.I., 2022. Studi Pemetaan Distribusi Nikel Pada Kawasan Penambangan Di Kecamatan Palangga, Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara. *Mining Science and Technology Journal*, 1 (2): 161 -168.
- Amanda, R. F., 2020 .*Studi Karakteristik Mineralogi dan Geokimia Endapan Bijih Nikel Laterit Sebagai Implikasi Dalam Pengolahan (Studi Kasus: Blok B Pt Sinar Jaya Sultra Utama Site Waturambaha)*. *skripsi*. Universitas Hasanuddin.
- Dullah, N.M., Dzakir, L.O., Amir, M.K., 2022. Analisis Zona Laterisasi Bawah Permukaan Menggunakan Metode Geolistrik (*Resistivity*). *Mining Science and Technology Journal*, 1 (2): 110-115.
- Dzakir, L.O., Amir, M.K., Priyanata, L.O, Kadar, M.I., 2022. Analisis Perbandingan Kadar MgO dan SiO<sub>2</sub> pada Nikel Kadar Rendah di Kabupaten Kolaka dan Kabupaten Kolaka Utara. *Jurnal Geomine*, 10 (1): 43-50.
- Dzakir, L.O., Dullah, N.M., Hariono, H., 2022. Analisis Sifat Fisik Tanah Limonit Dan Saprolit Dengan Pengujian Konsistensi Atterberg. *Mining Science and Technology Journal*, 1 (2): 104-109.
- Erghiza, T., Zaenal, Isniarno, N.F., 2021. Rancangan Teknis Penambangan Bijih Nikel di PT Tiran Indonesia Kecamatan Langgikima Kabupaten Konawe Utara Provinsi Sulawesi Tenggara. *Prosiding Teknik Pertambangan SPESIA*, 7(2): 585-593.
- Faiz, M. A., Sufriadin, S. dan Widodo, S, 2020. *Analisis Perbandingan Kadar Bijih Nikel Laterit Antara Data Bor dan Produksi Penambangan: Implikasinya Terhadap Pengolahan Bijih Pada Blok X, PT. Vale Indonesia, Tbk. Sorowako*, *Jurnal Penelitian Enjiniring*, 24(1), 93-99.
- Jafar, N., 2017. *Identifikasi Sebaran Nikel Laterit Berdasarkan Hasil Test Pit Kecamatan Kabaena Kabupaten Bombana Provinsi Sulawesi Tenggara*, *Jurnal Geomine*, 5(2), 94-99.



- Kamaruddin H, Ardiansyah I K R, Rosana, Sulaksana N, dan Tintin Y E., 2018. *Profil Endapan Laterit Nikel Di Pomalaa, Kabupaten Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara*. Buletin Sumber Daya Geologi. 13(2): 84-105.
- Kurniawanti., Hapsari, Y.T., 2019. *Optimalisasi Operasi Pengeboran Eksplorasi Nikel pada Ketidakpastian Teknis dan Ekonomi menggunakan Metode Sistem Dinamik*. Industrial Engineering Journal of The University of Sarjanawiyata Tamansiswa. 3 (1): 13-19.
- Lashari, S. Z., Borujeni, A.T., Fathi, E., Sun, T., Rahmani, R., Khazaeli, M., 2019. *Drilling performance monitoring and optimization : a data - driven approach*. Journal of Petroleum Exploration and Production Technology, 9:2747-2756.
- Mohammad, Babaei, K., Robert, H., 2016. *Processing of Measurement while drilling data for rock mass characterization*. International Journal of Mining Science and Technology, 26(6): 989-994.
- Shaddad, A.R., Dzakir, L.O., 2022. *Pengaruh Tingkat Pelapukan Terhadap Distribusi Ukuran Butir Pada Sampel Tanah Limonit dan Saprolit di Lokasi Penambangan Bijih Nikel Kecamatan Lasolo*. Jurnal Inovasi Sains dan Teknologi (INSTEK), 5 (1): 12-15.
- Supratman., Anshariah., Hasbi, B., 2017. *Produktivitas Kinerja Mesin Bor Dalam Pembuatan Lubang Ledak Di Quarri Batu Gamping B6 Kabupaten Pangkep Provinsi Sulawesi Selatan*. Jurnal Geomine, 5(2): 59-62.