

## **ANALISIS KESTABILAN LERENG MENGGUNAKAN *LIMIT EQUILIBRIUM METHOD* PADA HIGHWALL PIT 5 PT. TAMBANG BUKIT TAMBI SITE PADANG KELAPO, KABUPATEN BATANGHARI, PROVINSI JAMBI**

**John Wily Saragih, Riska Faramodita, Faizar Farid dan Aditya Denny Prabawa**  
Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Jambi  
Email: johnsaragih2510@gmail.com, riskafaramodita@gmail.com,  
farizarfarid@gmail.com, adityaming@unja.ac.id

### **Abstract**

*The method of coal mining used in research areas is open pit. This method resulted in the formation of mine opening holes. This has an effect on the stability of the slopes, namely highwall and lowwall. In order for the highwall to remain in a stable state, geotechnical analysis is needed to discuss the stability of the slopes to avoid avalanches. The purpose of this study is to find out whether or not a slope is stable based on the geometric shape of the slope recommended in the form of safety factor value (FK). The stages used in this study are data retrieval in the field in the form of highwall geometry and characteristics of slope constituent materials. Data is processed by geotechnical support application by simulating slopes to obtain FK values considered safe using bishop and spencer methods according to KEPMEN 1827, 2018. The results of the analysis of both incisions showed the highwall in unstable condition ( $FK \leq 1.2$ ). Redesigned by increasing the width of the bench. The results of the analysis of all sections namely  $FK > 1.2$  (stable) with saturated slope conditions.*

**Keywords:** *highwall; analysis; safety factor.*

### **Abstrak**

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui stabil atau tidak suatu lereng berdasarkan bentuk geometri lereng direkomendasikan dalam bentuk nilai faktor keamanan (FK). Metode penambangan batubara yang digunakan pada daerah penelitian adalah *open pit*. Metode ini mengakibatkan terbentuknya lubang bukaan tambang. Hal ini berpengaruh pada kestabilan lereng yaitu *highwall* dan *lowwall*. Agar *highwall* tetap berada dalam keadaan stabil diperlukan analisis geoteknik membahas mengenai kestabilan lereng untuk menghindari terjadi longsoran. Tahapan yang digunakan pada penelitian ini yaitu pengambilan data dilapangan berupa geometri *highwall* serta karakteristik material penyusun lereng. Data diolah dengan aplikasi pendukung geoteknik dengan cara melakukan simulasi lereng untuk mendapatkan nilai FK dianggap aman menggunakan metode bishop dan spencer sesuai KEPMEN 1827, 2018. Hasil analisis kedua sayatan menunjukkan *highwall* dalam kondisi tidak stabil ( $FK \leq 1,2$ ). Dilakukan desain ulang dengan menambah lebar *bench*. Hasil analisa section yaitu  $FK > 1,2$  (stabil) dengan kondisi lereng jenuh.

**Kata kunci:** *highwall*; analisis; faktor keamanan

## Pendahuluan

Kestabilan lereng banyak ditentukan oleh tingkat pelapukan dan bidang diskontinuitas yang ada pada masa batuan tersebut, seperti sesar, lipatan, dan struktur bidang perlapisan. Pada saat merancang suatu tambang terbuka maka dilakukan analisis kestabilan lereng yang terjadi akibat proses penggalian maupun penimbunan (Arif, 2016). Untuk menentukan kondisi kestabilan lereng, maka dilakukan analisis dengan metode kesetimbangan batas dalam menentukan nilai dari faktor keamanan (FK). Analisis kesetimbangan batas merupakan metode yang mempertimbangkan kesetimbangan gaya sepanjang bidang gelincir. Dalam melakukan analisa stabilitas lereng terdapat dua kelompok besar, yakni, prosedur massa dan metoda irisan (Masagus Ahmad, 2012).

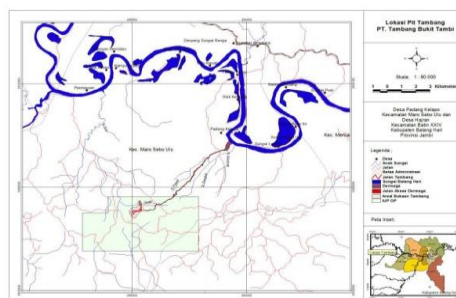
Perusahaan Tambang Bukit Tambi merupakan perusahaan pertambangan yang bergerak dibidang pertambangan batubara, Perusahaan ini terletak di Desa Padang Kelapo, Muarosebo ulu, Kabupaten Batanghari, Provinsi Jambi. Penelitian dilakukan pada PIT 5 dikarenakan pada PIT ini merupakan pertemuan dua formasi yaitu formasi air benakat dan formasi muara enim. Pertemuan dua formasi mengakibatkan terbentuknya struktur geologi yaitu *antiklinorium* pada lapisan ke dua batubara yang memiliki arah umum barat-laut-tenggara (Kurniawan et al., 2019).

Penelitian dilakukan pada PIT 5 lereng *highwall* lapisan 2 batubara dikarenakan lereng *highwall* memiliki kemiringan *bench* searah dengan kemiringan lapisan litologi batuan penyusun lereng. Kondisi yang terjadi pada daerah ini dapat dianalisis melalui perhitungan analisis kestabilan lereng dengan menggunakan metode kesetimbangan batas untuk menentukan faktor keamanan pada lereng tersebut.

Penelitian dilakukan untuk menentukan nilai faktor keamanan berdasarkan simulasi geometri lereng yang direkomendasikan pada *seam 2* batubara, selain itu juga melakukan analisa faktor keamanan lereng dianalisis dengan cara dinamik (memperhitungkan koefisien gempa) dengan 2 metode. Sehingga nilai yang didapatkan lebih optimal. Dengan dilakukan analisis ini dapat memberikan rekomendasi lereng yang aman sehingga dapat diterapkan di perusahaan.

## Metode Penelitian

### Tempat dan Waktu



Gambar 1. Kesampaian daerah penelitian

Kesampaian daerah Padang Kelapo dapat dicapai dari Jambi luar kota dengan menggunakan transportasi darat, dilanjutkan ke Muaro Bulian dan menuju Muaro Tembesi, Lalu dilanjutkan perjalanan dari Muaro Tembesi ke Desa Padang Kelapo dengan menggunakan transportasi darat selama  $\pm$  3 jam. Penelitian dilaksanakan pada tanggal 25 oktober 2020 selama dua bulan.

Kestabilan lereng tergantung pada gaya penggerak dan penahan yang bekerja pada lereng (Pangemanan et al., 2014). Gaya penggerak adalah gaya-gaya yang mengakibatkan suatu bagian lereng bergerak. Faktor-faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng diantaranya geometri lereng, struktur geologi, kondisi air tanah, sifat mekanik dan fisik tanah/batuan, serta gaya-gaya yang bekerja pada lereng (Nurhidayat, 2016).

Struktur batuan juga mempengaruhi dalam kestabilan lereng dalam hal keterdapatannya bidang-bidang diskontinuitas seperti sesar, rekahan, dan perlapisan. Struktur batuan tersebut merupakan bidang-bidang lemah dan sekaligus dapat menjadukan tempat merembesnya air yang menyebabkan berkurangnya nilai kuat geser tanah/batuan (Rahim et al., 2015).

Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif bertujuan untuk membuktikan hipotesis yang telah dibuat penulis selain itu dalam melakukan analisis menggunakan metode kesetimbangan batas (*limit equilibrium*) dengan pendekatan metode irisan. Metode ini sangat berguna dalam praktek rekayasa serta membutuhkan data yang relatif sedikit dibandingkan metode lainnya seperti metode elemen tak hingga.

Dilakukan dengan cara pengamatan langsung dilapangan mengenai kondisi area *highwall* serta material penyusun lereng yang terdapat pada pit 5. Kemudian dilakukan pengumpulan informasi dan data mengenai kajian teori cara mendesain *highwall*, menghitung sifat fisik dan mekanik penyusun lereng serta bagaimana cara penggunaan perangkat lunak yang digunakan.

Data-data yang dibutuhkan yaitu data primer dan data sekunder. Pengumpulan data primer berupa sayatan aktual geometri lereng, data *strike* dan dip, kondisi MAT. Untuk data sekunder diperoleh dari instansi perusahaan, berupa data sifat fisik dan mekanik batuan, peta geologi regional, peta kemajuan tambang, peta topografi.

Adapun tahapan pengolahan data yang dilakukan yaitu perhitungan sifat fisik dan mekanik batuan yang didapatkan dari hasil uji laboratorium, pembuatan penampang dari desain pit, melakukan simulasi dari *software* pendukung geoteknik, melakukan desain lereng yang aman dengan melakukan pelebaran *bench*, memperhatikan jarak antar elevasi, dan *slope bench* (Sukadana et al., 2012).

Metode irisan yang akan diterapkan dalam penelitian ini adalah metode bishop disederhanakan (1955) dan metode spencer (1967) pada lereng *highwall* kedua metode ini dapat digunakan dikarenakan pada daerah penelitian jenis batuan memiliki sifat mendekati tanah (Muhamad, n.d.).

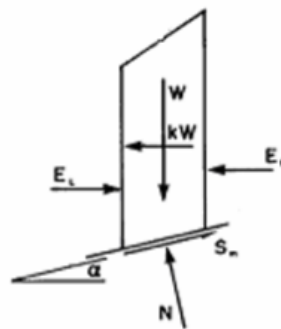
**Metode Bishop disederhanakan**

Metode ini mengasumsikan gaya-gaya antar segmen diabaikan, serta gaya normal yang terdapat pada dasar segmen dihasilkan dari menguraikan gaya-gaya pada segmen yang berarah vertikal. Kesalahan dapat terjadi jika bagian permukaan bidang longsor mempunyai lereng yang curam dan negatif di dekat kaki (*toe*). Metode Bishop meskipun termasuk kedalam metode yang sangat sederhana tetapi mempunyai nilai keakurasian yang bagus terutama pada bidang longsor berbentuk lingkaran (Abdillah et al., 2017).

Nilai faktor keamanan dengan menggunakan metode bishop dapat dihitung dengan persamaan:

$$FK = \frac{\sum \frac{1}{m} (c' + (W - \mu l) \tan \phi')}{W \sin \alpha}$$

Diantara metode irisan lainnya, metode Bishop yang disederhanakan merupakan metode yang paling populer dalam analisis kestabilan lereng. Asumsi yang digunakan dalam metode ini yaitu besarnya gaya geser antar-irisan sama dengan nol ( $X=0$ ) dan bidang runtuh berbentuk sebuah busur lingkaran. Kondisi kesetimbangan yang dapat dipenuhi oleh metode ini adalah kesetimbangan gaya dalam arah vertikal untuk setiap irisan dan kesetimbangan momen pada pusat lingkaran runtuh untuk semua irisan. Sedangkan kesetimbangan gaya dalam arah horizontal tidak dapat dipenuhi (Rajagukguk, 2014).



Gambar 2. Gaya-gaya yang bekerja pada irisan

Perhitungan nilai faktor keamanan dapat menggunakan persamaan berikut ini:

$$F = \frac{\sum X / (1 + Y/F)}{\sum Z + Q}$$

Dimana :

$$X = (c' + (\gamma h - \gamma_w h_w) \tan \phi') \frac{\Delta X}{\cos \psi}$$

$$Y = \tan \psi \tan \phi'$$

$$Z = \gamma h \Delta X \sin \psi$$

$$Q = 0.5 \gamma_w z^2$$

F = faktor keamanan

$\gamma$  = bobot isi material (ton/m<sup>3</sup>)

$\gamma_w$  = bobot isi air (ton/m<sup>3</sup>)

$\psi$  = kemiringan bidang luncur ( $^{\circ}$ )  
 $h$  = tinggi lereng (m)  
 $hw$  = tinggi lereng jenuh (m)  
 $c'$  = kohesi (MPa)  
 $z$  = kedalaman tegangan tarik (m)  
 $\phi'$  = sudut geser dalam ( $^{\circ}$ )

### Metode Spencer

Metode Spencer merupakan metode mengasumsikan bidang kelongsoran yang berbentuk non-circular. Metode ini berdasarkan pada asumsi dari gaya-gaya yang bekerja di sekitar bidang irisan adalah paralel sehingga gaya-gaya tersebut memiliki sudut kemiringan yang sama yaitu:

$$\tan \phi = \frac{X_L}{E_L} = \frac{X_R}{E_R}$$

Dimana  $\theta$  adalah sudut dari resultan gaya yang bekerja di sekitar bidang irisan terhadap horizontal. Metode ini menjumlahkan setiap gaya yang tegak lurus memperoleh gaya normal yang bekerja pada bidang irisan :

$$P = \frac{[W - (E_R - E_L) \tan \theta - \frac{1}{F} (c' l \sin \alpha - ul \tan \phi' \sin \alpha)]}{\cos \alpha (1 + \tan \alpha \frac{\tan \phi'}{F})}$$

Dengan memperhitungkan nilai-nilai kesetimbangan gaya dan momen, akan dihasilkan 2 jenis faktor keamanan, yaitu Ff dan Fm. Faktor keamanan berdasarkan momen (Fm) yang berpusat pada satu titik menghasilkan persamaan faktor keamanan.

$$F_m = \frac{\sum (c' l + (P - ul) \tan \phi')}{\sum W \sin \alpha}$$

Nilai faktor keamanan berdasarkan kesetimbangan gaya (Ff) dengan menggunakan asumsi dari spencer maka nilai dari faktor keamanannya didapat dari persamaan.

$$F_f = \frac{\sum (c' l + (P - ul) \tan \phi') \sec \alpha}{\sum (W - X_R - X_L) \tan \alpha}$$

$P$  = Gayanormal  
 $c'$  = kohesi ( jika analisa dalam kondisi *undrained* diambil nilai  $C_u$  jika dalam kondisi drained diambil nilai kohesiefektif)  
 $W_n$  = gaya akibat beban tanah ke-n  
 $A$  = sudut antara titik tengah bidang irisan dengan titik pusat busur bidang longsor  
 $\phi'$  = sudut geser tanah (jika dalam kondisi *undrained* nilai sudut geser)  
 $U$  = tekanan air pori  
 $X_L X_R$  = gaya gesek bekerja ditepi irisan

### Cara untuk menstabilkan lereng

Menurut (Gideon, 2017), ada beberapa cara untuk menstabilkan atau memperbaiki lereng yang mungkin akan terjadi longsoran, yaitu :

1. Membuat lereng lebih datar atau mengurangi sudut kemiringan dari lereng tersebut. Ini cocok untuk lereng yang tidak terlalu tinggi.
2. Memperkecil ketinggian lereng

3. Mengubah lereng menjadi *multy slope*
4. Dengan menambah *counter weight* yaitu tanah timbunan pada kaki lereng.
5. Memperbesar gaya lawan atau *force moment*
6. Memasang tiang pancang atau tembok penahan tanah

### Hasil dan Pembahasan

Lokasi penelitian terletak pada area *highwall* pit 5 dikarenakan lokasi penelitian ini merupakan pertemuan dua formasi yaitu formasi airbenakat dan formasi muara enim. Pertemuan antar kedua formasi ini mengakibatkan terbentuknya struktur geologi yaitu antiklin pada lapisan kedua batubara.



Gambar 3. Penampang lereng Highwall

Gambar diatas merupakan bentuk aktual lereng, yang diambil dari lereng *lowwall*. Pada lereng *highwall* batubara *seam 2* mengalami geologi struktur antiklin (lipatan) keatas maka diperlukan analisis kestabilan lereng untuk menentukan *slope* dan geometri bench yang baik dan aman saat melakukan *coal getting*.

Lereng yang dianalisis terdiri dari beberapa lapisan penyusun batuan yaitu batulempung pasiran, batubara *seam 3*, batulempung, batubara *seam 2*, *carbonaceous claystone*, batubara *seam 1*, dan overburden yang terdiri dari lapisan top soil dan batu lempung warna merah.

#### a. Lapisan *overburden*

Lapisan tanah penutup (*overburden*) pada lereng yang akan dilakukan penelitian dicirikan dengan dominasi batulempung. Berdasarkan deskripsi inti bor pada lapisan overburden terdapat top soil sebagai tanah pucuk dengan ketebalan 1,5 m dan lapisan ini terdiri atas batulempung dengan batulempung pasiran dengan ketebalan mencapai 5m (data inti bor). Berdasarkan deskripsi dilapangan menunjukkan bahwa batulempung pasiran dengan warna kecoklatan abu-abu, ukuran butirnya halus-sedang, dengan komposisi kuarsa. Pada batulempung memiliki warna abu-abu terang, sangat lapuk.

#### b. Lapisan Batubara *seam 3*

Lapisan ini memiliki ketebalan 0,7m. Hasil deskripsi dilapangan menunjukkan bahwa batubara dengan warna gelap, *dull*, agak keras, warna lapuk coklat, gores hitam. Lapisan pengotor batu lempung berwarna abu-abu gelap, lapuk dan tebal 30 cm pada bagian *roof* batubara.

c. **Lapisan batulempung**

Pada lapisan ini batulempung warna segar abu-abu gelap, warna lapuk abu-abu kecoklatan, kekerasan lunak, mengandung serat karbon.

d. **Batubara seam 2**

Lapisan batubara ini memiliki ketebalan 4 m, dengan warna hitam dan warna lapuk coklat, gores hitam, pecahan tidak beraturan, agak keras dengan pengotornya batulempung

e. **carbonaceous claystone**

Merupakan lapisan batulempung, warna abu-abu gelap. Lapisan ini merupakan lapisan yang hadir sebagai *parting* antara lapisan batubara *seam 1* dan *seam 2* dengan ketebalan 0.5 m.

f. **Lapisan batubara seam 1**

Lapisan batubara dengan ketebalan 3 m. dengan warna hitam, warna lapuk coklat. Gores hitam, agak rapuh.

**Parameter Sifat fisik dan mekanik**

Nilai peak merupakan nilai yang diuji pada kondisi awal hingga batas puncak, sehingga nilai ini ditujukan untuk material lereng seperti *highwall*, dan *lowwall* dengan material yang original. Penelitian ini digunakan nilai peak untuk nilai sifat fisik dan mekanik material.

Hasil uji laboratorium dan pemetaan dari kegiatan geoteknik yang dilakukan dengan pengujian secara langsung dilakukan, sehingga digunakan untuk menganalisis penelitian ini. Dari hasil uji laboratorium sebelumnya digunakan untuk permodelan dan analisis awal. Data parameter uji laboratorium dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 1.** Sifat fisik dan mekanik

NO	Material	Peak			
		C (KPa)	$\Phi$ ( $^{\circ}$ )	$\gamma_{sat}$ kN/m <sup>3</sup>	$\gamma_d$ kN/m <sup>3</sup>
1	Top Soil	23.3	20.25	11.08	9.905
2	Lempung merah	17	30.25	16.67	12,65
3	Batulempung pasiran	30.72	16.17	18.53	15.10
4	Batubara seam 3	51.6	202.4	16.954	11.368
5	Batulempung warna abu-	39.74	10.8	16.67	13.72

abu					
6	Batubara seam 2	49.9	340	12.05	10.388
7	carbonaceous claystone	24.02	21.17	14.41	17.55
8	Batubara seam 1	44.9	390	12.936	10.388

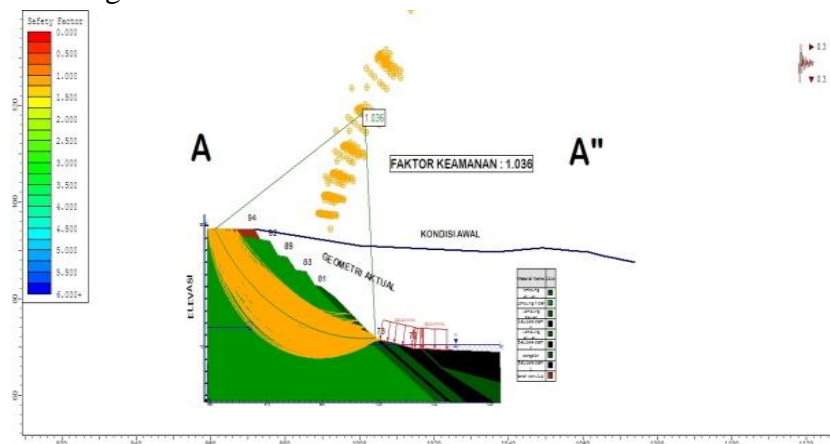
**FK Desain Awal Highwall**

Nilai Faktor Keamanan diperoleh dari analisis kestabilan lereng pada sayatan penampang terhadap lereng *highwall* di PIT 5, yang akan dijelaskan sebagai berikut :

**a. Penampang A-A”**

Pada penampang sayatan A-A” lapisan batubara pada lokasi penambangan hadir sebagai sisipan diantara perselingan batulempung pasir dengan batulempung berwarna abu-abu. Sifat fisik dan mekanik material penyusun lereng mencakup batuan, tanah penutup, kadar air, berat isi kering, berat isi basah, dan sudut geser dalam puncak (peak). Kuat geser puncak (peak) yang digunakan diasumsikan bahwa highwall dengan kondisi lapisan material original.

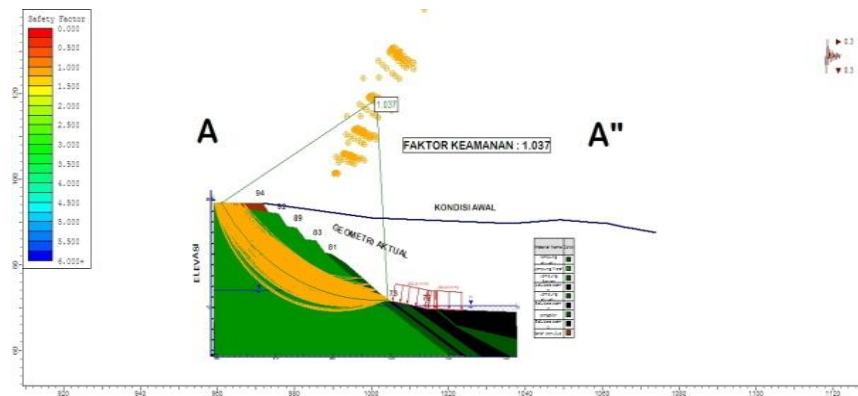
Analisis dilakukan pada kondisi eksisting merupakan kondisi beban yang bekerja adalah beban statis dan dinamis. Bidang gelincir pada lereng tunggal berupa kontak perlapisan batulempung pasir dan overburden (batulempung warna merah), tipe longsor yang akan berpotensi terjadi adalah longsor dalam berbentuk busur dengan bidang gelincir berada disepanjang kontak batulempung pasir dan batulempung warna abu-abu. Hal ini terjadi karena kontras nilai kuat geser pada kedua lapisan dan orientasi perlapisan yang searah dengan muka lereng. Hal ini juga didukung oleh kondisi muka lereng yang menunjukkan gradasi pelapukan dan mudcrack pada lapisan batulempung. Hal ini mengindikasikan rendahnya durabilitas batuan dan mudahnya batulempung terdisintegrasi.



Gambar 4. Faktor Keamanan Bishop



## Analisis Kestabilan Lereng Menggunakan Method Pada Highwall Pit 5 PT. Tambang Bukit Tambi Site Padang Kelapo, Kabupaten Batanghari, Provinsi Jambi

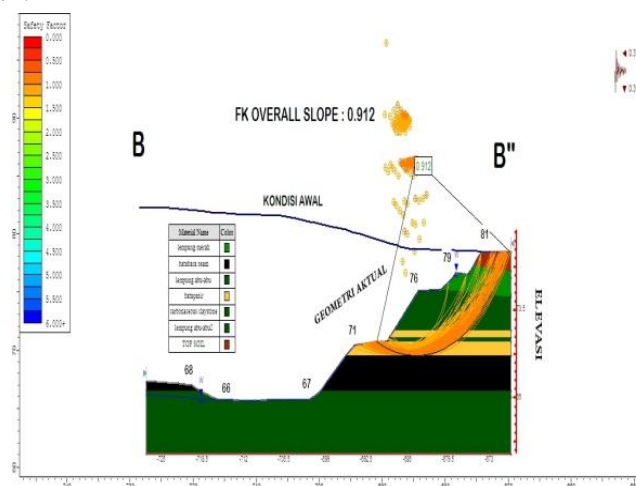


Gambar 5. Nilai Faktor Keamanan Spencer

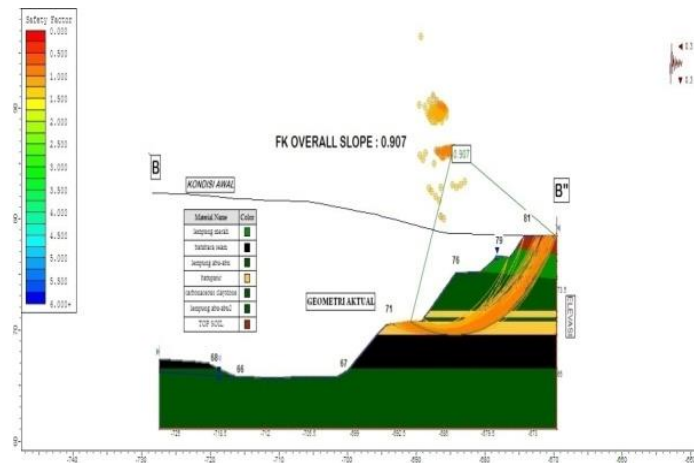
Untuk kondisi MAT yang tidak jenuh dalam pengolahan data didapatkan nilai faktor keamanan untuk *overall slope* didapatkan nilai faktor keamanan 1,036 pada metode *bishop simplified*, sedangkan nilai faktor keamanan pada metode *spencer* untuk *overall slope* didapatkan nilai faktor keamanan 1,037 (gambar 5). Berdasarkan hasil didapatkan bahwa lereng *overall slope* dalam kondisi kritis (KEPMEN 1827, 2008).

### b. Penampang B-B''

Pada analisis penampang B-B'' litologi penampang lereng berbeda dengan *highwall* pada penampang A-A'' dikarenakan penampang B-B'' berhadapan langsung dengan *lowwall*. Pada penampang B-B'' litologi penyusun lereng terdiri dari batu lempung merah, batubara *seam* 1, batulempung, *carbonaceous claystone*, batupasir, dan batulempung warna abu-abu. Pada gambar 7, diketahui bahwa penampang B-B'' terdiri dari 4 jenjang yang dimana lereng ini dekat dengan penampang A-A'' batubara *seam* 2 mengalami *antiklin*. Nilai sifat fisik dan mekanik material yang tergolong rendah dan juga lereng dalam kondisi jenuh diakibatkan tingginya curah hujan menyebabkan nilai faktor keamanan rendah.



Gambar 6. Faktor Keamanan metode Bishop Simplified kondisi jenuh



Gambar 7. Faktor Keamanan metode Spencer kondisi jenuh

Berdasarkan hasil pengamatan dilapangan diketahui bahwa lereng dalam keadaan kering, akan tetapi tingginya curah hujan dibulan Oktober dan Novembershingga mengakibatkan kondisi muka air tanah (MAT) lereng dalam keadaan jenuh dengan tujuan meminimalisir potensi terjadinya longsoran dengan kondisi terburuk pada lereng.

Faktor eksternal yang mempengaruhi dalam kestabilan lereng yaitu gempa bumi, iklim, dan cuaca. Disekitar lereng tidak terdapat alat mekanis yang bekerja sehingga beban bersifat statis. Muka air tanah dalam kondisi jenuh berdasarkan metode *bishop simplified* nilai Faktor Keamanan *overall slope* yaitu 0,912. Sedangkan pada metode *spencer* nilai Faktor Keamanan *overall slope* yaitu 0,907 (gambar 8). Pada geometri lereng nilai faktor keamanan padakedua metode dalam kondisi kritis (KEPMEN, 2018, 1827).

Tabel 2. Nilai Faktor Keamanan Desain Awal

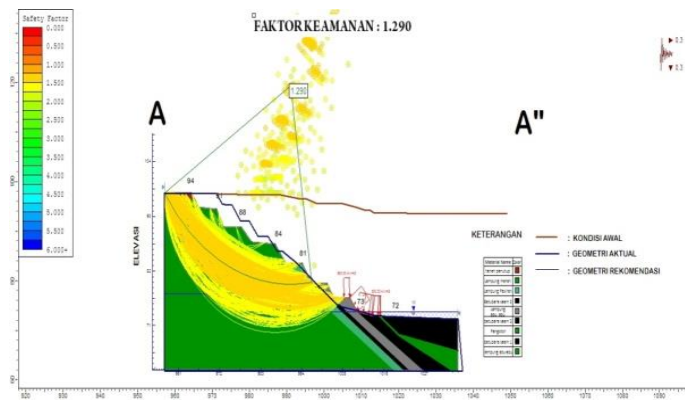
Penampang	Tinggi Lereng	Faktor Keamanan		Keterangan
		Bishop	Spencer	
A-A''	44,372	1,036	1,037	Tidak Stabil
B-B''	39,581	0,912	0,907	Tidak Stabil

### FK Rekomendasi Desain Baru

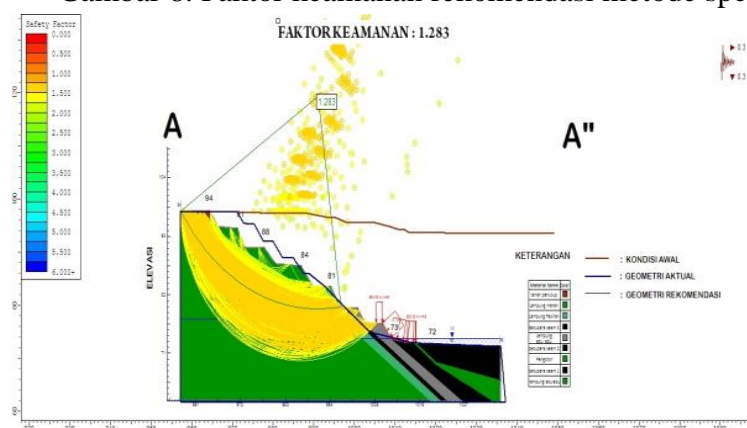
#### a. Penampang A-A''

Analisis kestabilan lereng tambang batubara PT. Tambang Bukit Tambi dilakukan berdasarkan bentukan aktual lereng dilapangan. Dikarenakan penampang A-A'' memiliki lebar *bench* sempit yaitu 2,5 sampai 3 m dan bentuk geometri lereng yang searah dengan perlapisan batuanya maka Penampang A-A'' dilakukan pembuatan ulang desain geometri dengan memundurkan lereng sejauh 6 m dari bentukan *crest* tertinggi geometri aktual dilapangan. Pada pemunduran lereng tersebut untuk *bench* elevasi 94 sampai dengan elevasi 80 memiliki nilai *slope* yang sama seperti keadaan aktual.

# Analisis Kestabilan Lereng Menggunakan Method Pada Highwall Pit 5 PT. Tambang Bukit Tambi Site Padang Kelapo, Kabupaten Batanghari, Provinsi Jambi



Gambar 8. Faktor keamanan rekomendasi metode spencer



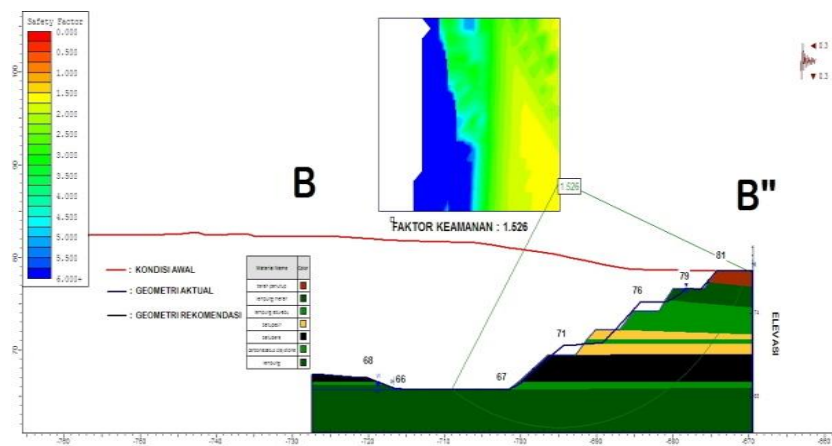
Gambar 9. Faktor keamanan rekomendasi metode bishop simplified

Berdasarkan pengamatan lereng tidak dalam kondisi jenuh dikarenakan terdapat genangan air disekitaran *bench* tambang dengan kedalaman 1.159 m. Perubahan geometri lereng dilakukan dengan menambah lebarpada setiap jenjang atau menambah *bench* untuk dapat mengurangi beban dari puncak lereng sehingga menambah nilai faktor keamanan. Dari hasil analisis desain lereng sayatan A-A” didapatkan nilai Faktor Keamanan untuk *Overall Slope* 1,290 metode spencer. Pada metode bishop didapatkan nilai Faktor Keamanan *overall slope* didapatkan nilai 1,283. Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa FK untuk *overall slope* dalam kondisi stabil (KEPMEN 1827, 2008).

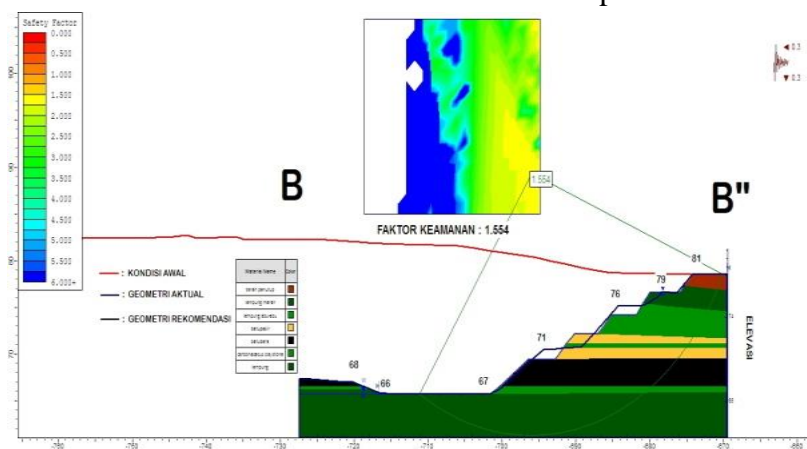
## Penampang B-B”

Berdasarkan analisis kestabilan lereng yang dilakukan, penampang B-B” memiliki nilai faktor keamanan yang kritis ( $FK < 1,2$ ).

Berdasarkan hasil rekomendasi yang didapatkan penampang B-B” dilakukan penambahan satu *bench* dari kondisi aktual dilapangan sehingga *bench* yang terbentuk ada lima *bench* dengan kondisi lereng dalam keadaan jenuh. Dari analisis didapatkan nilai faktor keamanan pada lereng dalam kondisi jenuh yaitu 1,526 pada metode *bishop simplified* dan 1,554 untuk *overall slope* menggunakan metode *spencer*.



Gambar 10. Rekomendasi metode spencer



Gambar 11. Rekomendasi metode bishop simplified

Berdasarkan rekomendasi geometri lereng yang didesain diketahui bahwa sudah memenuhi faktor keamanan menurut KEPMEN 1827 (2008) sehingga lereng dalam kondisi stabil.

Data didapatkan berdasarkan analisis bahwa terjadi perubahan geometri lereng baik itu *slope* maupun tinggi lereng. Untuk *overall slope* yang dibentuk mengalami perubahan pada penampang A-A'' dari  $32^{\circ}$  menjadi  $26^{\circ}$ . Untuk penampang B-B'' juga mengalami perubahan *slope* pada *overall slope* dari  $22^{\circ}$  menjadi  $20^{\circ}$  (tabel 8) tujuan dilakukan perubahan *overall slope* membuat lereng lebih landai lagi sehingga mengurangi terjadinya longsor pada *highwall*.

Tabel 3. Nilai faktor keamanan rekomendasi

ANALISIS FAKTOR KEAMANAN								
Penampang	Metode	Jenis lereng	Dimensi Geometri Lereng				Faktor Keamanan (FK)	Kondisi Lereng
			Elevasi		Tinggi Lereng	Slope		
			Top (m)	Base (m)				
A-A''	Bishop simplified	Overall slope	93	73	56,381	28	1,283	Stabil

<b>A-A''</b>	Spencer	Overall	93	73	56,	28	1,290	Stabil
		slope			381			
<b>B-B''</b>	Bishop simplified	Overall	81	67	39,	20	1,526	Stabil
		slope			581			
<b>B-B''</b>	Spencer	Overall	81	67	39,	20	1,554	Stabil
		slope			581			

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada penampang A-A'' dilakukan penambahan dua *bench*. Hasil analisa didapatkan nilai faktor keamanan pada penampang A-A'' pada metode *bishop simplified* 1,036 dan pada metode *spencer* nilai faktor keamanan 1,037. Analisis yang dilakukan pada penampang B-B'' didapatkan bahwa nilai faktor keamanan pada metode *bishop simplified* yaitu 0,912 dan untuk metode *spencer* 0,907. Lereng termasuk dalam kondisi kritis sebab daerah penelitian memiliki curah hujan yang tinggi sehingga lereng diasumsikan kondisi jenuh.
2. Berdasarkan hasil analisis nilai faktor keamanan *highwall* nilai faktor keamanan dibawah 1,2, sehingga dilakukan pendesainan ulang dengan mengubah tinggi *bench*, *slope bench* dan menambah lebar *bench* dari bentukan geometri dilapangan untuk mendapatkan nilai faktor keamanan yang stabil.

### Bibliography

- Abdillah, R. A., Purwanto, M. S., & Warnana, D. D. (2017). Analisa Stabilitas Pada Lereng Tambang Terbuka Lapangan "TG." *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), B281–B283.
- Arif, I. I. (2016). *Geoteknik Tambang*. Gramedia Pustaka Utama.
- KEPMEN. (2018). *Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 1827 K/30/MEM/2018*.
- Kurniawan, P., Sutriyono, E., & Jati, S. N. (2019). Identifikasi Lipatan Terhadap Geometri Lapisan Batubara Di Lawang Kidul, Muara Enim, Sumatera Selatan. *Prosiding Applicable Innovation of Engineering and Science Research, 2019*, 104–108.
- Masagus Ahmad, A. (2012). Analisis Risiko Kestabilan Lereng Tambang Terbuka (Studi Kasus Tambang Mineral X). *Prosiding Simposium Dan Seminar Nasional Geomekanika Ke-1 Tahun 2012: Menggagas Masa Depan Rekayasa Batuan Dan Terowongan Di Indonesia*, 4–19.
- Muhamad, S. (n.d.). *Analisis kestabilan lereng menggunakan metode bishop di pit al-14 tambang batubara pt. Equalindo makmur alam sejahtera, daerah sanga-sanga, kabupaten kutai kartanegara, kalimantan timur*.
- Nurhidayat, T. (2016). *Pengaruh Tinggi Muka Air Tanah Terhadap Faktor Kestabilan Lereng Tambang*.
- Pangemanan, V. G. M., Turangan, A. E., & Sompie, O. B. A. (2014). Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Fellenius (Studi Kasus: Kawasan Citraland). *Jurnal Sipil Statik*, 2(1).
- Rahim, A., Heriyadi, B., & Anaperta, Y. M. (2015). Analisis Kestabilan Lereng Untuk Menentukan Geometri Lereng Pada Area Penambangan PIT Muara Tiga Besar Selatan PT. Bukit Asam (persero) TBK, Tanjung Enim, Sumatera Selatan. *Bina Tambang*, 2(1), 271–284.
- Rajagukguk, O. C. P., Turangan, A. E., & Monintja, S. (2014). Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Bishop (Studi Kasus: Kawasan Citraland Sta. 1000m). *Jurnal Sipil Statik*, 2(3).
- Sukadana, I., Indrastomo, F. D., Widito, P., & Widana, K. S. (2012). *Identifikasi Batuan Sumber dan Deliniasi Sebaran Endapan Aluvial Mengandung Monasit di Kabupaten Bangka, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung*.