

SKRIPSI

**ANALISIS RESPON LUBANG BUKAAN TERHADAP
PENGARUH *FRONT UNDERCUT GEOMETRY FACE* PADA
PRODUCTION BLOCK 2 W UNDERCUT LAYOUT
2590L DAN 2600L *DEEP MILE LEVEL ZONE*
DI PT FREEPORT INDONESIA, PAPUA**



ABID RIFQI

03021282126027

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN DAN GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2025**

SKRIPSI

ANALISIS RESPON LUBANG BUKAAN TERHADAP PENGARUH *FRONT UNDERCUT GEOMETRY FACE* PADA *PRODUCTION BLOCK 2 W UNDERCUT LAYOUT* 2590L DAN 2600L *DEEP MILE LEVEL ZONE* DI PT FREEPORT INDONESIA, PAPUA

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan
Gelar Sarjana Teknik Pada Jurusan Teknik Pertambangan dan Geologi
Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



ABID RIFQI

03021282126027

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN DAN GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2025**

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS RESPON LUBANG BUKAAN TERHADAP PENGARUH *FRONT UNDERCUT GEOMETRY FACE* PADA *PRODUCTION BLOCK 2 W UNDERCUT LAYOUT* 2590L DAN 2600L *DEEP MILE LEVEL ZONE* DI PT FREEPORT INDONESIA, PAPUA

SKRIPSI

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada Jurusan Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh :

ABID RIFQI
03021282126027

Inderalaya, Mei 2025

Pembimbing I

Pembimbing II



Ir. Bockori, S.T., M.T., IPM.
NIP.197410252002121003



Diana Purbasari, S.T., M.T.
NIP.198204172008122002

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Pertambangan dan Geologi



Prof. Dr. Ir. Eddy Ibrahim, M.S., CP., IPU., ASEAN.Eng., APEC.Eng., ACPE.
NIP.196211221991021001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

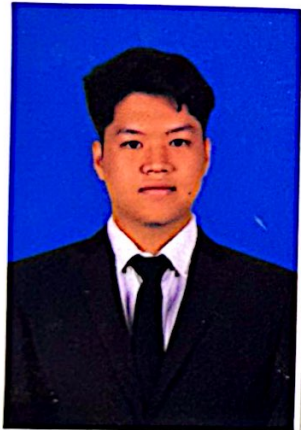
Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Abid Rifqi
NIM : 03021282126027
Judul : Analisis Respon Lubang Bukaan terhadap Pengaruh *Front Undercut Geometry Face* pada *Production Block 2 W Undercut Layout 2590L* dan *2600L Deep Mile Level Zone* di PT Freeport Indonesia, Papua

Menyatakan bahwa skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan atau plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam laporan skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan dari siapapun.

Inderalaya, Mei 2025



Abid Rifqi
0302128126027

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Abid Rifqi
NIM : 03021282126027
Judul : Analisis Respon Lubang Bukaannya terhadap Pengaruh *Front Undercut Geometry Face* pada *Production Block 2 W Undercut Layout 2590L* dan *2600L Deep Mile Level Zone* di PT Freeport Indonesia, Papua

Memberikan izin kepada pembimbing dan Universitas Siwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*corresponding author*).

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Inderalaya, Mei 2025



Abid Rifqi
03021282126027

HALAMAN PERSEMBAHAN

(Q.S Al – Insyirah, 94: 6)

“sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan”

Skripsi ini dipersembahkan kepada Al-Mubarozi Family, terutama kepada kedua orang tua tercinta, yang tiada hentinya memberikan doa, semangat dan dukungan

Juga kepada kedua pembimbing, bapak ibu dosen serta rekan
Bratam21 dan Permata FT Unsri

Bhumi Anthar Ghatas Sustha Bhavani

RIWAYAT HIDUP



Abid Rifqi, merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara dari pasangan Zaki Mubarak dan Masayu Nurbaiti yang lahir di Palembang pada tanggal 19 April 2004. Mengawali pendidikan di Sekolah Dasar Negeri 117 Palembang pada tahun 2009. Tahun 2015 melanjutkan pendidikan ke tingkat menengah di Sekolah Menengah Pertama Negeri 14 Palembang. Tahun 2018 melanjutkan pendidikan tingkat atas di Sekolah Menengah Atas Negeri 16 Palembang dan pada tahun 2021 lulus melalui jalur SBMPTN di Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Selama menjadi mahasiswa di Universitas Sriwijaya, aktif pada organisasi kampus yaitu Persatuan Mahasiswa Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya (PERMATA FT UNSRI) sebagai Staff Muda di Departemen PUSLITBANG pada periode tahun 2022 hingga 2023 di kabinet pengurusan KRISNA AKSARA dan menjadi Kepala Divisi Pengembangan dan Keilmuan pada periode tahun 2023 hingga 2024 di kabinet pengurusan ARTA NIRWANA, serta aktif menjadi asisten laboratorium di Laboratorium Dasar Bersama Fisika Dasar dari tahun 2022 hingga 2023 sebagai Asisten Muda dan pada 2023 hingga 2024 sebagai Asisten Ahli, dan juga aktif sebagai asisten di Laboratorium Pemboran dan Peledakan dari tahun 2023 hingga 2024.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur diucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat karunia-Nya skripsi yang berjudul “Analisis Respon Lubang Bukaannya terhadap Pengaruh *Front Undercut Geometry Face* pada *Production Block 2 W Undercut Layout 2590L* dan *2600L Deep Mile Level Zone* di PT Freeport Indonesia, Papua”. Telah selesai ditulis, pengerjaan skripsi ini dilakukan pada tanggal 1 Desember 2024 hingga 1 Maret 2025.

Ucapan terima kasih kepada Ir. Bochori, S.T., M.T., IPM. selaku pembimbing pertama dan Diana Purbasari, S.T., M.T. selaku pembimbing kedua yang telah membimbing, mengajar dan memberi arahan sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Dalam kesempatan ini ucapan terima kasih juga kepada :

1. Prof. Dr. Taufik Marwa, SE. M.Si, Rektor Universitas Sriwijaya
2. Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Prof. Dr. Ir. Eddy Ibrahim, M.S., C.P., IPU., ASEAN. Eng., APEC. Eng., selaku Ketua Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya dan Ir. Rosihan Pebrianto S.T, M.T., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Sriwijaya.
4. Semua Dosen yang telah memberikan arahan serta ilmu dan semua staf karyawan Jurusan Teknik Pertambangan dan Geologi Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
5. Anwar Sjadat, S.T., M.T., Ir. Meiharriko Lubis, S.T., M.M., IPM., Avesiena Adrian Primadiansyah, S.T., M.App.Sc., dan Nicoll Jakub Soumilena, S.T. selaku pembimbing penulis dalam melaksanakan penelitian serta seluruh karyawan Departemen UG Geotech DOZ-DMLZ, dan Geo Engineering Division PT Freeport Indonesia.
6. Semua pihak yang sudah membantu selama Tugas Akhir berlangsung.

Laporan ini masih jauh dari kesempurnaan, karena itu kritik dan saran diharapkan demi perbaikan di masa yang akan datang. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Inderalaya, Mei 2025

RINGKASAN

ANALISIS RESPON LUBANG BUKAAN TERHADAP PENGARUH FRONT UNDERCUT GEOMETRY FACE PADA PRODUCTION BLOCK 2 W UNDERCUT LAYOUT 2590L DAN 2600L DEEP MILE LEVEL ZONE DI PT FREEPORT INDONESIA, PAPUA

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi, Mei 2025

Abid Rifqi; Dibimbing oleh Ir. Bochori, S.T., M.T., IPM. dan Diana Purbasari, S.T., M.T.

Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Analysis of Tunnel Response to the Influence of Front Undercut Geometry Face in Procution Block 2 W Undercut Layout 2590L and 2600L Deep Mile Level Zone at PT Freeport Indonesia, Papua

xx + 80 halaman, 4 tabel, 49 gambar, 12 lampiran

RINGKASAN

Deep Mile Level Zone (DMLZ) merupakan salah satu tambang bawah tanah pada perusahaan PT Freeport Indonesia yang menggunakan sistem penambangan *Block Caving*. Penelitian ini dilakukan karena pada tambang bawah tanah *Deep Mile Level Zone* area *Production Block 2 W Undercut Layout* menggunakan dua jenis *Front Undercut Geometry Face* atau bentuk keseluruhan *cave* yaitu *Chevron* dan *Rounded*. Bentuk keseluruhan *cave* semula menggunakan *Chevron* bertransisi menggunakan *Rounded* sehingga perlu dianalisis pengaruh dua bentuk keseluruhan *cave* ini pada lubang bukaan untuk mendapatkan komparasi perbandingan respon lubang bukaannya. Agar mendapatkan bentuk keseluruhan *cave* yang lebih baik dan akan berdampak pada faktor keamanan dan keefektifannya operasi penambangan. Metode penelitian dilakukan dengan mengumpulkan data primer berupa pengukuran konvergen untuk mengetahui respon lubang bukaan pada bentuk keseluruhan *cave Chevron* dan *Rounded*. Dibuat grafik scatter menggunakan Microsoft Excel yang nantinya menunjukkan persebaran nilai deformasi lubang bukaan yang mengalami penyempitan (*Squeezing*), terhadap jarak stasiun ke *cave*. Data keseluruhan pada grafik scatter disebut *Global Trendline* yang dimana *Trendline* yang digambar secara manual untuk menunjukkan jarak nilai konvergen sudah mengalami kenaikan. Data-data tersebut dibuat *Local Comparison* selain *Global Trendline* yang dimana pada grafik scatter data yang dipakai hanya data pada kondisi yang sama sehingga menunjukkan perbandingan yang setara dan hanya melihat perbandingan nilai konvergen. Visualisasi grafik scatter yang dibuat menjadi kategori *Global Trendline* dan *Local Comparison* dapat menyimpulkan terkait perbandingan komparasi dari kedua bentuk keseluruhan *cave*. Grafik scatter tersebut terdapat data *anomaly* berupa

nilai konvergen yang tinggi sehingga dianalisis lebih lanjut atau *Back Analysis* terkait penyebab nilai *displacement* atau penyempitan lubang bukaan yang tinggi. Letak stasiun yang mengalami nilai *displacement* yang tinggi atau *anomaly* data tersebut di plotting di *software* Deswik.cad dan di korelasikan dengan parameter CMP dari data Geometri cave dan DMLZ *Footprint* serta Kondisi geologi. Nilai *Incremental Velocity* atau nilai konvergen perhari ditentukan untuk melihat tingkat kerusakan berdasarkan *rate* konvergen perharinya dan di korelasikan juga dengan data Geometri cave dan DMLZ *Footprint* serta Kondisi geologi. Perbandingan ini berdasarkan bentuk cave keseluruhan dapat menentukan keefektifitasan penambangan *Block Caving* dengan menentukan *Cavability* dengan mencari *Hydraulic Radius* (H.R) yang dimana jika H.R nilainya tinggi maka akan semakin mudah mengalami proses *caving*. *Cavability* adalah kemampuan untuk menentukan agar proses *caving* dapat berkelanjutan. Data yang digunakan adalah menggunakan data dimensi cave yaitu data area dan perimeter diolah menggunakan rumus untuk mencari nilai H.R. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bentuk keseluruhan cave atau *Front Undercut Geometry Face Rounded* lebih baik dari pada *Chevron*. Ditunjukkan pada visualisasi data *Global Trendline* menunjukkan jarak stasiun terhadap cave yang sudah mengalami *trendline* kenaikan nilai *displacement*. Waktu *Chevron* jarak yang sudah mengalami kenaikan di 80 m pada Tingkat Pemotongan dan 90 m pada Tingkat Produksi. Sedangkan untuk *Rounded* jarak yang sudah mengalami kenaikan di 60 m pada Tingkat Pemotongan dan 80 m pada Tingkat Produksi. Sehingga dapat ditarik kesimpulan saat bentuk keseluruhan cave *Chevron* pada jarak lebih jauh sudah mengalami inisiasi kenaikan nilai *displacement*. Sama halnya dengan *Local Comparison* menunjukkan bahwa cave *Chevron* mempengaruhi respon lubang bukaan yang lebih responsif dibanding cave *Rounded*. Nilai konvergen lubang bukaannya lebih responsif baik pada Tingkat Pemotongan maupun Tingkat Produksi. Tingkat Pemotongan saat cave *Chevron* memiliki nilai konvergen yang terbesar di 279.17 mm sedangkan pada saat cave *Rounded* di 208.54 mm. Tingkat Produksi saat cave *Chevron* memiliki nilai konvergen yang terbesar di 279.73 mm sedangkan pada saat cave *Rounded* di 38.59 mm. *Back Analysis* menunjukkan kedua bentuk keseluruhan cave ini mempunyai penyebab masing-masing yang mempengaruhi respon lubang bukaan akan terjadinya *Squeezing*. Waktu *Chevron* stasiun yang mengalami nilai *displacement* dan *Incremental Velocity* yang tinggi akibat dari sejarahnya bentuk *Chevron* dengan struktur besar pada area penambangan. Sedangkan saat *Rounded* penyebab stasiun yang mengalami nilai *displacement* dan *Incremental Velocity* yang tinggi akibat dari *Lead-lag* yang panjang pada *Rounded*. Kondisi geologi dapat mempengaruhi seperti jenis batuan dan juga kondisi batuan, pada penelitian ini terdapat kondisi batuan yang mengalami *leaching* sehingga menyebabkan kondisi batuan menjadi *poor ground* dan menyebabkan nilai *displacement* yang tinggi di area tersebut. Perhitungan H.R didapatkan bahwa bentuk cave *Rounded* lebih efektif untuk *Cavability* dikarenakan nilai H.R nya lebih tinggi dibandingkan dengan bentuk cave *Chevron* dengan nilai rata – rata H.R saat *Rounded* adalah 81.640 m dan saat *Chevron* 73.264 m. Sehingga disimpulkan dari hasil penelitian bahwa cave *Rounded* lebih baik dari cave *Chevron*.

Kata Kunci : *Block Caving*, Konvergen, *Front Undercut Geometry Face*

Kepustakaan : 17

SUMMARY

ANALYSIS OF TUNNEL RESPONSE TO THE INFLUENCE OF FRONT UNDERCUT GEOMETRY FACE IN PRODUCTION BLOCK 2 W UNDERCUT LAYOUT 2590L AND 2600L DEEP MILE LEVEL ZONE AT PT FREEPORT INDONESIA, PAPUA

Scientific paper in the form of a thesis, May 2025

Abid Rifqi; Supervised by Ir. Bochori, S.T., M.T., IPM. and Diana Purbasari, S.T., M.T.

Department of Mining Engineering, Faculty of Engineering, Sriwijaya University

Analisis Respon Lubang Bukaan terhadap Pengaruh Front Undercut Geometry Face pada Production Block 2 W Undercut Layout 2590L dan 2600L Deep Mile Level Zone di PT Freeport Indonesia, Papua

xx + 80 pages, 4 tables, 49 pictures, 12 attachments

SUMMARY

Deep Mile Level Zone (DMLZ) is one of the underground mines operated by PT Freeport Indonesia that uses the Block Caving mining method. This study was conducted in the DMLZ underground mine, specifically in the Production Block 2 West Undercut Layout, which utilizes two types of Front Undercut Geometry Faces or overall cave shapes that is Chevron and Rounded. The cave shape originally used was Chevron, which later transitioned to Rounded, prompting an analysis of the impact of these two cave shapes on the opening response to compare their effects. The goal is to determine the more optimal overall cave shape, which would improve both safety and operational efficiency in mining. The research method involved collecting primary data through convergence measurements to observe the response of the excavation openings under both the Chevron and Rounded cave shapes. Scatter graphs were created using Microsoft Excel to show the distribution of deformation values either narrowing (squeezing) relative to the distance from the station to the cave. The entire dataset visualized in the scatter graph is referred to as the Global Trendline, which is manually drawn to highlight where convergence values begin to increase with distance. In addition to the Global Trendline, Local Comparison graphs were created. These scatter graphs use data under similar conditions to allow for a fair comparison and focus only on convergence values. These visualizations Global Trendline and Local Comparison help summarize the comparative response of the two cave shapes. Anomaly data points in the scatter graphs, representing high convergence values, were analyzed further through a Back Analysis to identify the causes of significant displacement or narrowing of the excavation. The station locations showing high displacement (anomaly) were plotted

using Deswik.cad and correlated with CMP parameters from cave geometry, the DMLZ footprint, and geological conditions. Incremental Velocity (daily convergence rate) was also determined to assess damage severity and correlated with the same cave geometry and geological data. This comparison based on overall cave shape helps determine the effectiveness of Block Caving operations by assessing Cavability, which is calculated using the Hydraulic Radius (H.R). A higher H.R value indicates easier cave propagation. Cavability is essential for ensuring sustainable caving. The data used include cave dimensions area and perimeter which are processed using formulas to calculate H.R values. The research results showed that the Rounded cave geometry performed better than the Chevron. The Global Trendline visualization indicated the onset of displacement increases occurred at shorter distances for Rounded: 60 m at Undercut Level and 80 m at Production Level, compared to 80 m and 90 m, respectively, for Chevron. This indicates that the Chevron geometry initiates displacement increases at greater distances. Similarly, the Local Comparison revealed that the Chevron cave caused more responsive deformation in excavation openings than the Rounded cave. At the Undercut Level, the maximum convergence for Chevron was 279.17 mm, while for Rounded it was 208.54 mm. At the Production Level, Chevron recorded 279.73 mm, compared to only 38.59 mm for Rounded. The Back Analysis showed that both cave shapes had unique factors contributing to squeezing. In the Chevron case, high displacement and incremental velocity were linked to the alignment of the Chevron geometry with major geological structures in the mining area. For the Rounded case, the displacement was mainly due to the longer lead-lag characteristic of that shape. Geological conditions such as rock type and rock quality also played a role; areas experiencing leaching resulted in poor ground conditions, contributing to high displacement values. The Hydraulic Radius (H.R) calculation showed that the Rounded cave shape was more effective for Cavability, with an average H.R of 81.640 m compared to 73.264 m for Chevron. In conclusion, the research found that the Rounded cave geometry performs better than the Chevron in terms of excavation response, safety, and caving effectiveness.

Keyword : Block Caving, Convergence, Front Undercut Geometry Face

Citations : 17

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Sampul	i
Halaman Judul.....	iii
Halaman Pengesahan	xiii
Halaman Pernyataan.....	xvi
Halaman Persetujuan Publikasi.....	v
Halaman Persembahan	xix
Halaman Riwayat Hidup	vii
Kata Pengantar	viii
Ringkasan.....	ix
Summary	xi
Daftar Isi.....	xx
Daftar Gambar.....	xvi
Daftar Tabel.....	xviii
Daftar Rumus	xix
Daftar Lampiran	xx
 BAB 1 PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
 BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	 4
2.1 Metode <i>Block Caving</i>	4
2.1.1 Tingkat Pemotongan (<i>Undercut Level</i>)	6
2.1.2 Tingkat Produksi (<i>Extraction Level</i>)	6
2.1.3 Tingkat Pengangkutan (<i>Haulage Level</i>)	7
2.2 Pemotongan (<i>Undercutting</i>)	7
2.2.1 Metode Pemotongan (<i>Undercutting</i>)	8
2.2.1.1 <i>Pre – Undercutting</i>	8
2.2.1.2 <i>Post - Undercutting</i>	9
2.2.1.3 <i>Advanced Undercutting</i>	11
2.2.2 Taktik Pemotongan (<i>Undercut Design</i>).....	13
2.2.2.1 <i>High Pre – Break Undercut</i>	13
2.2.2.2 <i>Conventional Undercut</i>	14

2.2.2.3	<i>Henderson Style Undercut</i>	15
2.2.2.4	<i>Narrow Flat Advanced Undercut</i>	16
2.2.2.5	<i>Narrow Incline Advanced Undercut</i>	17
2.2.2.6	<i>W Undercut</i>	18
2.2.3	<i>Bentuk Keseluruhan Cave (Front Undercut Geometry Face)</i>	19
2.2.3.1	<i>Chevron Front Undercut Geometry Face</i>	19
2.2.3.2	<i>Rounded Front Undercut Geometry Face</i>	20
2.2.4	<i>Cavability</i>	21
2.2.4.1	<i>Hydraulic Radius</i>	21
2.3	<i>Cave Management Plan</i>	23
2.3.1	<i>Cave Management Plan Important Parameter</i>	24
2.3.1.1	<i>Lead - lag</i>	24
2.3.1.2	<i>Veranda</i>	25
2.3.1.3	<i>Undercut Rate</i>	25
2.3.1.4	<i>Draw Rate</i>	26
2.3.1.5	<i>Draw Angle</i>	26
2.4	<i>Abutment Stress</i>	26
2.5	<i>Geological Condition DMLZ</i>	27
2.5.1	<i>Geological Structure</i>	30
2.5.1.1	<i>Regional Structure</i>	30
2.5.1.2	<i>Mine Scale Structure</i>	30
2.6	<i>Ground Control Monitoring</i>	31
2.6.1	<i>Convergence Meter</i>	31
2.7	<i>Ground Response</i>	33
2.7.1	<i>Squeezing</i>	33
2.7.2	<i>Spalling</i>	33
2.7.3	<i>Rock Burst</i>	33
BAB 3 METODE PENELITIAN		35
3.1	<i>Lokasi Penelitian</i>	35
3.2	<i>Waktu Pelaksanaan Penelitian</i>	36
3.3	<i>Tahapan Penelitian</i>	36
3.3.1	<i>Studi Literatur</i>	37
3.3.2	<i>Observasi Lapangan</i>	37
3.3.3	<i>Pengambilan Data</i>	37
3.3.4	<i>Pengolahan Data</i>	39
3.3.5	<i>Analisis Data</i>	41
3.4	<i>Metode Penyelesaian Masalah</i>	42
3.5	<i>Diagram Alir Penelitian</i>	43
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		44
4.1	<i>Perbandingan Respon Lubang Bukaan saat Cave Chevron dan Rounded</i>	45
4.1.1	<i>Pengukuran Konvergen</i>	45
4.1.1.1	<i>Global Trendline Konvergen</i>	49

4.1.1.2 <i>Local Comparison</i> Konvergen antara <i>Chevron</i> dan <i>Rounded</i>	52
4.1.2 Pembahasan Hasil Perbandingan Respon Lubang Bukaannya	54
4.2 Analisis Tingkat Kerusakan Lubang Bukaannya dan Penyebabnya	55
4.2.1 <i>Back Analysis Significant Displacement</i>	55
4.2.1.1 <i>Back Analysis Waktu Chevron</i>	55
4.2.1.2 <i>Back Analysis Waktu Rounded</i>	58
4.2.2 Pembahasan Hasil <i>Back Analysis</i> Tingkat Kerusakan Lubang Bukaannya	61
4.3 Tingkat Keefektifitasan Perubahan Bentuk <i>Cave</i>	62
4.3.1 <i>Cavability</i>	62
4.3.1.1 <i>Hydraulic Radius</i>	62
4.3.2 Pembahasan Tingkat Keefektifitasan Berdasarkan Nilai H.R	64
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	65
5.1. Kesimpulan	65
5.2. Saran	65
DAFTAR PUSTAKA	66
LAMPIRAN	67

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Ilustrasi penambangan <i>Block Caving</i>	5
Gambar 2.2 Ilustrasi metode <i>Pre-Undercutting</i>	8
Gambar 2.3 Ilustrasi metode <i>Post-Undercutting</i>	9
Gambar 2.4 Ilustrasi metode <i>Advance Undercutting</i>	11
Gambar 2.5 <i>Sequence Advance Undercutting</i>	12
Gambar 2.6 Ilustrasi taktik <i>High Pre-Break Undercut</i>	13
Gambar 2.7 Ilustrasi taktik <i>Conventional Undercut</i>	14
Gambar 2.8 Ilustrasi taktik <i>Henderson Style Undercut</i>	15
Gambar 2.9 Ilustrasi taktik <i>Narrow Flat Advanced Undercut</i>	16
Gambar 2.10 Ilustrasi taktik <i>Narrow Incline Advanced Undercut</i>	17
Gambar 2.11 Ilustrasi taktik <i>W Undercut</i>	18
Gambar 2.12 Bentuk keseluruhan <i>Cave Chevron</i> pada DMLZ	19
Gambar 2.13 Bentuk keseluruhan <i>Cave Rounded</i> pada DMLZ.....	20
Gambar 2.14 Penentuan Cavability Berdasarkan Hydraulic Radius	22
Gambar 2.15 <i>Hydraulic Radius</i> dan <i>Minimum Span</i>	22
Gambar 2.16 Skema <i>Cave Management Plan</i>	24
Gambar 2.17 Gambaran <i>Lead-lag</i>	25
Gambar 2.18 Gambaran <i>Abutment Stress</i>	27
Gambar 2.19 Tampak atas dan samping geologi DMLZ di level 2590	28
Gambar 2.20 Tampak atas dan samping persebaran zona alterasi	29
Gambar 2.21 Bagian-bagian terowongan.....	31
Gambar 2.22 Alat pengukuran konvergen	32
Gambar 3.1 Lokasi kesampaian daerah IUP PT Freeport Indonesia	35
Gambar 3.2 Alat ukur konvergen.....	38
Gambar 3.3 Skema lokasi pengukuran konvergen di Undercut Level dan Extraction Level.....	38
Gambar 3.4 Skema pengukuran konvergen	39
Gambar 3.5 Bagan alir penelitian	43
Gambar 4.1 Transisi bentuk keseluruhan <i>cave</i> pada PB2 DMLZ.....	44
Gambar 4.2 Total data pengukuran konvergen Tingkat Pemotongan waktu <i>Chevron</i>	46
Gambar 4.3 Total data pengukuran konvergen Tingkat Produksi waktu <i>Chevron</i>	46
Gambar 4.4 Lokasi pengukuran konvergen Tingkat Pemotongan dan Tingkat Produksi waktu <i>Chveron</i>	47
Gambar 4.5 Total data pengukuran konvergen Tingkat Pemotongan waktu <i>Rounded</i>	47
Gambar 4.6 Total data pengukuran konvergen Tingkat Produksi waktu <i>Rounded</i>	48
Gambar 4.7 Lokasi pengukuran konvergen Tingkat Pemotongan dan Tingkat Produksi waktu <i>Rounded</i>	48
Gambar 4.8 <i>Global Trendline</i> konvergen terhadap jarak <i>cave</i> pada Tingkat Pemotongan waktu <i>Chevron</i>	49

Gambar 4.9	<i>Global Trendline</i> konvergen terhadap jarak <i>cave</i> pada Tingkat Produksi waktu <i>Chevron</i>	50
Gambar 4.10	<i>Global Trendline</i> konvergen terhadap jarak <i>cave</i> pada Tingkat Pemotongan waktu <i>Rounded</i>	51
Gambar 4.11	<i>Global Trendline</i> konvergen terhadap jarak <i>cave</i> pada Tingkat Produksi waktu <i>Rounded</i>	52
Gambar 4.12	<i>Local Comparison</i> konvergen terhadap jarak <i>cave</i> pada Tingkat Pemotongan waktu <i>Chevron</i> dan <i>Rounded</i>	53
Gambar 4.13	<i>Local Comparison</i> konvergen terhadap jarak <i>cave</i> pada Tingkat Produksi waktu <i>Chevron</i> dan <i>Rounded</i>	54
Gambar 4.14	Plotting data <i>significant displacement</i> pada Tingkat Pemotongan waktu <i>Chevron</i>	56
Gambar 4.15	Letak stasiun yang mengalami <i>displacement</i> signifikan waktu <i>Chevron</i> di Tingkat Pemotongan	56
Gambar 4.16	Plotting data <i>significant displacement</i> pada Tingkat Produksi waktu <i>Chevron</i>	57
Gambar 4.17	Letak stasiun 9 pada Panel 29 yang mengalami <i>displacement</i> signifikan waktu <i>Chevron</i> di Tingkat Produksi	57
Gambar 4.18	Letak stasiun 3 pada Panel 28 yang mengalami <i>displacement</i> signifikan waktu <i>Chevron</i> di Tingkat Produksi	58
Gambar 4.19	Plotting data <i>significant displacement</i> pada Tingkat Pemotongan waktu <i>Rounded</i>	59
Gambar 4.20	Letak stasiun yang mengalami <i>displacement</i> signifikan waktu <i>Rounded</i> di Tingkat Pemotongan	59
Gambar 4.21	Plotting data <i>significant displacement</i> pada Tingkat Produksi waktu <i>Rounded</i>	60
Gambar 4.22	Letak stasiun yang mengalami <i>displacement</i> signifikan waktu <i>Rounded</i> di Tingkat Produksi	61

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Tahapan kegiatan penelitian	36
Tabel 3.2 Metode penyelesaian masalah	42
Tabel 4.1 Perhitungan <i>Hydraulic Radius</i> pada waktu <i>Chevron</i>	62
Tabel 4.2 Perhitungan <i>Hydraulic Radius</i> pada waktu <i>Rounded</i>	63

DAFTAR RUMUS

	Halaman
Rumus 2.1 <i>Hydraulic Radius</i>	23
Rumus 2.2 Konvergen	32
Rumus 3.1 Jarak 3D berdasarkan koordinat	40
Rumus 3.2 <i>Incremental velocity</i>	41

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A.1 Data konvergen <i>Back Analysis Chevron</i> di Tingkat Pemotongan	69
A.2 Data konvergen ST9 P29 <i>Chevron</i> di Tingkat Produksi	71
A.3 Data konvergen ST3 P28 <i>Chevron</i> di Tingkat Produksi	72
A.4 Data konvergen <i>Back Analysis Rounded</i> di Tingkat Pemotongan	73
A.5 Data konvergen <i>Back Analysis Rounded</i> di Tingkat Produksi	74
B.1 <i>Stress Interpretation (Beck Engineering)</i>	76
B.2 Contoh perhitungan <i>distance</i> stasiun ke <i>cave</i>	76
B.3 <i>Cave Management Plan parameter</i>	77
B.4 Contoh data <i>blasting</i>	77
B.5 <i>DMLZ footprint</i>	78
C.1 Pengambilan data konvergen	79
C.2 Pencatatan data konvergen dilapangan	80

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tambang bawah tanah *Deep Mile Level Zone* (DMLZ) merupakan salah satu tambang bawah tanah milik PT Freeport Indonesia yang menggunakan metode tambang bawah tanah *Block Caving*. DMLZ berada di kedalaman lebih dari 1500 meter dengan kriteria batuan yang masif dan kuat. Metode ini memanfaatkan proses ambrukan (*Undercutting*) untuk mengekskavasi massa batuan dalam skala yang besar. Material yang runtuh dan ruang kosong yang ditinggalkan menyebabkan tegangan mengalami redistribusi. Peristiwa ini membuat batuan utuh yang berada di sekitar area ambrukkan mengalami tegangan terinduksi yang lebih besar dibandingkan dengan area yang lain.

Tambang di DMLZ pada *Production Block 2 W Undercut Layout* mengalami transisi bentuk keseluruhan *cave* yang semula berbentuk *Chevron* berubah menjadi *Rounded* akibat adanya struktur besar yang linear dengan bentuk *Chevron* dan menyebabkan fenomena kerusakan. Tambang di DMLZ sering mengalami fenomena pada lubang bukaan seperti *Bursting* yaitu ledakan batuan yang terjadi secara tiba-tiba akibat ketidakstabilan dari pengaruh tegangan akibat aktivitas ambrukan. Fenomena lain selain *Bursting*, kerusakan akibat pengaruh dari tegangan antara lain adalah fenomena *Squeezing* dan *Spalling*, *Squeezing* adalah penyempitan lubang bukaan sedangkan *Spalling* adalah proses terbentuknya rekahan pada batuan yang keras akibat pengaruh tegangan tinggi. Aktivitas dan metode penambangan harus dapat dikendalikan agar dapat meminimalisir fenomena yang menyebabkan ketidakstabilan dan kerusakan pada lubang bukaan.

Beberapa metode untuk meminimalisir fenomena tersebut dan dapat meningkatkan efektivitas penambangan *Block Caving* serta mengurangi potensi kerusakan pada lingkungan pertambangan. Metode yang memiliki kemampuan untuk mempengaruhi tingkat kerusakan akibat dari tegangan pada lubang bukaan yaitu bentuk keseluruhan dari *cave* atau *Front Undercut Geometry Face*. Maka pada penelitian kali ini akan meneliti dengan judul “Analisis Respon Lubang Bukaan

terhadap Pengaruh *Front Undercut Geometry Face* pada *Production Block 2 W Undercut Layout 2590L dan 2600L Deep Mile Level Zone* di PT Freeport Indonesia, Papua”. Penelitian ini yang mana akan dibandingkan fenomena geoteknik yang terjadi terhadap transisi dari bentuk keseluruhan dari *cave*. *Chevron Undercut Front Geometry Face* yang merupakan metode awal yang digunakan di *Production Block 2 DMLZ* dan berubah ke *Rounded Undercut Front Geometry Face*. Pengaruhnya dianalisis lebih lanjut terhadap kestabilan geoteknik lubang bukaan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana perbandingan respon lubang bukaan akibat pengaruh dari bentuk *cave Chevron* dan *Rounded* ?
2. Apa penyebab dari kerusakan lubang bukaan pada saat bentuk *cave Chevron* dan *Rounded* ?
3. Apakah perubahan bentuk *cave* yang semula berbentuk *Chevron* menjadi *Rounded* lebih efektif ?

1.3 Tujuan

Tujuan dalam penulisan laporan ini yaitu:

1. Menentukan perbandingan respon lubang bukaan terhadap bentuk *cave Chevron* dan *Rounded*.
2. Menganalisis penyebabnya kerusakan lubang bukaan dan pada saat bentuk *cave Chevron* dan *Rounded*.
3. Menganalisis tingkat keefektivitasan perubahan bentuk *cave* yang semula berbentuk *Chevron* menjadi *Rounded*.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki batasan-batasan masalah, yaitu:

1. Penelitian hanya membahas pada area W *Undercut* PB2 DMLZ di Tingkat Pemotongan DD27 – DD36 (2600L) dan Tingkat Produksi P28 - P37 (2590L).
2. Respon lubang bukaan dianalisis hanya berdasarkan pengukuran konvergen.
3. Data respon lubang bukaan pada saat *Chevron cave* menggunakan data *history* pengukuran konvergen (17 Februari 2023 – 26 Oktober 2023).
4. Data respon lubang bukaan pada saat *Rounded cave* menggunakan data *history* (27 Oktober 2023 – 14 Desember 2024) dan data yang diambil langsung dilapangan (15 Desember 2024 – 12 Januari 2025) menggunakan alat ukur konvergen.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Dapat menjadi masukan dan pertimbangan bagi PT Freeport Indonesia dalam melihat tingkat keefektifan dari kedua bentuk *cave* yang digunakan pada tambang bawah tanah DMLZ.
2. Menambah referensi untuk melakukan penelitian selanjutnya tentang perbandingan respon lubang bukaan terhadap bentuk keseluruhan *cave*

DAFTAR PUSTAKA

- Alhabsyi, G. A. P., Rangu, R. B., Syamsuddin, S., & Sani, H. (2024). *Pengenalan Kegiatan Pertambangan*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Bartlett, PJ & Nesbitt, K. (2000). Stress induced damage in tunnels in a cave mining environment in kimberlite. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 100(6), 341-345.
- da Silva, P. F., Cripps, J. C., & Wise, S. M. (2005). The use of Remote Sensing techniques and empirical tectonic models for inference of geological structures: Bridging from regional to local scales. *Remote Sensing of Environment*, 96(1), 18-36.
- DMLZ Geologi Departement PTFI (2018). *PB2 Rock Mass Characteristic*.
- DMLZ Geotech Departement PTFI (2020). *Cave Management Plan*.
- Eberhardt, E., & Stead, D. (2016). "The Role of Rock Mechanics in the Design of Underground Mines." *Geotechnical and Geological Engineering*, 34(1), 1-15.
- Hakim, R. N. (2016). Deformation Monitoring At Wall And Roof Tunnel Of Underground Gold Mining Using Total Station Reflectorless. In *Seminar Nasional Riset Terapan* (Vol. 1, pp. D1-D8).
- Haq, M. S., Misdiyanta, P., & Wardana, N. K. (2021). ANALISIS NILAI DISPLACEMENT PADA TEROWONGAN DI PT. Z DESA MANGKUALAM, KECAMATAN CIMANGGU, KABUPATEN PANDEGLANG, PROVINSI BANTEN. *MINING INSIGHT*, 2(2), 45-60.
- Indonesia, W. L. H. (2006). Dampak Lingkungan Hidup Operasi Pertambangan Tembaga dan emas Freeport-Rio Tinto di Papua. *Jakarta: WALHI*.
- Kavvas, M. J. (2005). Monitoring ground deformation in tunnelling: Current practice in transportation tunnels. *Engineering Geology*, 79(1-2), 93-113.
- Laubscher, D. H. (2000). Block caving manual. prepared for International caving study. *Brisbane: JKMRC and Itasca Consulting Group*.
- Melati, S., Wattimena, R. K., Sahara, D. P., Syafrizal, Simangunsong, G. M., Hidayat, W., ... & Felisia, R. R. S. (2022). Block caving mining method: transformation and its potency in Indonesia. *Energies*, 16(1), 9.

- Primadiansyah, A., Soumilena, N., & Teweng, W. (2020, December). Driving and managing stress in the Deep Mill Level Zone caving mine. In *MassMin 2020: Proceedings of the Eighth International Conference & Exhibition on Mass Mining* (pp. 394-405). University of Chile.
- PTFI Training July (2024). *Undercut Methods and Undercut Design*.
- Raihan, M., Zakaria, Z., & Ismawan, R. A. G. (2023). PENGARUH ABUTMENT STRESS TERHADAP NILAI SPALLING PADA TAMBANG BAWAH TANAH GRASBERG BLOCK CAVING. *Geoscience Journal*, 7(4), 1474-1480.
- Simser, B. P. (2019). Rockburst management in Canadian hard rock mines. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 11(5), 1036-1043.
- Toba, R. (2021). *Tambang Bawah Tanah Block Caving, Hauling, Dan Sistem Penanganan Bijih Mineral (Oreflow System)*. Deepublish.