

Karakteristik Fisik dan Mekanik Pasta Fill Sebagai Material Backfill Pada Proses Ground Support Di Underground Kencana, PT. Nusa Halmahera Minerals, Provinsi Maluku Utara

Hafizh Murtadho*, Yuliadi, Yunus Ashari

Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

*apissmurtadoo@gmail.com, yuliadibejo@gmail.com, yunusashari3@gmail.com

Abstract. PT Nusa Halmahera Minerals is a mining company engaged in the gold mining business located in Gosowong, North Maluku. Mining is carried out with Open Pit Mining System and Underground Mining System using Open Pit Mini ng and Underhand Cut and Fill types. Geotechnical conditions in the Underground Mine are the main consent for the company by considering the safety of workers. There are several factors that can affect tunnel stability, including the condition of rock lithology, rock deformation, and groundwater conditions that interfere with ground support. Based on the actual situation in the field, there are still several active headings that are disturbed due to excessive groundwater which makes the mining cycle hampered due to the rehabilitation process, the presence of groundwater affects the condition of strengthening ground support in pasta fill (backfill) so that the tunnel has the potential to experience squeezing or shrinkage and rock collapse / collapse caused by load stress on rocks due to mining activities, Based on the results of observations and calculations, the 24% paste fill mix design conditions decreased in strength to 0.771 Mpa, with a Strength Factor value of 0.95 - 6. And get a total displacement value of 0.02 - 0.38 m. Geotechnic Monitoring Lidar validation states that there is movement in the roof and wall area in the K2-16 Sill area with a velocity value of 0.151 mm per day. Mix design recommendations affect the strengthening of ground support so as to maintain an optimal mining cycle and achieve the company's target.

Keywords: *Underhand Cut and Fill, Underground Geotechnic, Ground Support.*

Abstrak. PT. Nusa Halmahera Minerals merupakan perusahaan tambang yang bergerak di bidang usaha pertambangan emas yang berlokasi di Gosowong, Maluku Utara. Penambangan dilakukan dengan Sistem Tambang Terbuka dan Sistem Tambang Bawah Tanah menggunakan jenis Open Pit Mining dan Underhand Cut and Fill. Kondisi geoteknik pada Tambang Bawah Tanah merupakan consent utama bagi perusahaan dengan mempertimbangkan keselamatan para pekerja. Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kestabilan terowongan, diantaranya kondisi lithology batuan, adanya deformasi batuan, dan kondisi air tanah yang mengganggu terhadap ground supporting. Berdasarkan keadaan aktual di lapangan masih terdapat beberapa heading aktif yang terganggu akibat adanya air tanah yang berlebih sehingga membuat siklus penambangan terhambat akibat adanya proses rehab, adanya air tanah berpengaruh terhadap kondisi penguatan ground support pada pasta fill (backfill) sehingga terowongan berpotensi mengalami squeezing atau penyusutan dan runtuhnya batuan/collapse yang diakibatkan oleh load stress pada batuan akibat aktivitas penambangan tersebut. Berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan kondisi mix design pasta fill 24% mengalami penurunan kekuatan menjadi 0,771 Mpa, dengan nilai Strength Factor sebesar 0.95 – 6. Dan mendapatkan nilai total displacement sebesar 0.02 – 0.38 m. Validasi Geotechnic Monitoring Lidar menyatakan adanya pergerakan pada area roof dan juga wall di area K2-16 Sill dengan nilai velocity 0.151 mm per harinya. Rekomendasi mix design berpengaruh terhadap penguatan ground support sehingga mampu menjaga siklus penambangan yang optimal dan mencapai target dari perusahaan.

Kata Kunci: *Underhand Cut and Fill, Underground Geotechnic, Ground Support.*

A. Pendahuluan

PT. Nusa Halmahera Minerals (Gosowong Gold Mine) melakukan kegiatan penambangan/eksploitasi mineral bijih emas menggunakan metode *underhand cut and fill* (*Underground Mining Methode*). Adapun metode *ground support* yang digunakan seperti *Shotcreting/Beton Tembak* dan *Rockbolting* dengan menggunakan *splitsets* serta pengisian lubang bukaan atau *backfill*. Kestabilan terowongan dibutuhkan untuk menjaga kegiatan penambangan dibawahnya agar tetap berjalan sesuai dengan plan dan target produksi perusahaan.

Adanya potensi keruntuhan batuan/*Collapse* yang terjadi akibat *load stress* pada batuan yang disebabkan oleh aktivitas penambangan di *leveling* atas terhadap *heading* aktif yang sedang berjalan pada *leveling* dibawahnya sehingga untuk menghindari risiko tersebut diperlukan analisa geoteknik terhadap kondisi batuan serta perancangan sistem penyanggaan pada area penelitian.

Pada penelitian ini dilakukannya analisa sistem penyanggaan berupa pengujian sifat mekanik *pasta fill*, *face mapping* geoteknik dan *monitoring lidar*, berdasarkan hipotesa awal adanya pengaruh air tanah yang berlebih mampu mengganggu dari adanya sistem perancangan penyanggaan dengan terkontaminasinya *mixing design pasta fill*, dan adanya getaran/vibrasi yang terjadi akibat aktivitas peledakan sehingga mempengaruhi kondisi dari *pasta fill* yang berfungsi sebagai pilar. Hal inilah yang menjadi landasan untuk dilakukannya penelitian terhadap tingkat kestabilan *pasta fill* pada area K2-16 *Underground Kencana*.

Dari latar belakang tersebut, adapun perumusan masalah dalam kegiatan penelitian ini yaitu: “Bagaimana pengaruh airtanah terhadap kestabilan *pasta fill* pada tahapan *ground support* PT Nusa Halmahera Minerals?”. Kemudian, adapun tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Melakukan analisis nilai total displacement dari hasil simulasi pada area drive K2 - 16 yang diakibatkan oleh kekuatan material *backfill* 24%, 26%, 29% dengan menggunakan *finite element methode numerical modelling*.
2. Melakukan analisis nilai velocity dan deformasi *pasta fill* pada area drive K2 – 16.

B. Metodologi Penelitian

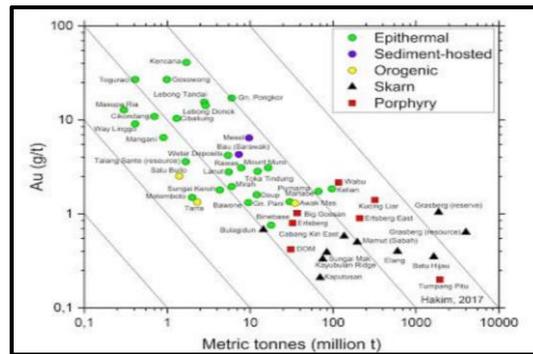
Metodologi penelitian yaitu dengan menggunakan data primer dan data sekunder dari kegiatan penelitian. Adapun untuk uraian dari setiap data primer dan data sekunder yaitu sebagai berikut:

1. Data primer yaitu dengan cara pengukuran lapangan yang terdiri dari pemetaan geoteknik dengan metode empirik, pengujian laboratorium *sample pasta fill*.
2. Data sekunder merupakan data penunjang yang terdiri dari peta geologi regional untuk mengetahui stratigrafi dan studi kelayakan untuk mengetahui kondisi *ground support*.

Dari data tersebut, kemudian dilakukan pengolahan data dengan menggunakan persamaan *kirsch 1898* dan *finite element methode numerical modelling*.

Karakteristik Endapan Epithermal Maluku Utara

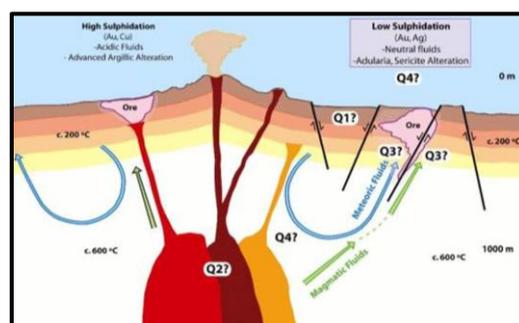
Underground Kencana PT. Nusa Halmahera Minerals terdapatnya endapan emas berupa *epithermal*. Endapan *epitermal* merupakan endapan dengan sistem *hydrothermal* dengan adanya intrusi magma yang menerobos batuan disampingnya yang bergerak menuju tekanan yang lebih rendah dalam posisi dangkal biasanya terdapat pada kedalaman dangkal antara 50 – 1500 m serta pada bentangan temperatur 50° – 250°.



Gambar 1. Endapan Emas di Indonesia

Endapan epitermal *low sulfidation* merupakan kondisi dimana adanya kontribusi dari air *meteoric* berupa air klorit yang mengandung $\text{NaCl}, \text{CO}_2, \text{H}_2\text{S}$. Ciri dari endapan ini adalah posisi keterbentukan yang jauh dari intrusi, dan terbentuk dari larutan sisa magma, dan dipengaruhi oleh sistem *boiling*, kontrol utama pH cairan adalah konsentrasi CO_2 dalam larutan dan salinitas, terjadi perubahan mineral illite ke adularia dan biasanya terdapat mineral pengotor berupa kalsit.

Madi menyatakan sebelum menentukan meralisasi, pada penelitian ini telah ditentukan zona alterasi, dimana ditentukan dua zona alterasi yakni Zona Kuarsa-Klorit- Montmorillonit dan Zona Smektit- Epidot-Karbonat. Berdasarkan hasil penelitian dan analisis laboratorium, asosiasi mineral lokasi penelitian daerah Halmahera pada umumnya adalah tipe urat dalam hal ini vein kuarsa dengan cara menyebar (*disseminated*) dan terdapat pada *massiv vein*. Vein kuarsa dijumpai dengan ketebalan sampai 1 cm, dengan warna putih dan keabu-abuan dan berkilat, tekstur banded dan vuggy dengan komposisi tambahan oksida besi, dan lempung serta pirit. Urat (*veinlet*) kuarsa dijumpai di sepanjang Sungai Bête-bete dan Sungai Wangeotak. Alterasi hidrotermal merupakan proses yang meliputi perubahan secara mineralogi, kimia dan tekstur yang dihasilkan dari interaksi larutan hidrotermal dengan batuan yang dilaluinya pada kondisi fisika-kimia tertentu. Mineralisasi di daerah penelitian didominasi oleh pirit dengan pola menyebar (*disseminated*) dan menyebar pada bagian vein serta sebagian digantikan oleh mineral kalkopirit. Berdasarkan karakteristik tersebut termasuk jenis tipe endapan epitermal sulfida menengah dengan *host rock* batuan andesit.



Gambar 2. Endapan Epitermal

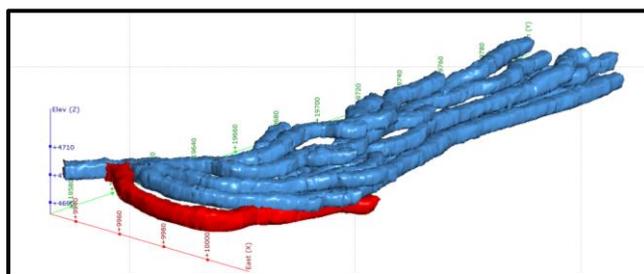
Metode Penambangan Bawah Tanah

Penentuan metode penambangan bawah tanah ditentukan sesuai dengan keberadaan dari endapan bahan galian yang akan ditambang. (Karim et al., 2013) Penambangan emas bawah tanah Kencana dilakukan oleh PT. Nusa Halmahera Minerals yang merupakan pertambangan emas perusahaan yang beroperasi di pulau Gosowong-Halmahera di Indonesia. Awalnya perusahaan ini menambang dengan terbuka metode pit di tambang emas Gosowong dan Toguraci, kemudian dilakukan perluasan areal tambang dengan sistem penambangan bawah tanah di daerah Kencana berjarak ± 1 km ke arah selatan Gosowong dan wilayah Toguraci ± 3

km ke arah barat Gosowong. Dari hasil evaluasi kelayakan teknis, Underhand Cut and Fill (UCF) dan Long Hole Stope (LHS) dipilih dengan pertimbangan arus kas rendah, pemulihan tinggi, penambangan teknis lebih aman ketika berhadapan dengan kondisi batuan yang buruk.

Perbedaan metode Underhand Cut and Fill dengan Overhand Cut and Fill yaitu untuk Underhand Cut and Fill merupakan metode penambangan dengan cara memotong suatu batuan yang digunakan untuk membuat stope dalam level, diikuti dengan pengisian kembali dengan material hasil penambangan sebelumnya sebagai atap dan menambang di atas badan bijih. Metode ini dilakukan penambangan dari atas ke bawah. Metode ini digunakan untuk mendapatkan mining recovery yang tinggi dikarenakan penambangan dilakukan secara selektif, akan tetapi memerlukan biaya yang cukup tinggi. Maka dengan itu dilakukan pada endapan bijih yang memiliki nilai yang tinggi. Metode Overhand Cut and Fill penambangan dilakukan dari bawah ke atas. Metode Overhand Cut and Fill dapat digunakan pada tambang bawah tanah dengan kemiringan 50° atau kurang. Metode ini cocok untuk tambang dengan bentuk yang tidak teratur dan berbentuk ruangan seperti misalnya pada penambangan bijih emas. Keuntungan dari metode ini adalah memungkinkan untuk mengambil bijih di area yang sulit dijangkau, sementara kelemahannya adalah biaya yang cukup tinggi karena memerlukan banyak pengisian ulang dengan material pengisi.

Pada PT. Nusa Halmahera Minerals dengan kondisi endapan epithermal akan menggunakan metode Underhand Cut and Fill. Underground Kencana menggunakan metode penambangan UHCF (Underhand Cut and Fill) metode penambangan tersebut biasa dilakukan untuk ekstraksi bahan galian bijih, dimana bijih berada pada area ground yang sangat lemah.



Gambar 3. Wireframe Daerah Penelitian K2-16 Underground Kencana

Penentuan metode penambangan bawah tanah ditentukan sesuai dengan keberadaan dari endapan bahan galian yang akan ditambang, pada PT. Nusa Halmahera Minerals dengan kondisi endapan epithermal akan menggunakan metode Underhand Cut and Fill. Underground Kencana menggunakan metode penambangan UHCF (Underhand Cut and Fill) metode penambangan tersebut biasa dilakukan untuk ekstraksi bahan galian bijih, dimana bijih berada pada area ground yang sangat lemah.

Metode Analisis Kestabilan Terowongan

Metode analisis kestabilan terowongan merupakan suatu metode yang menjadi salah satu metode yang membahas mengenai persoalan rancangan tambang bawah tanah (terowongan) yang berbeda dengan rancangan sebuah struktur bangunan konvensional, seperti jembatan atau gedung. Tujuan dari sebuah rancangan untuk penggalian bawah tanah harus menggunakan batuan itu sendiri sebagai material struktur yang utama, sehingga menghasilkan gangguan yang sekecil mungkin selama penggalian dan sesedikit mungkin dalam penggunaan beton dan juga penyangga baik itu besi ataupun baja (E.Hoek).

Dan adapun faktor-faktor yang mempengaruhi kestabilan terowongan diantara lainnya adalah :

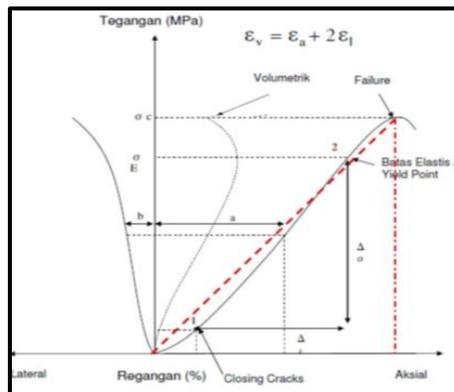
1. Sifat fisik dan mekanik massa batuan penyusun terowongan. Sifat fisik dan mekanik massa batuan akan sangat mempengaruhi kestabilan terowongan. Dalam analisis kestabilan terowongan parameter sifat fisik yang digunakan yaitu natural density, porositas ataupun kandungan air. Sedangkan untuk parameter sifat mekanik yaitu kohesi (C) sudut gesek dalam (Φ). Nilai-nilai tersebut didapatkan dari hasil pengujian

laboratorium.

2. Orientasi bidang diskontinyu Keberadaan bidang lemah (diskontinyu) akan menjadikan penyebab utama terjadinya longsor. Hal ini disebabkan karena material yang ada sebagai bidang lemah biasanya memiliki kekuatan yang sangat lemah. Untuk mendesain terowongan yang baik tentunya harus mempertimbangkan keberadaan bidang lemah ini. Arah lereng yang sejajar dengan bidang lemah akan sangat mungkin untuk mengalami kelongsoran dibanding dengan arah lereng yang tegak lurus terhadap arah bidang lemah. Hal tersebut disebabkan karena orientasi bidang lemah yang tegak lurus terhadap orientasi terowongan akan menahan gaya normal yang berkerja pada terowongan tersebut.
3. Air tanah. Air tanah akan menjadi salah satu faktor yang akan mempengaruhi kestabilan terowongan. Keberadaan air tanah akan mempengaruhi bidang gelincir yang secara efektif akan mengurangi kekuatan geser pada material penyusun terowongan.

Diagram Hubungan Tegangan dan Regangan

Dalam mekanika, tegangan adalah besaran fisika yang menjelaskan tentang gaya yang timbul di dalam partikel benda yang disebabkan oleh gaya pada partikel benda lainnya. Keberadaan tegangan secara mekanika membuat benda dapat mengalami perubahan bentuk atau deformasi. Sedangkan regangan merupakan perubahan relatif ukuran atau bentuk suatu benda yang mengalami tegangan. Regangan dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara pertambahan panjang benda terhadap panjang benda mula-mula. Selain itu regangan menjadi tolok ukur seberapa jauh benda tersebut berubah bentuk.

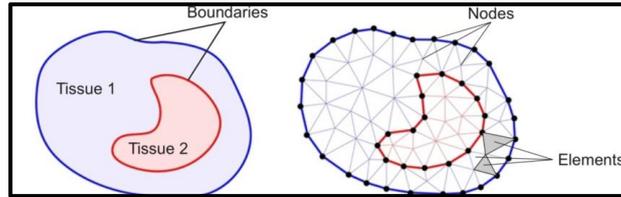


Gambar 4. Diagram Hubungan Tegangan dan Regangan

Hubungan antara tegangan dan regangan dapat dinyatakan dengan *Modulus Young* dimana *Modulus Young* (E) yaitu kemampuan batuan untuk mempertahankan kondisi elastisnya. *Modulus Young* juga dapat diartikan sebagai perbandingan antara perbedaan tegangan axial ($\Delta\sigma$) dengan perbedaan regangan axial ($\Delta\epsilon$) yang di dapatkan dari kurva tegangan-regangan. Persamaan untuk mencari nilai *Modulus Young* ($E = \Delta\sigma / \Delta\epsilon$)

Finite Element Methode

Finite Element Methode atau Metode elemen hingga adalah metode yang banyak digunakan untuk memecahkan persamaan diferensial numerik yang timbul dalam rekayasa dan pemodelan matematika dalam bidang geoteknik metode element hingga biasa dilakukan untuk analisis dan pemodelan terowongan untuk mendapatkan strength factor, factor of safety, yielded element dan juga analisis lainnya. Pada prinsipnya metode element hingga merupakan analisis kaitan antara hubungan tegangan dan juga regangan berdasarkan nodal-nodal.

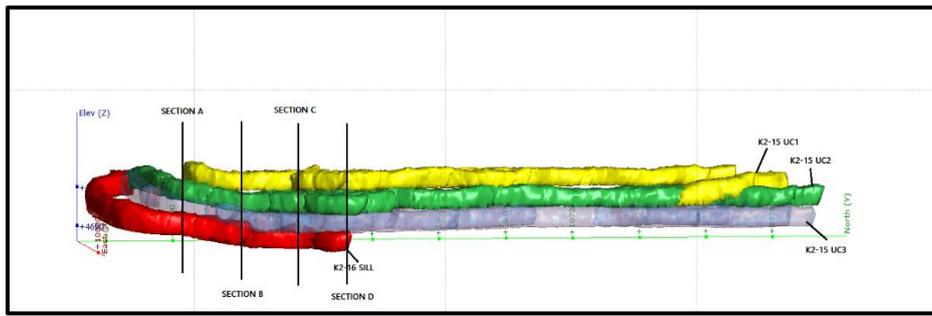


Gambar 5. Finite Element Methode

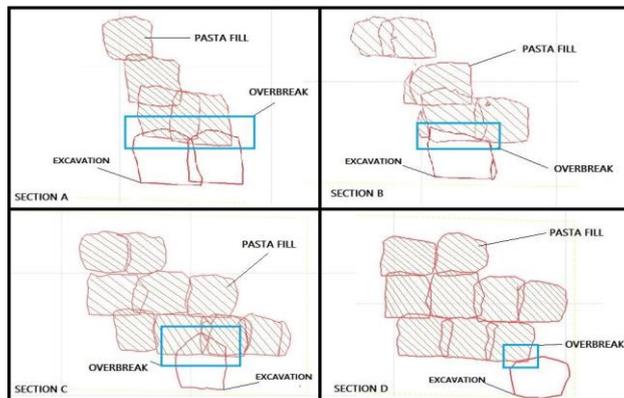
C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Heading Face Tunnel K2-16 Sill

Underground Kencana menggunakan metode penambangan UHCF (Underhand Cut and Fill) Pada section A, section B, dan section C terlihat pada area tersebut mengalami overbreak dimana hal tersebut diidentifikasi dengan adanya pasta fill yang mengalami collapse akibat dalam kegiatan backfill yang tidak maksimal, adanya air yang terperangkap melalui rekahan rekahan kekar yang berada pada jalur vein serta air yang berpindah mengikuti leveling dibawahnya sesuai dengan sifat air yang berakibat terganggunya konsenstrasi pada penguatan pasta fill.



Gambar 6. Daerah Penelitian K2-16 Underground Kencana



Gambar 7. Section K2-16 Underground Kencana

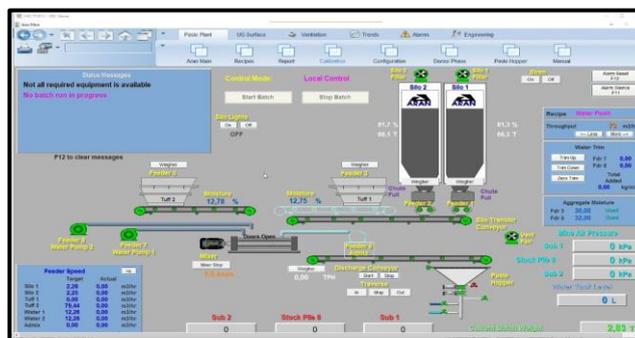
Pada hasil face mapping penentuan kelas massa batuan pada section A, section B, section C, section D memiliki kelas massa batuan yang relatif sama dikarenakan masih dalam ruang lingkup lithology yang sama dan major discontinues yang sama sehingga menghasilkan nilai kelas massa batuan pada kelas poor rock (III) sesuai dengan klasifikasi yang telah di modifikasi oleh perusahaan sesuai dengan kondisi batuan aktual. Pada kondisi aktual instalasi ground support dilanjutkan pada tahapan backfill sesuai dengan hasil analisis dan rekomendasi geotek.

Tabel 1. Hasil Klasifikasi RMR (Rock Mass Rating) K2-16 Sill

| Total Rating of RMR = Σ (SR + RQD + SJ + CJ + CW + AJ) | | |
|---|-----------|-----------------|
| SECTION A | 25<RMR<35 | Poor Rock (III) |
| SECTION B | 25<RMR<36 | Poor Rock (III) |
| SECTION C | 25<RMR<37 | Poor Rock (III) |
| SECTION D | 25<RMR<38 | Poor Rock (III) |

Backfill

Backfilling merupakan suatu tahapan ground support yang ketiga setelah adanya kekuatan dari massa insitu batuan itu sendiri (stand-up time) dan instalasi penyanggan (mesh, bolting, rib pillar, dll) Pada Underground Kencana material backfilling berupa pasta fill (campuran antara moistured tuff, cement, water) digunakan karena sifatnya yang homogen berbeda dengan kondisi massa batuan insitu yang heterogen, proses penambangan akan dirasa lebih aman ketika dilakukan dibawah pasta fill dengan kekuatan yang bisa diperkirakan untuk jangka beberapa waktu.

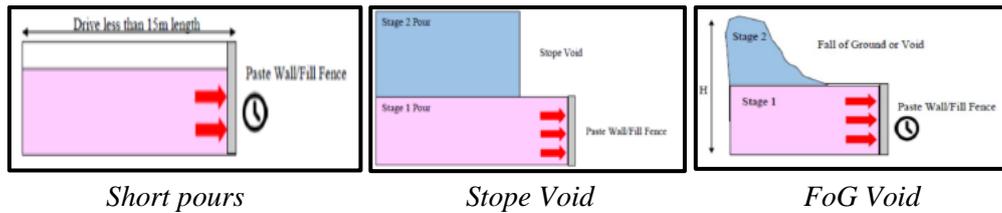


Gambar 8. Siklus Backfill (Mixing all material)

Karakteristik Fisik Pasta Fill

Karakteristik Fisik Pasta Fill berupa lama waktu pengerasan (curing time), kondisi butir yang mengikat hasil mixing material terhadap kelolosan air (permeabilitas), Indikasi rekahan yang terbentuk selama proses pengerasan (Cloud Joint) dapat disesuaikan dengan kebutuhan perusahaan dengan siklus pembuatan backfill dilakukan secara maksimal.

Pengisian pasta dari drive di (Underhand Cut and Fill) UHCF merupakan bagian integral dari persiapan untuk memberikan roof yang telah direkayasa untuk drive yang direncanakan akan diekstraksi di bawahnya. Untuk mencapai hal ini, sangat penting bahwa drive dipersiapkan dan diisi dengan standar yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Adapun beberapa tahapan yang harus dipersiapkan sebelum melakukan instalasi pasta fill seperti install fill fence barricades, clearing area drive, penuangan (pouring). Dalam proses penuangan dilakukannya anali sis high risk pouring dengan tujuan untuk membentuk kondisi fisik yang diinginkan dan untuk menghindari cloud joint akibat penuangan yang tidak maksimal, seperti Short Pours (mengisi drive kurang dari panjang 15 m) - dimana level pasta dalam drive dapat naik dengan cepat, sehingga menghasilkan percepatan pembebanan, atau pembebanan dinamik pada barricade. Selanjutnya dilakukan analisis Stope Void - dimana ketinggian pasta akan melebihi batas maksimum yang diizinkan untuk paste barricade. Ketinggian maksimum ini tergantung pada konfigurasi lebar dan depth of arch. Dan yang terakhir dilakukannya analisis FoG Void – dimana dikarenakan ukuran dan bentuk void yang terisi, level pasta naik dengan cepat, yang menyebabkan percepatan pembebanan, atau pembebanan dinamis, terhadap barricade, dan mungkin melebihi spesifikasi ketinggian maksimum yang diizinkan untuk paste barricade.

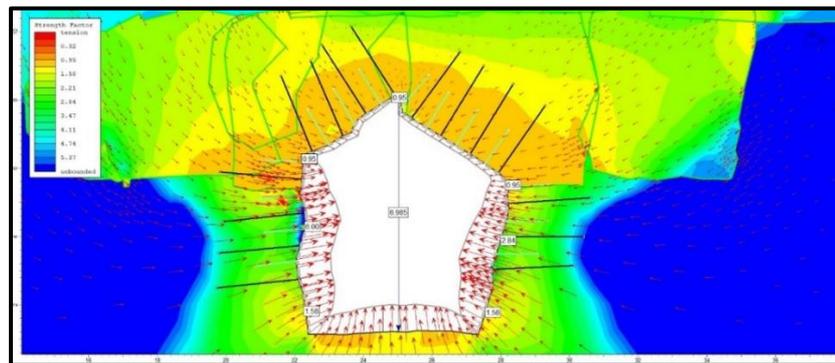


Karakteristik Mekanik Pasta Fill

Pengujian UCS dilakukan pada pengambilan conto pasta fill aktual dengan komposisi 24% pada area drive K2-16 Sill Underground Kencana, sample tersebut telah mencapai maksimum strength berdasarkan lama waktu penguatan >28 Day. Dari hasil pengujian kuat tekan didapatkan kekuatan yang menurun dari pasta fill dengan mix design 24% akibat adanya faktor air tanah yang berlebih pada area drive dengan rata-rata nilai kuat tekan sebesar 0,771 Mpa mengalami pereduksian dengan kondisi optimum nilai kuat tekan sebesar 1.2 Mpa. Berdasarkan hasil pemodelan dengan menggunakan finite element methode didapatkan nilai strength factor 0.95 (unstable).

Tabel 2. Summary Strength Test Pasta Fill

| SPECIMENS MARK | | Casting | | Testing | | Age | Area (cm ²) | Volume (cm ³) | Weight (g) | Density (g/cm ³) | Load (kgf) | Crushing Strength (Mpa) |
|----------------|------------|-----------|-------|-----------|-------|--------|-------------------------|---------------------------|------------|------------------------------|------------|-------------------------|
| MIX Design | No. Sample | Date | Time | Date | Time | (Days) | | | | | | |
| 24% Aktual | | 22-Oct-22 | 14:00 | 19-Nov-22 | 14:00 | 28 | 56 | 422 | 605 | 1.43 | 459 | 0.800 |
| | | 22-Oct-22 | 14:00 | 19-Nov-22 | 14:00 | 28 | 56 | 422 | 580 | 1.37 | 410 | 0.715 |
| | | 22-Oct-22 | 14:00 | 19-Nov-22 | 14:00 | 28 | 56 | 422 | 635 | 1.51 | 470 | 0.819 |
| | | 22-Oct-22 | 14:00 | 19-Nov-22 | 14:00 | 28 | 56 | 422 | 651 | 1.54 | 430 | 0.750 |
| | | | | | | | | | | | | 0.771 |



Gambar 9. Strength Factor

Mix Design Pasta Fill 24%

Kondisi aktual memiliki kondisi yang berbeda-beda pada kondisi air tanahnya seperti pada area penelitian K2-16 Sill pada section A,B,C memiliki air tanah yang bervariasi maka dari itu kondisi mix design 24% normal dengan komposisi Cement 175 Kg, Moistured Tuff 975 Kg, dan Air sebanyak 690 L dalam 1 m³. tidak dapat diaplikasikan atau di install dalam kemajuan yang menerus dikarenakan memiliki faktor pengaruh air tanah yang mengakibatkan menurunnya kekuatan pasta fill itu sendiri sehingga untuk kondisi mix design pasta fill 24% pada K2-16 Sill direkomendasikan sebagai berikut.



Gambar 10. Summary Mix Design 24%

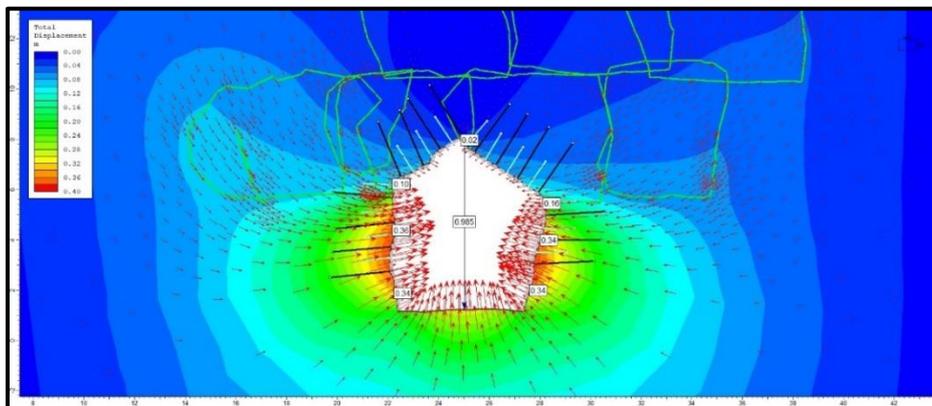
Tabel 3. Rekomendasi Mix Design Pasta Fill 24%

| Rekomendasi Mix Design Pasta Fill 24% | | |
|---------------------------------------|---------------------|---------|
| Section A | Cement (Kg) | 176.75 |
| | Moistured Tuff (Kg) | 984.75 |
| | Water (L) | 696.90 |
| Section B | Cement (Kg) | 176.75 |
| | Moistured Tuff (Kg) | 984.75 |
| | Water (L) | 696.90 |
| Section C | Cement (Kg) | 180.25 |
| | Moistured Tuff (Kg) | 1004.25 |
| | Water (L) | 710.70 |
| Section D | Cement (Kg) | 175 |
| | Moistured Tuff (Kg) | 975 |
| | Water (L) | 690 |

Percobaan Mix Design Pasta Fill 26% dan 29%

Section C pada area penelitian merupakan consent utama dikarenakan adanya overbreak batuan pada area drive K2-16 sill sehingga dilakukannya simulasi mix design 26% dan juga mix design 29% dengan menggunakan metode finite element numerical modelling pada kondisi pasta fill 26% kondisi kering dalam kurun waktu 28 hari didapatkan nilai strength factor sebesar 1,26 – 6. Dan mendapatkan nilai total displacement sebesar 0.02 – 0.32 m. Sedangkan pada kondisi pasta fill 26% kondisi basah dalam kurun waktu 28 hari didapatkan nilai strength factor sebesar 1.26 – 6. Dan mendapatkan nilai total displacement sebesar 0.02 – 0.38 m.

Berdasarkan simulasi dengan menggunakan metode finite element numerical modelling pada kondisi pasta fill 29% kondisi kering dalam kurun waktu 28 hari didapatkan nilai strength factor sebesar 0.95 – 6. Dan mendapatkan nilai total displacement sebesar 0.02 – 0.38 m). Sedangkan pada kondisi pasta fill 29% kondisi basah dalam kurun waktu 28 hari didapatkan nilai strength factor sebesar 1.26 – 5.68 m. Dan mendapatkan nilai total displacement sebesar 0.02 – 0.36 m.



Gambar 11. Simulasi Pasta Fill Kondisi Air 15% (28D) Total Displacement

Tabel 4. Summary Finite Element Methode Model Section

| Summary Finite Element Methode | | |
|--------------------------------|------------------------|---------------------|
| Sample | Total Displacement (m) | Strength Factor (m) |
| PF 26% K | 0.02 - 0.38 | 1.26 - 6 |
| PF 26% B | 0.02 - 0.32 | 1.89 - 5.37 |
| PF 29% K | 0.02 - 0.38 | 0.95 - 6 |
| PF 29% B | 0.02 - 0.36 | 1.26 - 5.68 |

D. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dalam penelitian ini, peneliti menyimpulkan beberapa hasil penelitian sebagai berikut:

1. Nilai Total Displacement pada hasil simulasi formulasi mix design pasta fill 26% dan 29% mengalami pergerakan 20mm – 180mm dengan klasifikasi konvergen very high sebagai priority 1 untuk variasi 26% (3, 7Hari) dan 29% (3,7 Hari) dan small sebagai priority 3 untuk variasi 26% (14,28 Hari) dan 29% (14,28 Hari).
2. Komposisi mix design pasta fill 24% Optimum berdasarkan pertimbangan jumlah air tanah yang berlebih (14.7%) pada area drive K2-16 Sill dengan komposisi cement 201.25 Kg, moistured tuff 1121.25 Kg, dan air sebanyak 793 L.

Acknowledge

Dari penelitian ini, penulis banyak mengucapkan banyak terimakasih telah membantu dan menyelesaikan penelitian ini kepada:

1. Keluarga Tercinta
Skripsi ini saya persembahkan untuk keluarga Rudi Priadi, S.H. dan Laelatul Hasanah dan juga kaka kandung saya Hilmy Mudzakkir, S.Ikom. dan Nadzira Qalby Khairy S.Pt. yang senantiasa membantu saya baik secara moral dan juga materi demi mengangkat derajat keluarga.
2. GeoBlue Team
Skripsi ini saya persembahkan untuk keluarga besar Laboratorium Geologi UNISBA Khususnya Geo18, Fahri, Aziz, Daffa Shidqi, Daffa Naufaldy, Nirmaya, Bagas, Rai'f sebagai pembuktian hasil dari kerja keras saya selama dunia perkuliahan untuk mengembangkan sayap laboratorium geologi UNISBA di kemudian hari.
3. Dosen Program Studi Teknik Pertambangan Unisba
Penyusun mempersembahkan penelitian ini untuk dosen-dosen Unisba yang sangat penyusun banggakan yaitu Bapak Ir. Yuliadi, S.T., M.T., IPM selaku pembimbing, Bapak Ir. Zaenal, M.T., Bapak Noor Fauzi Isnarno, S.Si., M.T., Bapak Dr., Ir. Yunus Ashari, M.T., dan Bapak Ir. Dono Guntoro, S.T., M.T., yang senantiasa memberikan arahan serta ilmu pengetahuan, dan semangat terhadap penyusun untuk menyelesaikan perkuliahan dan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Waode Jelita Ma'ruff Bay and Linda Pulungan, "Pemanfaatan Bahan Galian Mineral Kalsit Berdasarkan Karakteristik Sifat Fisik di Cikembar Sukabumi," *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, pp. 40–47, Jul. 2022, doi: 10.29313/jrtp.v2i1.994.
- [2] Yodi Kurniawan, Elfida Moralista, and Zaenal, "Penentuan Remaining Service Life Struktur Conveyor B pada Tambang Batubara PT XYZ," *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, pp. 1–6, Jul. 2023, doi: 10.29313/jrtp.v3i1.786.
- [3] Alan, E. 2015. Survey Tambang Bawah Tanah. Lampung. Universitas Lampung Mangkurat.
- [4] Ariyanto, Putra Umsini Yudi Anton. 2016. Kajian Teknis Optimalisasi Pompa Pada Sistem Penyaliran Tambang Bawah Tanah Di PT. Cibaliung Sumber Daya, Provinsi Banten. Teknik Pertambangan UPN "Veteran" Yogyakarta.

- [5] Bieniawski, Z. T. (1984). Rock mechanics design in mining and tunneling.
- [6] Karim, R., Simangunsong, G. M., Sulistianto, B., & Lopulalan, A. 2013. Stability Analysis of Paste Fill as Stope Wall using Analytical Method and Numerical Modeling in The Kencana Underground Gold Mining with Long Hole Stope Method. *Procedia Earth and Planetary Science*, 6, 474–484.
- [7] Kolymbas, D. 2005. *Tunnelling and tunnel mechanics: A rational approach to tunnelling*. Springer Science & Business Media.
- [8] Madi, A. 2020. Karakteristik Mineralisasi Pada Endapan Hidrotermal Prospek Beringin Halmahera Mineral, Halmahera Utara, Provinsi Maluku Utara. *Jurnal GEOMining*, 1(1), 38–48.
- [9] PT Nusa Halmahera. 2017. *Ground Control Management Plan (Gcmp)*. Halmahera Utara, Provinsi Maluku Utara.
- [10] Rendika, Endo. 2020. *Perencanaan Sistem Penyanggaan Lubang Bukaan Paste Cuddy Di Level 2720 East Pada Tambang Bawah Tanah Big Gossan PT Freeport Indonesia Kabupaten Mimika Provinsi Papua*. Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik. Universitas Sriwijaya.
- [11] Rock Mech Rock Eng. 2019. *Cemented Paste Backfill Geomechanics at a Narrow-Vein Underhand Cut-and-Fill Mine*. USA.
- [12] Sidhuanata, H. 2019. *Sifat Fisik dan Mekanik Batuan*. Bandung. ITB Press.
- [13] Singh, D. R., Mishra, A. K., & Agrawal, H. 2016. Performance Evaluation Of Fully Grouted Rock Bolt In An Indian Hard Rock Underground Mine. *Pro. Indorock, ISRMTT*, 741–755.
- [14] Tim Asisten Laboratorium Tambang. 2022. *Modul Praktikum Mekanika Batuan*. Bandung. Universitas Islam Bandung.
- [15] Wattimena, K., Ridho. *Distribusi Tegangan Di Sekitar Terowongan*. Laboratorium Geomeknika FIKTM – ITB. Institut Teknologi Bandung