

## Kajian Geoteknik Pembentukan Embankment Sisi Utara *Side Wall Pit* G-H PT Borneo Indobara

Akbar Suhada<sup>1</sup>, Andy Erwin W<sup>2</sup>, Adi kurniadi<sup>3</sup>, Bayu Angkasa Utoro<sup>4</sup>.

<sup>1,2</sup> Program Studi Magister Teknik Geologi Institut Teknologi Nasional Yogyakarta,

<sup>3,4</sup> PT Cipta Kridatama

Korespondensi : [andyerwin@itny.ac.id](mailto:andyerwin@itny.ac.id).

### ABSTRAK

Pada pit G-H PT Borneo Indobara terdapat Sungai ditengah pit yang dapat sewaktu-waktu banjir, Jika terjadi banjir akan membanjiri pit yang masih aktif melakukan penggalian dan banyak aktivitas sehingga beresiko menimbulkan kerugian berupa kerusakan alat bahkan berpotensi menimbulkan korban jiwa. Untuk mengurangi resiko ini diperlukan embankment. Pembentukan embankment dilakukan dengan mendesain embankment dan melakukan analisis geoteknik untuk memastikan keamanan lereng tambang agar dipastikan saat terbentuk tidak terjadi longsor pada lereng tambang. Setelah dilakukan kajian geoteknik dengan melakukan cross section pada 3 segmen didapatkan data Pada section line 1 memiliki Pof : 0% dan FK > 1.246 pada segmen 1 aman, Pada section line 2 memiliki Pof : 0% dan FK > 1.428 menandakan pada segmen ini aman, dan Pada section line 3 memiliki Pof : 0% dan FK > 0.577, pada segmen 3 perlu dilakukan perbaikan dengan mengurangi lebar embankment, setelah dilakukan perbaikan pada segmen 3 didapati dengan mengurangi lebar embankment menjadi 15 didapati bahwa naik menjadi > 1.249 dengan Pof 0% dengan design yang telah direvisi aman untuk di bentuk.

**Kata Kunci :** Banjir, Embankment, section, FK.

### ABSTRACT

At PT Borneo Indobara's G-H pit, there is a river in the middle of the pit which can flood at any time. If a flood occurs it will flood the pit which is still actively digging and carrying out lots of activities so there is a risk of causing losses in the form of equipment damage and even potentially causing loss of life. To reduce this risk, an embankment is needed. The embankment is formed by designing the embankment and carrying out geotechnical analysis to ensure the safety of the mine slope so that when it is formed, landslides will not occur on the mine slope. After carrying out a geotechnical study by carrying out cross-sections on 3 segments, data was obtained. In section line 1 it has Pof: 0% and FK > 1.246 segment 1 is safe, In section line 2 it has Pof: 0% and FK > 1.428 indicating that this segment is safe, and in section line 3 it has Pof: 0% and FK > 0.577, in segment 3 improvements need to be made by reducing the width of the embankment after improvements have been made in segment 3 it was found that by reducing the width of the embankment to 15 it was found that it increased to > 1.249 with Pof 0% with The revised design is safe to shape.

**Keywords:** Flood, Embankment, section, Safety Factor.

### PENDAHULUAN

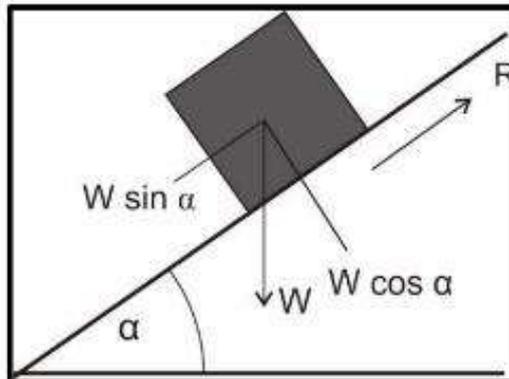
Pada Pit G-H PT Borneo Indobara di sisi utara terdapat Sungai ditengah pit, Sungai ini belum bisa dilakukan penggalian overburden dikarenakan pengalihan Sungai (divert) belum selesai dikerjakan sehingga harus dibuat rekayasa untuk melindungi dari banjir. Air Sungai berada pada elevasi +30 Mdpl sedangkan pit memiliki elevasi +20 Mdpl sehingga apabila terjadi banjir air akan meluap masuk ke dalam pit. Historis banjir berada pada elevasi kurang dari +35 Mdpl. Sisi Selatan Sungai merupakan pit aktif dimana masih terdapat aktivitas pengangkutan dan penggalian overburden serta pengambilan dan pengangkutan batubara, jika banjir masuk kedalam pit dapat mengakibatkan kerugian materil yang besar, bahkan potensi jatuhnya korban jiwa. Embankment dibentuk untuk menangkal banjir yang dapat terjadi kapan saja saat hujan, pada pit G-H penggalian overburden dilakukan dengan batas 50 meter dari tepi Sungai, akan tetapi pada beberapa segmen telah *overcut* sehingga jarak dari pinggir Sungai kurang dari 50 meter. Kondisi material pada zona buffer (50 meter sekitar Sungai) merupakan material lunak campuran antara lempung dan material sisa hasil penambangan emas aluvial (placer) illegal yang didominasi pasir halus hingga pasir kasar. Sehingga dalam

pembentukan perlu dilakukan Analisis geoteknik agar tidak mengakibatkan longsor oleh pembebanan material Embankment.

**METODE PENELITIAN**

**Analisis Geotek**

Analisis Geotek yang digunakan adalah metode kesetimbangan batas (limit Equilibrium Method, Metode kesetimbangan batas adalah metode pendekatan geoteknik dengan persamaan kesetimbangan dari satu blok yang diasumsikan tidak mengalami deformasi, dan mengurangi gaya-gaya yang tidak diketahui. Kondisi kestabilan lereng dengan menggunakan metode ini dinyatakan dalam nilai faktor keamanan (Fk). Gaya-gaya yang bekerja pada suatu balok yang berada pada suatu bidang miring yang mempunyai kemiringan sebesar  $\alpha$  dapat kita lihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Mekanisme luncuran blok pada bidang

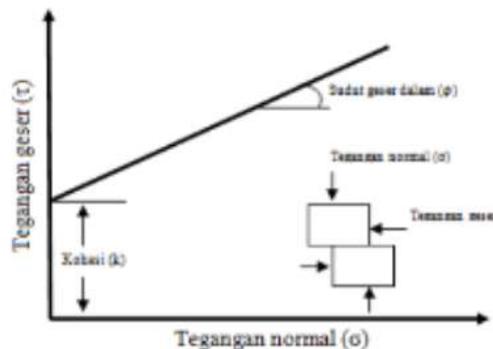
Apabila nilai gaya penggerak pada Gambar 1 adalah  $W \sin \alpha$  maka nilai FK dinyatakan dengan persamaan (1) berikut :

$$FK = \frac{c + (\sigma - \mu) \tan \phi}{W \sin \alpha}$$

Dimana :

- c : kohesi (kN/m<sup>2</sup>)
- $\sigma$  : tegangan normal (kN/m<sup>2</sup>)
- $\mu$  : tekanan air pori (kN/m<sup>2</sup>)
- $\phi$  : sudut geser dalam (°)
- $\alpha$  : sudut lereng (°)

Sifat material yang relevan dengan nilai FK pada persamaan diatas adalah Sudut geser dalam ( $\phi$ ), Kohesi (c) dan berat satuan ( $\gamma$ ), untuk mencari berat satuan didapatkan dengan nilai densitas pada batuan.



**Gambar 2.** Grafik Hubungan Kuat Geser ( $\tau$ ) dan Tegangan Normal ( $\sigma$ )

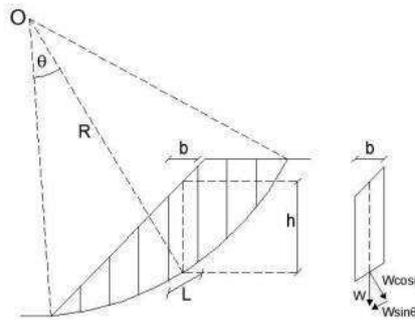
Tegangan normal dan tegangan geser yang bekerja pada batuan yang memiliki bidang diskontinu, sehingga batuan mengalami retak dan pergeseran pada bidang diskontinunya dapat dilihat pada Gambar 2, hubungan kuat geser dan tegangan normal dapat dinyatakan dengan Persamaan sebagai berikut (Lambe dan Whitmen,1969) :

$$\tau = c + \sigma \tan \phi$$

Dengan :

- $\tau$  = Kuat Geser (kN/m<sup>2</sup>)
- $c$  = Kohesi (kN/m<sup>2</sup>)
- $\sigma$  = Tegangan Normal(kN/m<sup>2</sup>)
- $\phi$  = Sudut Geser Dalam (°)

Metode perhitungan kesetimbangan batas yang biasa digunakan untuk analisis longsor tipe busur adalah metode irisan Fellenius dan Bishop. Metode Fellenius mengasumsikan bahwa keruntuhan terjadi melalui rotasi dari suatu blok tanah pada permukaan longsor berbentuk lingkaran (sirkuler) dengan titik O sebagai pusat rotasi. Metode ini juga menganggap bahwa gaya normal P bekerja di tengah-tengah irisan. Diasumsikan pula bahwa resultan gaya-gaya antar irisan pada tiap irisan adalah sama dengan nol atau dengan kata lain bahwa resultan gaya-gaya antar irisan diabaikan. Gaya-gaya yang bekerja pada irisan dengan menggunakan metode fellenius dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Gaya-gaya yang bekerja pada irisan fellenius ( Sumber : hardiyatmo, 2010)

Pada proses perhitungan analisis stabilitas lereng menggunakan irisan Fellenius, berat setiap irisan untuk irisan yang hanya dibebani berat tanah dapat dihitung menggunakan Persamaan (3) berikut :

$$W_i = \gamma \times A_i$$

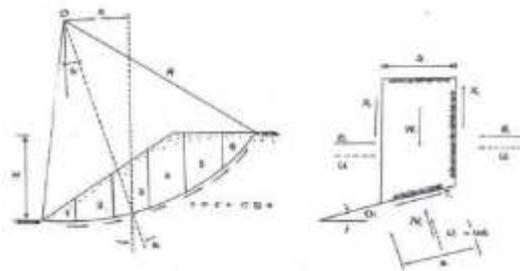
- Dimana :  $W_i$  = berat irisan tanah (kN)
- $\gamma$  = berat volume tanah (kN/m<sup>3</sup>)
- $A_i$  = luas irisan tanah (m<sup>2</sup>)

Sedangkan untuk irisan yang juga terdapat beban seperti beban bangunan di atas lereng dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$W_i = (\gamma \times A_i) + (q \times L)$$

- Dimana :  $W_i$  = berat irisan tanah (kN)
- $\gamma$  = berat volume tanah (kN/m<sup>3</sup>)
- $A_i$  = luas irisan tanah (m<sup>2</sup>)
- $q$  = beban di atas lereng (kN/m<sup>2</sup>)
- $L$  = lebar irisan yang terkena beban (m)

Metode bishop merupakan metode sederhana dan memiliki tingkat ketelitian yang cukup tinggi. Analisis dilakukan dengan membagi lereng per pias bagian. Metode Bishop yang disederhanakan (Bishop, 1955 dalam Hardiyatmo, 2003: 364), menganggap bahwa gaya-gaya yang bekerja pada sisi-sisi irisan mempunyai resultan sama dengan nol pada arah vertikal, berikut gambar mekanisme gaya-gaya yang bekerja pada irisan metode bishop :



**Gambar 4.** Gaya-gaya yang Bekerja Pada Metode Bishop

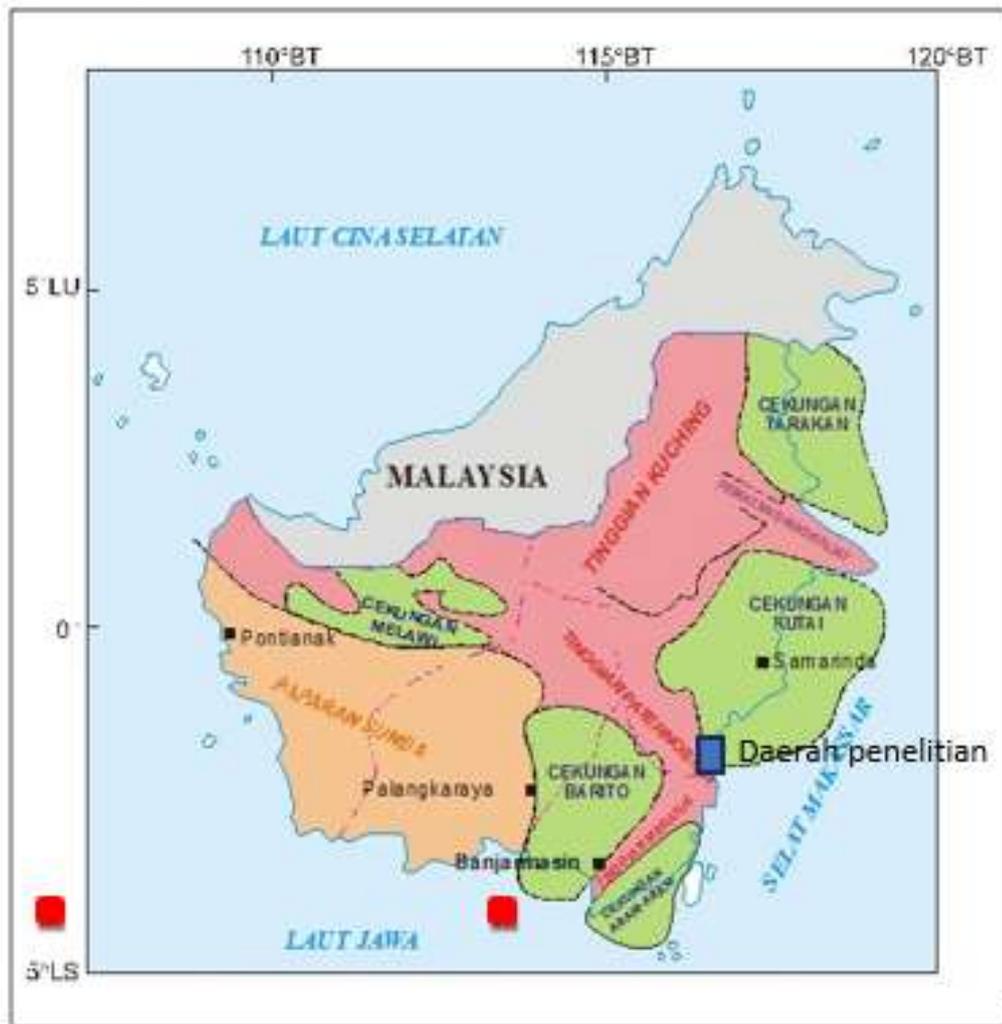
**Geologi Regional**  
**Fisiografi Daerah penelitian**

Daerah penelitian terdapat pada Sub-cekungan Asam-Asam (Heryanto, 2008 dan Kusnama, 2008) yang terletak di sebelah tenggara rangkaian Pegunungan Meratus. Pegunungan ini memisahkan

Sub-cekungan Asam-Asam dengan Cekungan Barito Sub-cekungan Asam-Asam dibentuk oleh pergerakan tektonik yang disebut struktur patahan blok. Di bagian utara terdapat dataran tinggi Kutai Barito dan patahan yang memisahkan Sub-cekungan Asam-asam dengan Cekungan Kutai. Fisiografi Kalimantan dibagi menjadi dataran rendah, dataran tinggi, daerah perbukitan, dan daerah pegunungan.

#### Formasi Warukin

Formasi Warukin merupakan bagian utama dari satuan batuan yang tersingkap di wilayah kerja PT Borneo Indobara. Dicitrakan dengan batubara yang tebal dan kadar kelembaban yang tinggi. Formasi ini terdiri dari perselingan batupasir kuarsa halus-kasar setempat konglomeratan dan batulempung, dengan sisipan batulempung pasir dan batubara yang terendapkan pada lingkungan paralik dengan ketebalan diperkirakan mencapai 1250 m. Fosil foraminifera yang terkandung dalam batulempung pasir antara lain *Amonia indica* (Le Roy), *Cellanthus* sp., *Amphistegina* sp., *Florilus* sp., *Lepidocyclina* sp., *Austrotrillina howchini* (Schlumberger), menunjukkan kisaran umur Miosen Tengah - Miosen Akhir (Sikumbang dan Heryanto, 1994).



Gambar 5. Cekungan sedimen Kalimantan ([psg.bgl.esdm.go.id](http://psg.bgl.esdm.go.id))

#### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

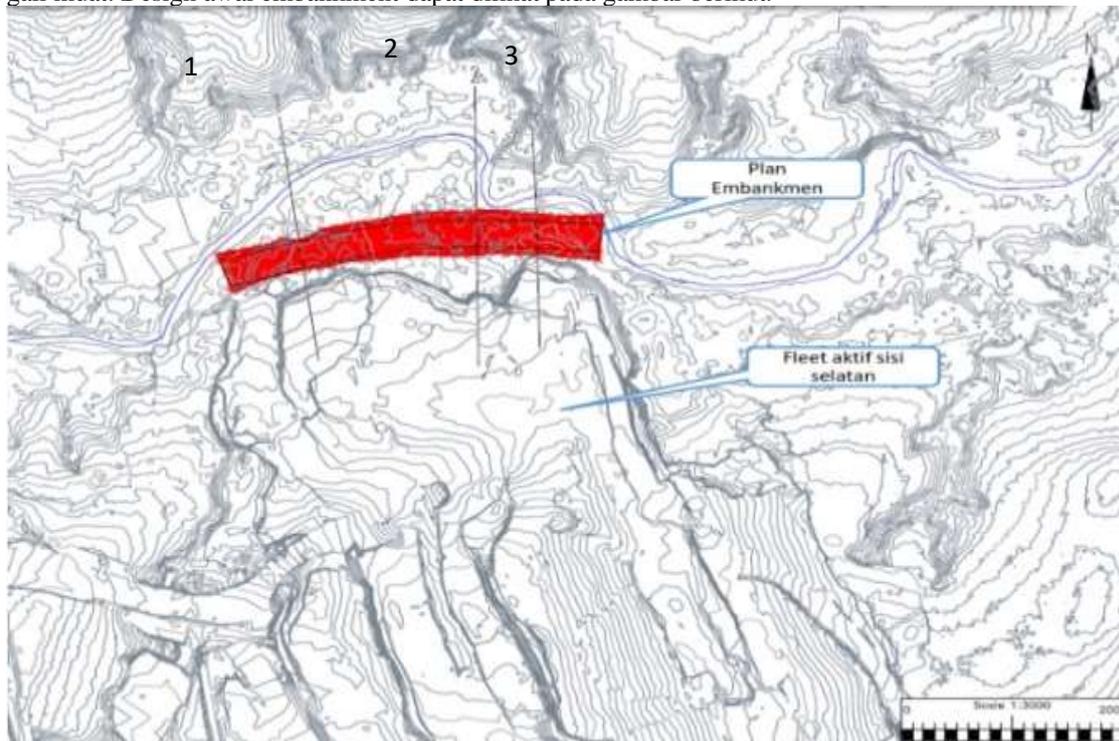
Dari data yang diterima PT. BIB didapatkan data material properties sebagai berikut : Bagian atas daerah penelitian merupakan material lepas hasil endapan Sungai berupa lempung dan hasil material sisa penambangan emas placer ilegal, dengan ukuran butir pasir halus hingga pasir kasar ketebalan material lepas pada daerah embankment berkisar antara 10-15 meter. Dibawah material lepas terdapat lempung dengan warna abu abu hingga abu abu tua, material ini merupakan material plastis, batuan ini mendominasi hingga base elevasi dekat embankment (RL+20).

**Tabel 1. Data Material Properties**

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Cohesion Type	Phi b (deg)	Air Entry (kPa)
Soil		20	Undrained	25		Constant	0	0
OB G-F_1		20.73	Mohr-Coulomb	66.16	18.96		0	0
Weak Layer		13	Mohr-Coulomb	0	13		0	0
Coal		14	Mohr-Coulomb	135	55		0	0
Waste		20	Undrained	45		Constant	0	0
Sandstone Loose		20	Mohr-Coulomb	1	23		0	0
Above G		21.101	Mohr-Coulomb	85.833	26.25		0	0

**Design Awal Embankment**

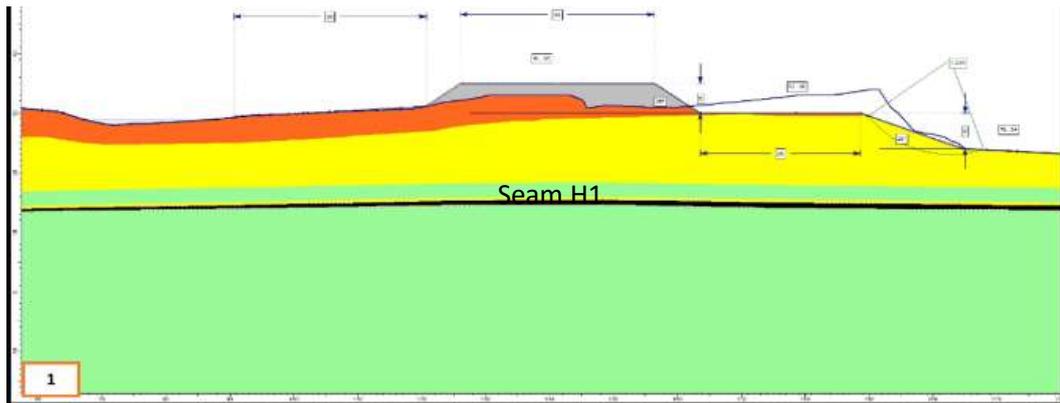
Design Embankment ditahan pada elevasi tertinggi +35 Mdpl ketinggian embankment menyesuaikan data historis banjir pada daerah pit G-H, dengan lebar 30 meter dan kemiringan pembentukan embankment menyesuaikan pada sudut pembentukan Pit yaitu 35<sup>0</sup>. Lebar 30 meter diperlukan untuk melakukan manuver unit hauler, unit yang digunakan untuk pembentukan embankment adalah hauler type OHT Cat 773, dengan menggunakan digger tipe Cat 395. Volume Pembentuk embankment adalah berkisar antara 60.000 Lcm, nantinya akan di rehandle setelah Sungai peralihan selesai, dan Sungai yang berada pada Tengah pit dapat di gali muat. Design awal embankment dapat dilihat pada gambar berikut.



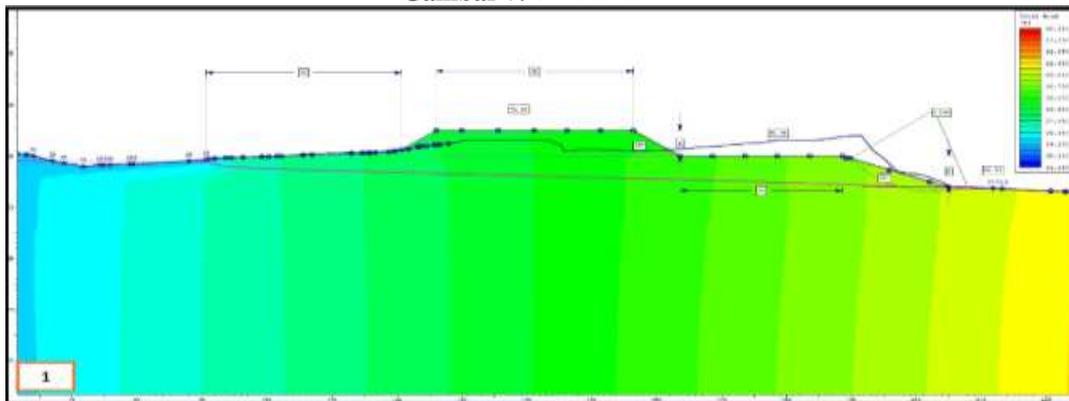
**Gambar 6.** Design Embankment dan section Embankment

**Data Situasi**

Data situasi diambil dari survey menggunakan data terupdate dengan tanggal 20 September 2023, Pengambilan data menggunakan alat Total Station. Section Line 1



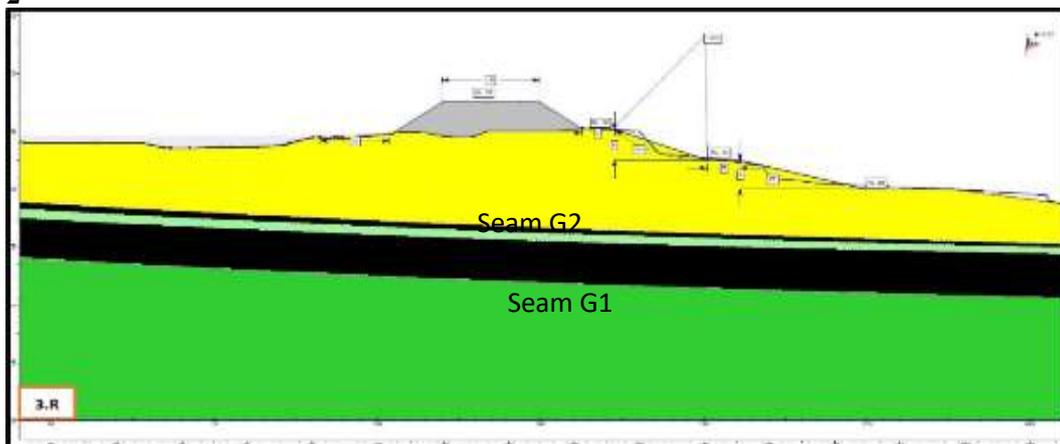
Gambar 7. Section line 1



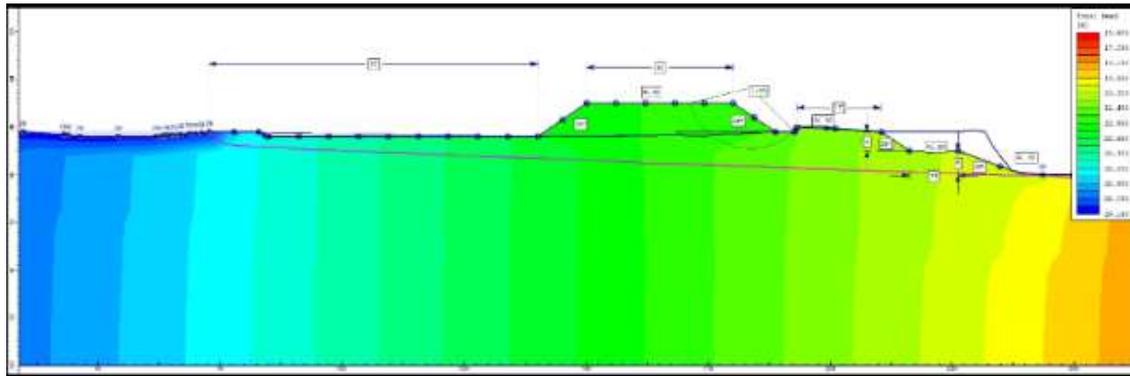
Gambar 8. Section line 1

Dari section line 1 memiliki litologi soil, pasir, dan batubara yang tipis, soil pada section ini memiliki ketebalan 5 meter, lebar tanggul 30 meter, dengan slope membentuk tanggul  $35^{\circ}$  pembentukan bench hingga elevasi +35 Mdpl, elevasi Sungai actual +29 Mdpl, Jarak Sungai ke embankment 30 meter. Pada section line 1 memiliki Pof : 0% dan FK > 1.246 menandakan pada daerah ini relative aman untuk dibentuk dengan design yang ada.

Line 2



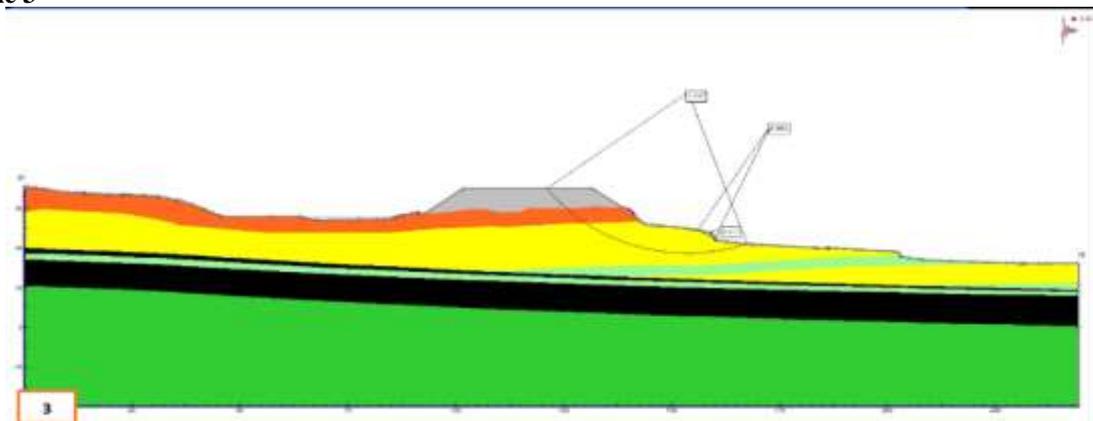
Gambar 9. Section line 2



**Gambar 10.** Section line 2

Dari section line 2 memiliki litologi soil, pasir, dan batubara, soil pada section ini memiliki ketebalan 5 meter, lebar tanggul 30 meter, dengan slope membentuk tanggul  $35^{\circ}$  pembentukan bench hingga elevasi +35 Mdpl, elevasi Sungai actual +29 Mdpl, Jarak Sungai ke embankment 67 meter. Terdapat rembesan air yang bersumber dari Sungai pada section line 2, rembesan ini diakibatkan oleh bidang diskontinu antara material lepas permukaan dan material lempung dibawahnya. Pada section line 2 memiliki Pof : 0% dan FK > 1.428 menandakan pada daerah ini relative aman untuk dibentuk dengan design yang ada.

### Line 3



**Gambar 11.** Section line 3

Dari section line 3 memiliki litologi soil, pasir, dan batubara, soil pada section ini memiliki ketebalan 5 meter, lebar tanggul 30 meter, dengan slope membentuk tanggul  $35^{\circ}$  pembentukan bench hingga elevasi +35 Mdpl, elevasi Sungai actual +29 Mdpl, Jarak Sungai ke embankment kurang dari 10 meter. Pada section line 3 memiliki Pof : 0% dan FK > 0.577 menandakan pada daerah ini jika dibentuk dengan design yang ada akan terjadi longsor, Lebar embankment perlu dipersempit.

### Pembahasan

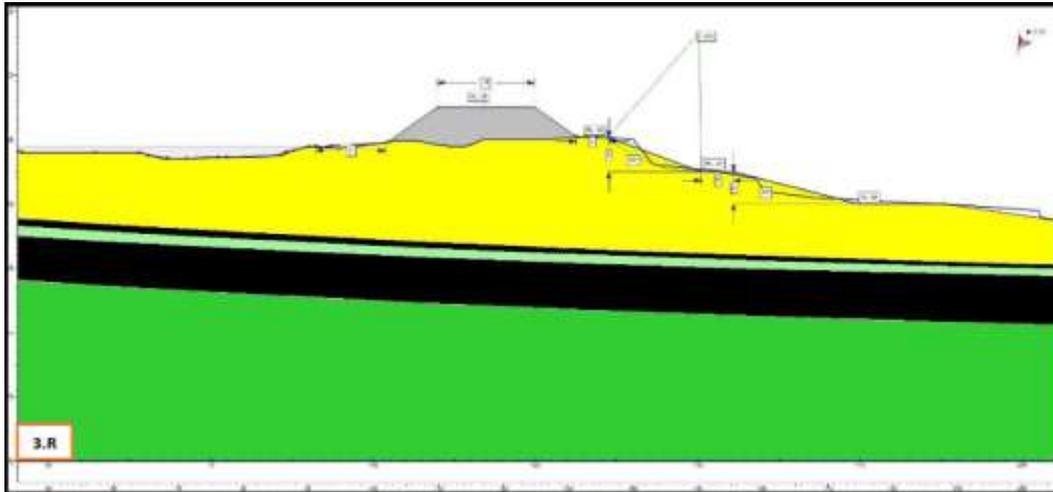
Rekomendasi material pembentuk embankment adalah material lempung terbaik yang ada pada pit G-H, dari data lapangan material terbaik adalah material lempung yang terletak pada Seam H1 ke G2 material ini cukup melimpah di area pit. Pembentukan harus dilakukan dengan kompaksi agar tidak mudah tergerus oleh banjir. Material surface aman untuk langsung ditimbun tanpa perlu dilakukan penggantian material.

Mekanisme Pembentukan Embankment dibentuk dengan menggunakan OHT Cat Tipe 773, pembuatan embankment dimulai dari line section 1 kemudian diarahkan ke line section 2. Embankment dibentuk dengan 1x exca cat 390 dengan hauler 3 OHT cat 773 alat support yang digunakan adalah 1x Dozer cat D6, dengan produktivitas exca 488 dan rata rata jam kerja efektif 14 jam embankment akan selesai dikerjakan 9 hari.

### Perbaikan design Line section 3.

Pada line section 3 didapat FK kurang dari 1 sehingga kemungkinan akan terjadi longsor sehingga perlu dilakukan pembuatan desain ulang, pada section 3 harus dipersempit dengan lebar 15 meter agar

mendapat Fk lebih dari 1.2, Setelah dilakukan redesign embankment dipersempit dengan lebar crest 15 meter didapatkan FK > 1.249 dengan Pof 0%. Perubahan desain dapat dilihat pada Gambar 11.



**Gambar 12.** Section line 3 yang telah direvisi

#### KESIMPULAN

1. Embankment Perlu dibentuk untuk melindungi pit dari banjir yang bisa terjadi kapan pun
2. Embankment dibuat dengan lebar 30 meter dan ketinggian 35 Mdpl
3. Section 1 aman dibentuk sesuai design
4. Section 2 aman dibentuk sesuai design
5. Section 3 perlu perbaikan dengan mengurangi lebar embankment menjadi 15 meter.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Alio, Jaspito, dkk., Analisa Dinamik Pengaruh Peledakan Terhadap Kestabilan Terowongan Nanjung. PERHAPI. Indonesian Mining Professionals Journal Volume 2, Nomor 1. 2020 Hal 1-10.
- [2]. Arif, Muhamad Z., 2020. Studi Pengaruh Geometri Lereng Pada Analisis Kemantapan Lereng 2D dan 3D Dengan Metode Kesetimbangan Batas. Indonesian Mining Profesional Jurnal. Hal. 51-56.
- [3]. Azizi, Ahmad Masagus, Dkk., 2019. Prediction Of Material Volume Of Slope Failure In Nickel Surface Mine Using Limit Equilibrium Method 3D. Indonesian Mining Profesional Jurnal. Hal 43-48.
- [4]. Boggs, Jr., Sam. 2009. Petrology of Sedimentary Rock 2nd Edition. Cambridge University Press. New York.
- [5]. Breeford Theo Karnova Zebua, 2017, Analisis Pengaruh Rekahan Terhadap Kestabilan Lereng Di Perbukitan Batugamping, Kaliwadas, Karangasambung, Jawa Tengah; Skripsi S1, Prodi Teknik Pertambangan FTKE, Universitas Trisakti.
- [6]. Das, Braja M., 2010. Principal of Geotechnical Engineering 7th Edition, Cengage Learning, Stamford.
- [7]. Gercek, H., 2007, Poisson's ratio values for rocks, International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences 44 (2007) 1-13.
- [8]. Herlambang, S. Rizka, Dkk. 2020. Analisis Kestabilan Lereng Disposal Menggunakan Metode Kesetimbangan Batas di Tambang Nikel Kabupaten Konawe, Provinsi Sulawesi Tenggara. Prosiding Teknik Pertambangan Vol 6 No.2 Unisba, Bandung.
- [9]. Krahn, Jhon., 2003. The Limits Of Limit Equalilibrium analyses. NRC Canada, Canada.
- [10]. Lambe, William T., Whitman Robert V., 1969. Soil Mechanics, Jhon Wiley & Sons, Inc., New York.
- [11]. Rahman, Nur Alam Syah, Ganda Marihot Simangunsong, Irwandi Arif. 2020. Analisis Perubahan Kekuatan Batuan Akibat Bidang Diskontinu dan Semen Grouting. PERHAPI. Indonesian Mining Professionals Journal Volume 2, Nomor 1. Hal 29-36.

- 
- [12]. Rustandi, E., Nila, E.s., Margono, U., 1995. Peta Geologi Lembar Kotabaru, Kalimantan, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Bandung.
  - [13]. Santoso, jioni Frans, Nurfalaq Hafizh Muhamad. 2019. Studi Geoteknik Pengaruh Muka Air Tanah Terhadap Kestabilan Lereng Tambang Batubara. PERHAPI. Indonesian Mining Professionals Journal Volume 1. Hal 12-21.
  - [14]. Suyuti, Rizal, Muhamad,. 2020, Evaluasi Tinggi Embankment Jalan Pada Tanah Lunak Diperkuat Geotextile dan Fondasi Cerucuk. Teras Jurnal Vol 10, No 2.
  - [15]. Terzaghi, K., Peck, R.B., 2009. Soil Mechanics in Engineering Practice,. JOHN WILEY & SONS, New York.
  - [16]. Wyllie., Duncan C., Mah, Christoper W. 2004, Rock Slope Engineering, taylor & Francis Group. New York.