



**ANALISIS POTENSI KERUNTUHAN BERDASARKAN ORIENTASI STRUKTUR  
KEKAR PADA LERENG *HIGH WALL* PIT X PT BERAU COAL**

**Tiara Yutika Ramadhianty<sup>1\*</sup>, Raden Irvan Sophian<sup>1</sup>, Ismawan<sup>1</sup>, Sindu Umboro<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Teknik Geologi, Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran

<sup>2</sup>PT Berau Coal Energy

\*Korespondensi: [tiara19018@mail.unpad.ac.id](mailto:tiara19018@mail.unpad.ac.id)

**ABSTRAK**

Pit X merupakan salah satu pit aktif milik PT Berau Coal yang terletak di Kabupaten Berau, Provinsi Kalimantan Timur dan secara geologi regional termasuk ke dalam area struktur kompleks. Selama proses penambangan berlangsung, banyak dijumpai longsor yang dipicu oleh struktur geologi. Penelitian dilakukan untuk mengidentifikasi seberapa besar pengaruh struktur kekar yang ada pada area tambang, sehingga dapat mengantisipasi dan mengurangi risiko longsor yang mungkin terjadi, serta mengoptimalkan kegiatan penambangan batubara yang sedang berlangsung. Untuk mengetahui pengaruh struktur kekar terhadap kondisi kestabilan lereng digunakan metode analisis kinematika. Hasil analisis kinematika menunjukkan nilai *probability of failure* (PoF) yang didapatkan memiliki nilai rentang 0% - 27.86% dengan potensi tipe longsor terbesar adalah tipe longsor baji.

**Kata Kunci :** Analisis kinematika, kestabilan lereng, kekar, potensi kelongsoran

**ABSTRACT**

*Pit X is one of the active pits of PT Berau Coal located at Berau, East Kalimantan. It is included in the complex structure area based on regional geology. In this area, landslides triggered by geological structures are often encountered during the mining process. Research has been conducted to identify the influence of existing joint in the mining area in order to prevent and reduce the potential risk of landslides, as well as to optimize coal mining productions. Kinematic analysis was used to determine the influence of joint on slope stability conditions. The types of landslides that may occur were identified using kinematic analysis. The results of the kinematic analysis indicate that the probability of failure (PoF) ranges from 0% - 27.86%, with the highest potential for type of landslide being a wedge landslide.*

**Keywords :** Kinematic Analysis, slope stability, joint, probability of failure.

## PENDAHULUAN

Pit X merupakan salah satu area tambang terbuka milik PT Berau Coal yang masih aktif beroperasi yang terletak di Kabupaten Berau, Kalimantan Timur. Wilayah operasional tersebut memiliki cadangan volume batubara sebesar 6,4 juta ton dengan kualitas batubara paling tinggi yang dimiliki PT Berau Coal, yaitu kelas *high-volatile bituminous* dengan nilai kalori  $\geq 6000$  cal/gr (Putranto dkk., 2022).

Salah satu dari banyaknya aspek yang harus diperhatikan dalam kegiatan penambangan adalah aspek keamanan. Apabila lereng pada sarana operasi penambangan tidak stabil, maka kegiatan produksi akan terganggu dan berakibat fatal terhadap keselamatan pekerja dan peralatan.

Kestabilan lereng dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain faktor geometri lereng, karakteristik fisik dan mekanik material pembentuk lereng, air (hidrologi dan hidrogeologi), struktur bidang lemah batuan, tegangan alamiah dalam massa batuan, konsentrasi tegangan lokal, getaran alami (gempa) dan buatan (efek peledakan dan alat berat), iklim, hasil perbuatan pekerja tambang, serta pengaruh termik (Moshab, 1997 dalam Arif, 2016). Apabila gaya penahan yang bekerja pada lereng lebih kecil dari gaya penggerakannya, lereng tersebut tidak stabil dan akan terjadi longsoran (Arif, 2016).

Struktur geologi menjadi salah satu faktor yang memengaruhi kestabilan lereng tambang. Orientasi arah struktur juga dapat menambah potensi terjadinya longsoran ketika searah dengan kemiringan lereng karena berpotensi mengalami *sliding* dan menjadi bidang gelincir pada lereng tambang terbuka. Keberadaan struktur kekar yang intens pada area tambang PT Berau Coal menyebabkan terjadinya rekahan pada lereng yang dapat memperlemah kekuatan

lereng dan menyebabkan kegagalan lereng. Permasalahan tersebut menjadikan struktur kekar memiliki pengaruh yang besar terhadap kestabilan lereng tambang yang berkaitan erat dengan kelancaran kegiatan operasional penambangan. Lereng tambang yang longsor dapat menyebabkan berbagai kerugian, baik itu kerugian materiel ataupun non materiel

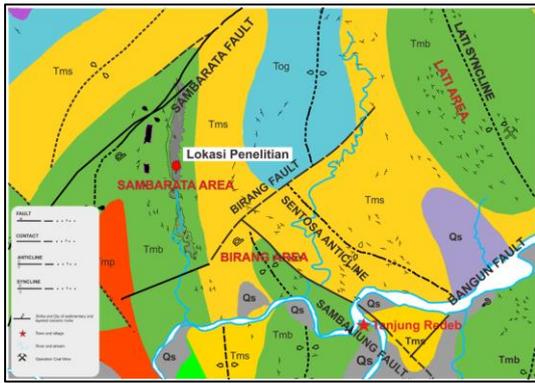
Berdasarkan geologi regional Berau, Area Pit X dikelilingi struktur geologi yang kompleks dan keberadaan struktur tersebut berpotensi menghasilkan struktur-struktur baru yang keberadaannya menjadi bidang lemah yang dapat menyebabkan kelongsoran pada lereng tambang. Oleh karena itu, diperlukan juga pemetaan struktur geologi untuk menilai potensi kelongsoran berdasarkan keberadaan struktur geologi.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Geologi Regional

Daerah penelitian secara regional termasuk dalam Sub-Cekungan Berau. Daerah penelitian memiliki geomorfologi yang dicirikan berupa pegunungan rendah dengan bukit bergelombang dan rawa. Sub-Cekungan Berau tersusun oleh batuan sedimen, batuan vulkanik, dan batuan beku berumur Tersier hingga Kuartar (Tossin & Kadir, 1996).

Berdasarkan Peta Geologi Regional, formasi utama penyusun area penelitian adalah Formasi Berau (Tmb) yang tersusun dari material berupa konglomerat, batupasir, batulempung, dan batubara (PT Berau Coal, 2020). Daerah penelitian juga termasuk ke dalam area struktur kompleks yang dikelilingi oleh beberapa struktur yang saling berpotongan, seperti Sesar Sambarata, Sesar Birang, Antiklin Sentosa, dan Antiklin Rantau Panjang.



**Gambar 1.** Peta Geologi Regional Berau Area Penelitian (PT Berau Coal, 2020)

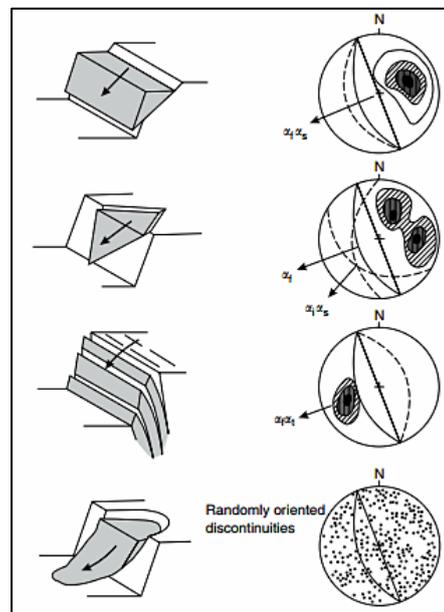
### Analisis Kinematika

Analisis kinematika merupakan analisis rekonstruksi dari pergerakan yang terjadi pada saat proses deformasi batuan yang terjadi di semua skala. Metode analisis kinematika hanya mempertimbangkan bidang diskontinuitas yang terdapat pada massa batuan dan geometri dari bidang lemah yang dapat memberikan pengaruh terhadap ketidakstabilan suatu lereng (Arif, 2016).

Semua data kekar yang didapatkan akan diplot dalam proyeksi stereografi. Proyeksi stereografi menyajikan orientasi data 3 dimensi menjadi data 2 dimensi yang kemudian dianalisis (Hoek & Bray, 1981).

Hoek & Bray (1981) membagi 4 tipe keruntuhan atau longsor yang dapat terjadi di tambang terbuka, yaitu longsor bidang (*wedge failure*), longsor baji (*wedge failure*), longsor guling (*toppling failure*), dan busur (*circular failure*). Longsor bidang dapat terjadi jika terdapat bidang lemah yang memotong bagian atas lereng, kemiringan bidang gelincir lebih besar daripada sudut geser dalam dan lebih kecil daripada kemiringan lereng ( $\phi < \Psi_p < \Psi_f$ ), *strike* bidang gelincir sejajar atau hampir sejajar maksimal  $20^\circ$  dengan *strike* lereng, dan terdapat terdapat *release surface* jika berada dalam tubuh batuan (Wyllie & Mah, 2004). Untuk longsor baji akan

terjadi jika terdapat dua bidang lemah atau lebih yang saling berpotongan. Syarat lain untuk terjadinya longsor baji adalah sudut yang dibentuk oleh bidang perpotongan kedua bidang lemah tersebut dengan bidang horizontal (*plunge*) lebih kecil daripada sudut kemiringan lereng dan lebih besar daripada sudut geser dalamnya. Untuk longsor guling terjadi jika bidang-bidang lemah memiliki kemiringan yang berlawanan arah dengan kemiringan lereng. Adapun tipe longsor busur dengan bentuk bidang gelincir menyerupai busur dan umumnya terjadi pada lereng batuan lapuk atau sangat tersesarkan.



**Gambar 2.** Tipe Keruntuhan Bidang, Baji, Guling, dan Busur (Hoek & Bray, 1981)

### METODE PENELITIAN

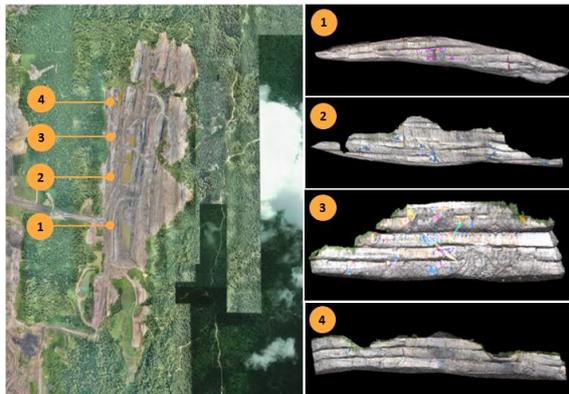
Pengambilan data kekar dilakukan pada area *highwall* Pit X pada tahun 2022 dengan melakukan pemetaan struktur kekar secara *remote sensing* menggunakan *Maptek I-Studio*. Pemetaan struktur dilakukan untuk mengetahui keberadaan struktur yang berada pada daerah penelitian. Pada proses pemetaan struktur didapatkan data kedudukan kekar, *strike/dip* kekar, panjang kekar, dan *strike/dip* lereng. Selain diperlukan data

kekar dan lereng, diperlukan juga data laboratorium yang meliputi data sudut geser dalam batuan. Selanjutnya, dilakukan analisis kinematika menggunakan *Dips*. Pada tahap ini dilakukan proyeksi stereografi terhadap bidang diskontinuitas dan geometri lereng. Data kemiringan dan arah kemiringan kekar dan lereng, sudut geser dalam, dan batas lateral dimasukkan untuk mengetahui tipe longsor, arah longsor, dan nilai *probability of failure*.

Pada penelitian ini menggunakan asumsi semua bidang diskontinuitas memiliki sudut geser dalam ( $\phi$ ) = 26°. Adapun batas lateral yang digunakan sebesar 20° dari muka lereng.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

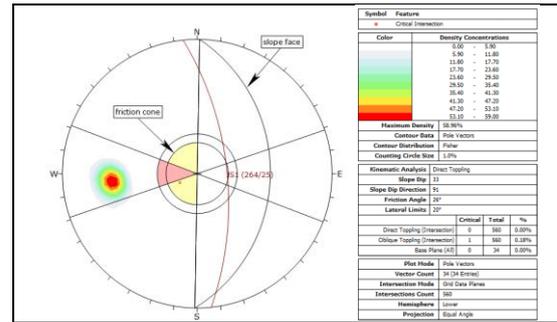
Daerah pemetaan Pit X dibagi menjadi 4 area atas dasar orientasi dan batas lereng dari masing-masing area yang terdiri dari *highwall 1*, *highwall 2*, *highwall 3*, dan *highwall 4*. Analisis kinematika ini dilakukan untuk mengidentifikasi potensi tipe longsor yang paling besar pada area *highwall*.



**Gambar 3.** Area pemetaan struktur

**Highwall 1**

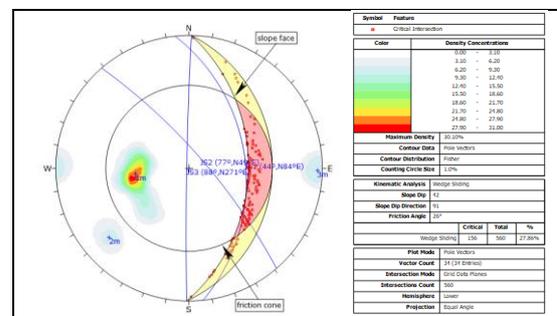
Berdasarkan analisis kinematika pada area *highwall 1* dengan orientasi lereng N 1° E/33° menunjukkan potensi longsor baji dan guling dengan nilai PoF yang sama, yaitu sebesar 0,18%.

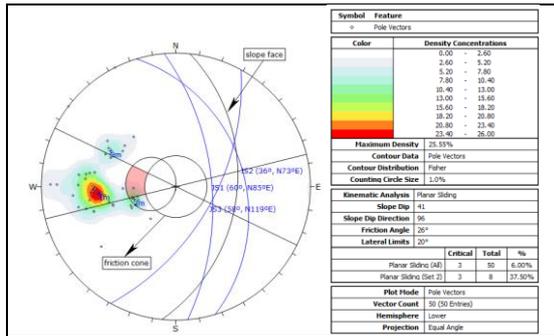


**Gambar 4.** Analisis Kinematika *highwall 1*

**Highwall 1**

Pada lereng *high wall 2* dengan orientasi lereng N 1° E/42°, kekar-kekar pada lereng memenuhi syarat untuk terjadinya semua tipe potensi longsor. Nilai PoF tipe longsor bidang 14,71%, tipe longsor baji 27,86%, tipe longsor guling (*flexural toppling*) 5,88%, dan tipe longsor guling (*oblique toppling*) 0,89%. Potensi tipe longsor terbesar pada *highwall 2* adalah tipe longsor baji, sedangkan potensi yang terkecil adalah tipe longsor guling (*oblique toppling*).

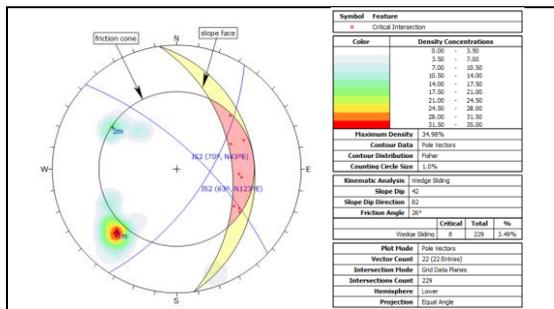




Gambar 6. Analisis Kinematika highwall 3

### Highwall 4

Berdasarkan analisis kinematika menunjukkan nilai PoF 3,49% untuk tipe longsoran baji. Hasil proyeksi kekar pada lereng dengan orientasi N 352° E/42° Hasil dari analisis kinematika juga menunjukkan 2 joint set yang dengan arah umum masing-masing struktur JS1 (63°, N 123° E) dan JS2 (70°, N 43° E) dengan nilai trend dan plunge N 94° E/60°.



Gambar 7. Analisis Kinematika highwall 4

Nilai *Probability of Failure* (PoF) yang didapatkan dari hasil analisis kinematika pada area Pit X memiliki nilai rentang PoF 0% - 27,86% dengan potensi tipe longsoran yang berbeda-beda. Berdasarkan analisis kinematika yang dilakukan, menunjukkan bahwa potensi tipe longsoran terbesar adalah tipe longsoran baji yang berada pada highwall 2. Hasil proyeksi kekar pada stereonet highwall 2 menunjukkan adanya perpotongan antara dua set kekar yang dibentuk oleh JS1 (44°, N84°E) dan JS2 (77°, N49°E) yang memenuhi syarat untuk terjadinya longsoran baji. Interpretasi adanya potensi longsoran baji didasarkan

sumbu baji searah dengan muka lereng, dimana sumbu baji memiliki nilai *trend* 130°. *Plunge* bidang lemah yang berpotongan (33°) memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan kemiringan lereng (42°) dan lebih besar dibandingkan sudut gesek dalam (26°). Oleh karena itu, hal tersebut memenuhi syarat kinematika untuk tipe keruntuhan baji, yaitu  $\phi < \Psi_i < \Psi_f$ , dimana  $\phi$  adalah sudut gesek dalam,  $\Psi_i$  adalah *plunge* bidang lemah yang berpotongan, dan  $\Psi_f$  adalah kemiringan muka lereng.

Highwall 2 memiliki potensi longsoran paling besar dibandingkan area lainnya karena memiliki sudut kemiringan lereng paling besar, yaitu sebesar 42°. Berdasarkan analisis kinematika yang dilakukan, jumlah perpotongan bidang kekar yang berpotensi longsor (*critical intersection*) meningkat seiring dengan peningkatan sudut kemiringan lereng, sehingga nilai PoF akan meningkat juga. Semakin besar sudut kemiringan lereng, maka semakin luas zona *daylight envelope* yang terbentuk, sehingga semakin banyak data kekar yang masuk pada zona tersebut untuk longsoran bidang. Semakin besar sudut kemiringan lereng, semakin luas *critical zone* yang terbentuk dan semakin banyak pula *critical intersection* yang mendekati *critical zone* untuk terjadinya longsoran.

Berdasarkan paduan penerimaan probabilitas keruntuhan oleh Kirsten (1983) dalam Read & Stacey (2009), area dengan nilai PoF 20% - 50% memiliki jangka penggunaan yang sangat amat pendek, akses publik harus dicegah, dan dibutuhkan pemantauan secara intensif dengan alat yang canggih.

Tabel 1. Potensi Tipe Longsoran dan Nilai Probability of Failure

Area Lereng	Tipe Longsoran	Nilai PoF (%)
Highwall 1	Baji	0,18

	<i>Oblique Toppling</i>	0,18
Highwall 2	Bidang	14,71
	Baji	27,86
	<i>Flexural Toppling</i>	5,88
	<i>Oblique Toppling</i>	0,89
Highwall 3	Bidang	6
	Baji	5,81
	<i>Oblique Toppling</i>	0,08
Highwall 4	Baji	3,49

## KESIMPULAN

Hasil analisis kinematika yang dilakukan pada lereng *high wall* Pit X menunjukkan bahwa potensi longsoran memiliki nilai rentang PoF 0% - 27,86% dengan potensi tipe longsoran bidang, baji, dan guling. Potensi tipe longsoran terbesar adalah tipe longsoran baji yang berada pada lereng *high wall* 2.

Dalam analisis kinematika, kemiringan dan arah kemiringan kekar maupun lereng sangat berpengaruh. Semakin curam lereng, semakin besar area *critical zone* yang terbentuk sehingga nilai *probability of failure* akan semakin besar. Keberadaan *joint set* pada area penelitian akan mempengaruhi tipe longsoran yang akan terjadi.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih saya ucapkan kepada PT Berau Coal, terutama Departemen *Geotechnic & Hydrology* atas kesempatan yang telah diberikan untuk melakukan penelitian bersama.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arif, I. (2016). *Geoteknik Tambang*. Gramedia Pustaka Utama.
- Hoek, E., & Bray, J. (1981). *Rock Slope Engineering* (3rd ed.). Institution of Mining and Metallurgy.
- PT Berau Coal. (2020). *Peta Geologi Regional Berau, Kalimantan Timur Skala 1:125.000*. PT Berau Coal.
- Putranto, A. R., Sanusi, D. A., Sebastian, I., Bharata, A., & Hakim, L. (2022). OPTIMALISASI TAMBANG PIT C2HU DENGAN METODE

SECANT PILE PADA AREA RAWA DI SITE SAMBARATA, PT BERAU COAL. *PROSIDING TPT XXXI PERHAPI 2022*.

- Read, J., & Stacey, P. (2009). *Guidelines For Open Pit Slope Design*. CSIRO PUBLISHING.
- Tossin, S., & Kadir, R. (1996). Tipe Reservoir Sedimen Miosen Tengah di Sub-Cekungan Tarakan, Cekungan Tarakan, Kalimantan Timur. *Proceedings of the 25th Annual Convention of The Indonesia Association of Geologist, I*, 495–512.
- Wyllie, D. C., & Mah, C. W. (2004). *Rock Slope Engineering: Civil and mining*. In *Rock Slope Engineering* (4th ed.). Taylor & Francis.