

**PENGARUH *ABUTMENT STRESS* TERHADAP NILAI *SPALLING* PADA
TAMBANG BAWAH TANAH *GRASBERG BLOCK CAVING***

Muhamad Raihan Saputra^{1*}, Zufialdi Zakaria², Ismawan², Rizky Ayyub Ginting³

^{1,2}Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran, Bandung

³PT. Freeport Indonesia

*Korespondensi: muhammad19388@mail.unpad.ac.id

ABSTRAK

Pada *underground mine*, *Grasberg Block Caving* yang menggunakan *block caving method* akan menemukan sebuah 2 tantangan, salah satunya yaitu *abutment stress*. Hal ini akan selalu ada ketika proses *cave propagation* pada tahap *development*. *Abutment stress* ini merupakan tegangan yang teredistribusi yang akan menyebabkan akumulasi *stress* pada *development cave* yang dapat menyebabkan *damage*. *Damage* yang ditimbulkan, dapat dikonfirmasi dengan diamati secara visual dan diukur menggunakan *convergence meter*. Perubahan tegangan yang semakin besar dapat menambah akumulasi *damage*, hal ini akan ditunjukkan dengan nilai *spalling*. Nilai ini menghitung berapa besar respon massa batuan ketika dikenai gaya, yang secara aktual dapat diamati berupa rekahan yang terbentuk sejajar dengan tegangan maksimum. *Spalling Threshold* diperlukan untuk menjadi acuan pada massa batuan untuk diketahui ada *damage* maupun tidak, juga digunakan sebagai parameter acuan dalam memodifikasi *cave*. *Spalling threshold* yang dihasilkan dari penelitian ini yaitu 0.43. Sehingga, di titik yang memiliki nilai *spalling* lebih dari 0.43 akan mulai mengalami *damage*.

Kata Kunci: *Grasberg Block Caving, Abutment Stress, Underground mine, Convergence, Spalling, Threshold*

ABSTRACT

In underground mines, Grasberg Block Caving, that use the block caving method you will encounter 2 challenges, one of which is abutment stress. This will always be present when the cave propagation process is at the development stage. This abutment stress is a distributed stress which will cause stress accumulation in the development cave which can cause damage. The damage caused can be confirmed by observing visually and measuring using a convergence meter. Larger voltage changes can increase the accumulation of damage, this will be indicated by the spalling value. This value calculates how much the rock mass responds when subjected to force, which can actually be observed in the form of cracks that form parallel to the maximum stress. Spalling Threshold is needed as a reference for the rock mass to determine whether there is damage or not, and is also used as a reference parameter in modifying the cave. The spalling threshold resulting from this research is 0.43. So, at points that have a spalling value of more than 0.43, they will start to experience damage.

Keywords: *Grasberg Block Caving, Abutment Stress, Underground mine, Convergence, Spalling, Threshold*

PENDAHULUAN

Ketika sebuah tambang emas yang memiliki bijih yang sangat besar dan massif pada suatu saat akan terjadi peralihan metode penambangan dari Open Pit menjadi tambang bawah tanah. Hal ini didasari oleh fakta bahwa bijih masih tersisa banyak dan operasional pada open pit sudah tidak bisa diupayakan lagi karena masalah keamanan dan masalah biaya operasional transportasi yang akan sangat besar ketika sebuah kendaraan pengangkut muatan bijih akan memutar lereng Open pit. Maka dengan kondisi demikian, ditambah dengan kondisi geologi pada bijih yang tersisa masih berbentuk massif, peralihan metode operasional berubah menjadi tambang bawah tanah menggunakan metode *Block Caving*. Metode ini dinilai lebih murah biaya operasionalnya. Namun, di sisi lain, permintaan produksi tidak dapat dipenuhi secara cepat, karena metode ini butuh ketelitian dan juga kompleksitas analisis menyebabkan tidak dapat sembarangan untuk memenuhi produksi (isu keamanan) (Brown, 2003).

Menurut Egana, *et al.*, (2017), dikemukakan bahwa salah satu tantangan pada tambang yang menggunakan metode *Block Caving*, yaitu *abutment stress*. Fenomena ini merupakan sebuah redistribusi tegangan yang menyebabkan pada sekitar batuan yang tidak runtuh, akan terjadi akumulasi tegangan yang menyebabkan tingginya nilai *stress* yang dapat menyebabkan kerusakan.

Menurut Diederich (2003), sebuah kerusakan yang umum terjadi pada batuan *brittle* yang terletak pada tambang bawah tanah, salah satunya yaitu *spalling*. Kerusakan ini merupakan rekatakan ekstensi yang terlihat karena beban tekan. Pendekatan empiris terhadap nilai *spalling* dapat ditunjukkan dengan *spalling criterion* oleh Castro *et al.* (1997).

Model empiris di atas dapat digunakan untuk mencari nilai *spalling* pada satu titik, sehingga untuk menggambarkan suatu area

dibutuhkan titik yang banyak dan sebuah ambang batas. Ambang batas ini bisa didapatkan dengan cara membandingkan nilai *spalling* dengan nilai kerusakan yang dikuantifikasikan dengan *convergence meter* yang berupa *cumulative convergence* (mm).

Tujuan dari penelitian ini yaitu, yang pertama untuk menganalisis zona *abutment*, dan memprediksi ambang batas nilai *spalling* pada kondisi yang ada.

GEOLOGI REGIONAL

Lokasi Penelitian terletak pada formasi Main Grasberg Intrusion (MGI), yang diambil dari nama Gunung di sekitar Kawasan tambang *open pit*, Garsberg, Kabupaten Mimika, Provinsi Papua Tengah. Batuan ini terdiri atas Diorit, Diorit kuarsa, andesit, monzonite, dan monzonite kuarsa. Diorit disusun oleh kuarsa sekitar 90%, dan sisanya yaitu mineral plagioklas dan hornblende. Monzonite tersusun oleh mineral kuarsa 95% dan plagioklas dan hornblend sisanya. Batuan ini yang menjadi cebakan mineral Au-Cu pada Tembagapura. Batuan ini menerobos batuan pretersier dan tersier awal. Umur dari batuan ini yaitu Pliosen (MacDonald & Arnold, 1994).

METODE PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini yaitu, yang pertama untuk menganalisis zona *abutment*, memprediksi ambang batas nilai *spalling* pada kondisi yang ada, dan menganalisis pengaruh zona *abutment* terhadap nilai nilai *spalling* yang ada. Untuk mencapai tujuan tersebut, maka penelitian ini diawali oleh studi pustaka dan tahap pengumpulan data, selanjutnya, dilakukan tahap pengolahan data.

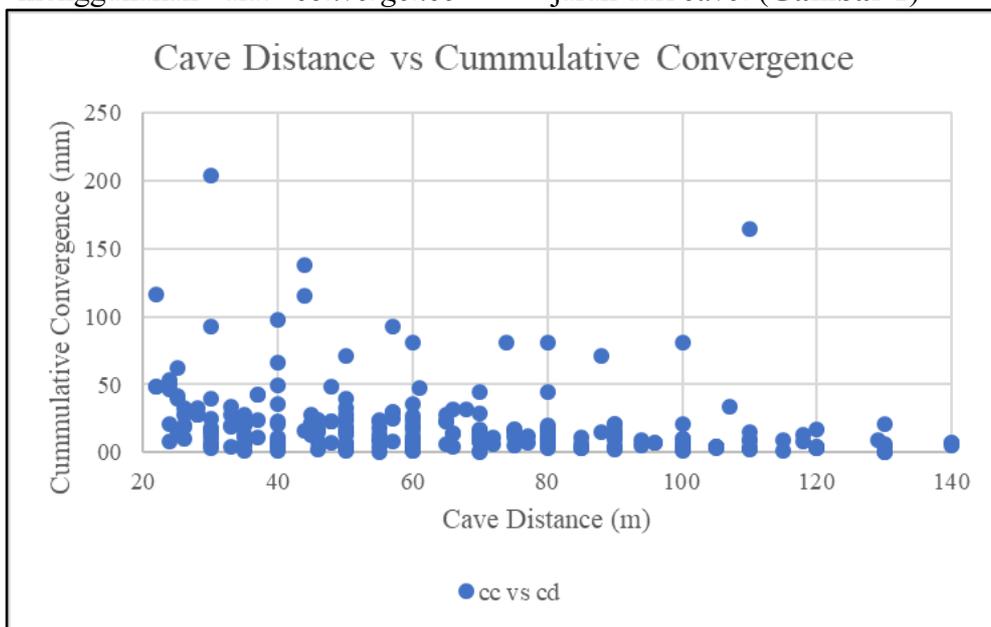
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi geologi pada daerah penelitian yaitu, secara litologi didominasi oleh Diorit yang terkekarkan sedang.

Analisis Zona *Abutment*

Untuk mendapatkan zona ini diperlukan data *cumulative convergence* yang diambil dari titik stasiun pengamatan dengan menggunakan alat *convergence*

meter. Titik yang menjadi stasiun pengamatan yaitu 120. Nilai *cumulative convergence* akan dibandingkan dengan jarak dari *cave*. (**Gambar 1**)

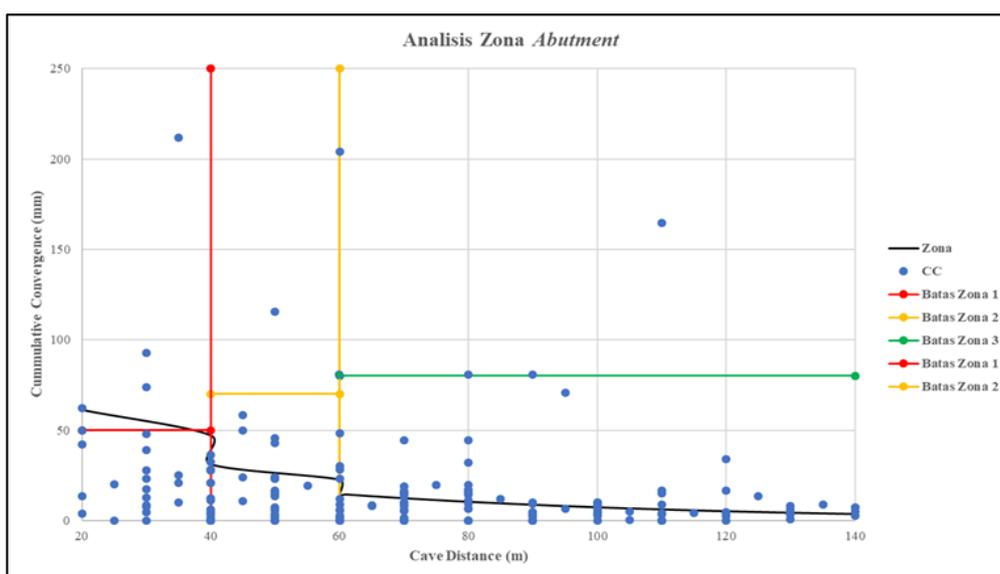


Gambar 1 Diagram perbandingan jarak dari *cave* dan *cumulative convergence*

Instrumen pembantu dalam menentukan zona ini yaitu dengan melakukan pemetaan kerusakan, untuk membantu konfirmasi kondisi di lapangan sebenarnya.

Perubahan zona dilakukan dengan cara membuat garis *trend*, sehingga pada

perubahan *trend* merupakan perubahan zona yang ada. Serta kondisi di lapangan sebenarnya harus mengkonfirmasi nilai *cumulative convergence*-nya, yang memberikan informasi berapa nilai pergeseran (*displacement*) pada kerusakan yang ada. (**Gambar 2**)



Gambar 2 Analisis zona *abutment*

Prediksi Nilai Ambang Batas Spalling

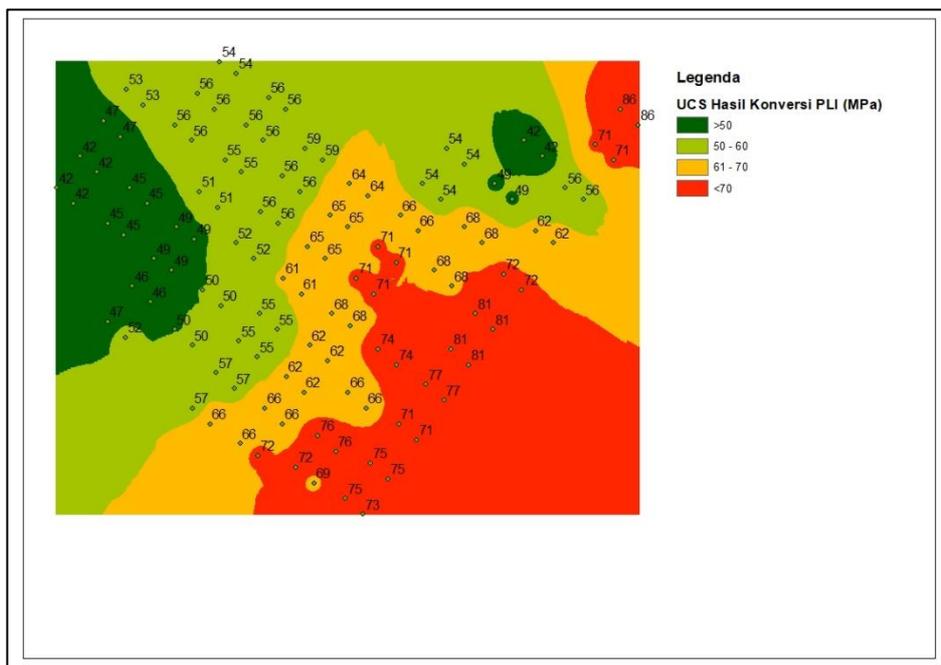
Prediksi ambang batas dapat dilakukan dengan *spalling criterion* oleh Castro *et al.* (1997) yang membagi tegangan (σ) dibagi dengan kekuatan batuan (UCS), yaitu:

$$Spalling\ Criterion = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{UCS} \dots\dots\dots (1)$$

Kekuatan batuan dapat didapatkan dengan mengkonversi nilai *Point Load Index* (PLI) (Franklin, 1985) yang konstantanya disesuaikan dengan kondisi di daerah penelitian.

$$UCS = PLI * 18 \dots\dots\dots (2)$$

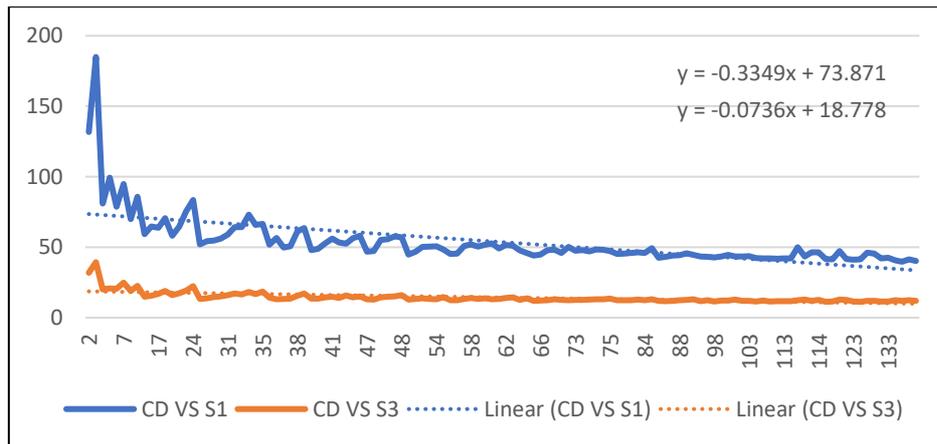
Titik yang digunakan sebagai titik konversi yaitu titik stasiun pengamatan konvergen, sehingga tiap titik memiliki nilai UCS masing-masing. (**Gambar 3**)



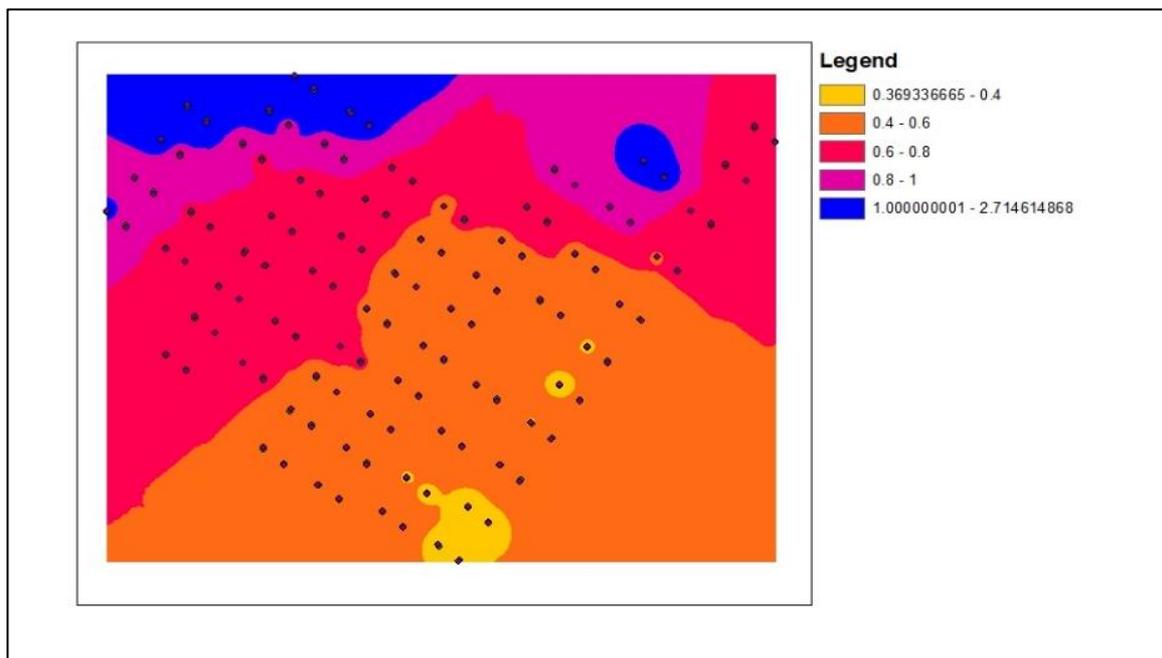
Gambar 3 Persebaran nilai UCS pada daerah penelitian

Nilai Tegangan (*stress*, σ_1 , σ_3) didapatkan dengan membentuk model *cave* (**Gambar 4**) sehingga nilai pada titik konvergen berupa nilai aktual berdasarkan model. Sehingga sebaran nilai *spalling* bisa didapatkan pada tiap-tiap titik konvergen. (**Gambar 5**). Pada gambar 4, grafik

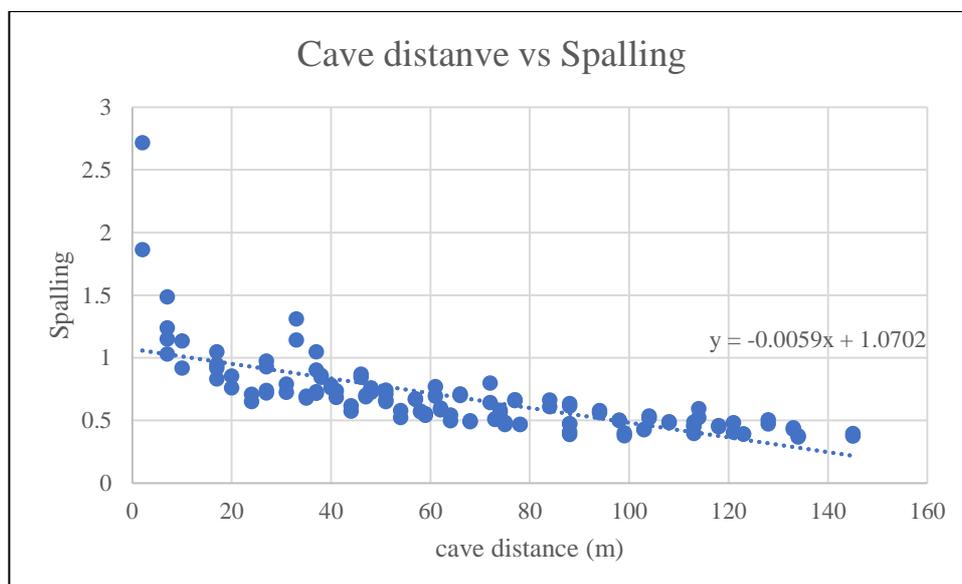
menunjukkan bahwa tegangan (*stress*, σ_1 , σ_3) semakin naik ketika mendekati *cave*. Sehingga nilai *spalling* akan meningkat semakin dekat dekat dengan *cave* (**Gambar 6**).



Gambar 4 Nilai Stress akan bertambah ketika semakin dekat dengan *cave*



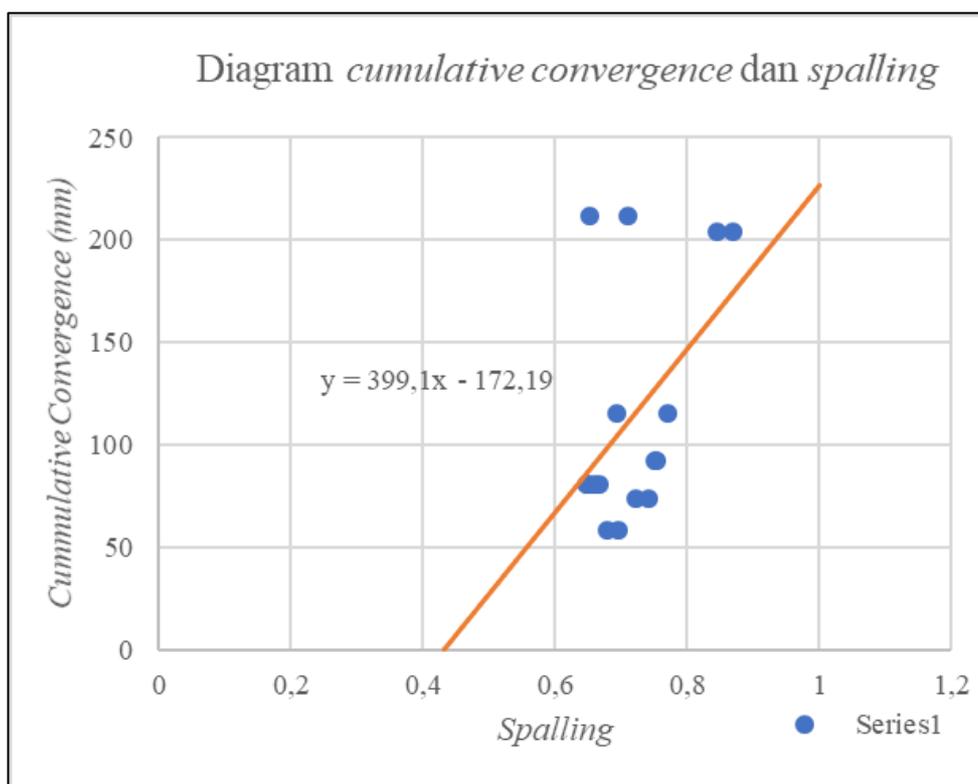
Gambar 5 Persebaran nilai *spalling* pada daerah penelitian



Gambar 5 Diagram *cave distance* dan *spalling*

Untuk pengambilan nilai ambang batas dilakukan dengan cara membandingkan nilai *spalling* dengan nilai *cumulative convergence* yang dimiliki oleh titik-titik

yang sama. Namun, titik yang digunakan yaitu pada titik yang sudah terkonfirmasi pada lapangan yaitu kerusakan (*damage*). (**Gambar 7**)



Gambar 7 Diagram penentuan nilai ambang batas *spalling*

KESIMPULAN

Tujuan dari penelitian ini yaitu, yang pertama untuk menganalisis zona *abutment*, memprediksi ambang batas nilai *spalling* pada kondisi yang ada, dan menganalisis pengaruh zona *abutment* terhadap nilai nilai *spalling* yang ada. Kesimpulan yang didapat yaitu:

1. Berdasarkan penelitian ini, *abutment* zone dibagi menjadi 3 yang didasari oleh seberapa dampak yang akan diterima, sebagai berikut:
 - a. Zona 0-40 meter, zona yang paling terdampak, dengan minimal nilai konvergen 50 mm. Pada zona ini dengan nilai mulai dari 50 mm mulai adanya kerusakan yang muncul.

- b. Zona 40-60 meter, zona kedua paling terdampak, dengan minimal nilai konvergen 70 mm. Pada zona ini dengan nilai mulai dari 70 mm mulai adanya kerusakan yang muncul.
 - c. Zona >60 meter, zona ketiga paling terdampak, dengan minimal nilai konvergen 80 mm. Pada zona ini dengan nilai mulai dari 80 mm mulai adanya kerusakan yang muncul.

2. Nilai ambang batas *spalling* yaitu 0.43, sehingga pada daerah penelitian titik konvergen yang memiliki nilai *spalling* lebih dari 0.43 memiliki arti bahwa titik

tersebut sudah mengalami kerusakan.

3. Pengaruh dari abutment stress yang merupakan redistribusi tegangan memiliki peran yang besar karena, semakin dekat dengan *cave*, maka stress yang ada, akan semakin tinggi. Sehingga, nilai *spalling* yang ada, akan semakin tinggi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada PT. Freeport yang telah mengizinkan penelitian ini untuk dilakukan, terutama Divisi UG Geotech GBC.

DAFTAR PUSTAKA

- Brown, E. T. (2003). *Block caving geomechanics* (J. K. M. R. Centre. (ed.)). Julius Kruttschnitt Mineral Research Centre, The University of Queensland.
- Castro, L. A. M., Grabinsky, M. W., & McCreath, D. R. (1997). *Kerusakan initiation through extension fracturing in a moderately jointed brittle rock mass*. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 34(3–4), 110.e1-110.e13.

[https://doi.org/10.1016/S1365-1609\(97\)00053-1](https://doi.org/10.1016/S1365-1609(97)00053-1)

- Diederichs, M. S. (2007). The 2003 Canadian geotechnical colloquium: *Mechanistic interpretation and practical application of kerusakan and spalling prediction criteria for deep tunnelling*. *Canadian Geotechnical Journal*, 44(9), 1082–1116. <https://doi.org/10.1139/T07-033>
- Egaña, M., Engelstad, O., Mathiesen, T., Villegas, F., & Nilsen, B. (2017). Challenges on the design of Mining Caverns. *Proceedings of World Tunnel Congress 2017-Surface Challenges-Underground Solution, June*, 1–10.
- Franklin, J. A. (1985). Suggested method for determining point load strength. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences And*, 22(2), 51–60. [https://doi.org/10.1016/0148-9062\(85\)92327-7](https://doi.org/10.1016/0148-9062(85)92327-7)
- MacDonald, G. D., & Arnold, L. C. (1994). Geological and geochemical zoning of the Grasberg Igneous Complex, Irian Jaya, Indonesia. *Journal of Geochemical Exploration*, 50(1–3), 143–178. [https://doi.org/10.1016/0375-6742\(94\)90023-X](https://doi.org/10.1016/0375-6742(94)90023-X)