

## **Pengaruh Bidang Diskontinu Terhadap Potensi Longsoran Baji pada Lereng Tambang Terbuka di PT Indocement Tunggal Prakarsa Desa Palimanan, Kecamatan Gempol, Kabupaten Cirebon, Provinsi Jawa Barat**

**Muhammad Rois Daeng Abdullah<sup>\*</sup>, Yuliadi, Iswandar**

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

<sup>\*</sup>roisengine@gmail.com, yuliadi@unisba.ac.id, iswandar@unisba.ac.id

**Abstract.** PT Indocement is a company engaged in the mining sector with limestone as a commodity commodity. The mining method at the company uses an open pit mining method with a quarry system. Mining geotechnical is mining technical management which includes investigation, sample testing, and management of geotechnical data as well as application of recommendations on the geometry and dimensions of mine openings, as well as monitoring the stability of mine openings (Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM, 2018). The stability of open pit slopes is an important factor to support continuity of production, worker safety and mining equipment. The type and potential for landslides on a slope can be determined by the position of the slope and the geological structure. Geological structure data is obtained from the results of measuring the structure directly on the face of the slope combined with the position of the slope to analyze the condition of the slope with kinematic analysis. The purpose of this study is to determine the effect of discontinuous planes on the potential for wedge avalanches in open pit mines in the study area. From the results of research on the potential for landslides that commonly occur in the quarry in the study area, namely the type of wedge avalanche.

**Keywords:** *Geotechnical, Slope Stability, Open Pit Slope.*

**Abstrak.** PT Indocement adalah perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan dengan komoditas bahan galian batugamping. Metode penambangan pada perusahaan tersebut menggunakan metode tambang terbuka dengan sistem kuari. Geoteknik tambang adalah pengelolaan teknis pertambangan yang meliputi penyelidikan, pengujian conto, dan pengelolaan data geoteknik serta penerapan rekomendasi geometri dan dimensi bukaan tambang, serta pemantauan kestabilan bukaan tambang (Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM, 2018). Kestabilan lereng tambang terbuka merupakan salah satu faktor penting untuk menunjang kelangsungan produksi, keselamatan pekerja dan peralatan tambang. Jenis dan potensi longsoran pada lereng dapat ditentukan oleh kedudukan lereng dan struktur geologi. Data struktur geologi diperoleh dari hasil pengukuran struktur secara langsung di muka lereng yang dikombinasi dengan kedudukan lereng untuk menganalisis kondisi lereng dengan analisis kinematik. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh bidang diskontinu terhadap potensi longsoran baji pada tambang terbuka pada daerah penelitian. Dari hasil penelitian potensi longsoran yang umum terjadi pada kuari daerah penelitian yaitu jenis longsoran baji.

**Kata Kunci:** *Geoteknik Tambang, Kestabilan Lereng, Lereng Tambang Terbuka.*

## A. Pendahuluan

Secara umum, geoteknik merupakan salah satu cabang ilmu yang berasal dari ilmu geologi, yang mempelajari permasalahan kekuatan tanah dan batuan serta hubungannya dengan kemampuan dalam menopang beban konstruksi yang ada di atasnya, seperti bangunan, jalan raya, jembatan dan lainnya. Sedangkan geoteknik tambang adalah pengelolaan teknis pertambangan yang meliputi penyelidikan, pengujian conto, dan pengolahan data geoteknik serta penerapan rekomendasi geometri dan dimensi bukaan tambang, serta pemantauan kestabilan bukaan tambang (Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM, 2018).

Pada tambang terbuka, lereng tambang akan selalu berpotensi mengalami kelongsoran. Jenis longsoran yang terjadi pada lereng tambang dapat diketahui dari kedudukan lereng dan keterdapatannya bidang diskontinu pada lereng. Analisis kinematika merupakan upaya yang digunakan untuk mengetahui kestabilan dari suatu lereng yang didasarkan dari jenis gerakan material lereng tanpa menganalisis gaya penyebab material lereng tersebut bergerak (Gurocak dkk, 2008). Analisis kinematik pada lereng dapat digunakan untuk mengetahui jenis potensi longsoran yang akan terjadi.

Daerah penelitian berada di PT Indocement Tunggal Prakarsa pada kuari B dan C. Potensi longsoran perlu diketahui untuk menangani kejadian longsor yang mungkin terjadi. Pada kuari A telah terjadi longsor dengan indikasi jenis longsoran bidang yang menghambat kegiatan penambangan. Tujuan penulisan ini yaitu untuk menentukan jenis potensi longsoran yang terjadi dengan menggunakan analisis kinematik.

Berdasarkan pendahuluan tersebut, terdapat perumusan masalah dalam penelitian ini yaitu “Bagaimana pengaruh bidang diskontinu terhadap potensi longsoran baji pada tambang terbuka di PT Indocement Tunggal Prakarsa?”. Selanjutnya, terdapat tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui arah orientasi bidang diskontinu dari hasil pengukuran di muka lereng.
2. Mengetahui potensi longsoran baji dengan menggunakan analisis stereografis pada daerah penelitian.

## B. Metodologi Penelitian

Kegiatan penelitian dilakukan dengan menggunakan data primer dan data sekunder.

1. Data primer yaitu berupa data hasil pengukuran kedudukan lereng dan struktur geologi pada muka lereng dengan menggunakan metode scanline.
2. Data sekunder yaitu berupa data penunjang yang terdiri dari peta topografi lokal untuk mengetahui kondisi dan penentuan posisi pengambilan data primer dan peta geologi lokal yang menjadi dasar dalam pembuatan model geoteknik.

Dari kedua data tersebut, kemudian diolah dengan menggunakan metode stereografis dengan software Dips 7.0 untuk mengetahui orientasi arah umum bidang diskontinu sebagai pendekatan untuk menentukan potensi jenis longsoran menggunakan analisis kinematik (Hoek and Bray, 1981).

### Faktor Yang Mempengaruhi Kestabilan Lereng

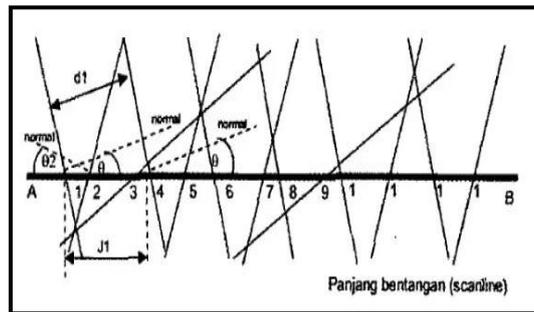
Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng yaitu:

1. Geometri lereng
2. Kekuatan massa batuan pembentuk lereng
3. Orientasi bidang diskontinu pada lereng
4. Kondisi muka air tanah
5. Beban dinamik

### Scanline

Metode scanline merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui orientasi bidang diskontinu yang terdapat di permukaan dan dapat mewakili orientasi secara keseluruhan. Menurut Irwandy Arif (2016) pengukuran scanline ini yaitu dengan mengukur jarak pisah antar bidang diskontinu (kekar) yaitu dengan jarak tegak lurus antara dua bidang lemah yang berurutan sepanjang dengan garis pengamatan yang dinyakan sebagai intact rock. Panjang

pengukuran scanline minimum untuk melakukan pengukuran jarak diskontinu yaitu sekitar 50 kali jarak rata-rata bidang lemah yang akan diukur.



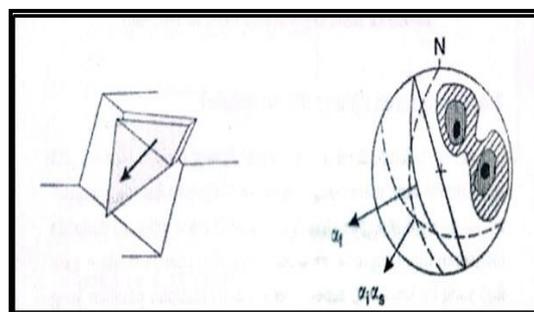
**Gambar 1.** Metode Pengukuran Scanline (Lama, R.D dkk, 1976)

### Analisis Longsoron Baji

Longsoron baji akan terjadi apabila terdapat dua bidang lemah atau lebih yang saling berpotongan yang akan membentuk baji terhadap lereng. Selain itu longsoron baji ini akan terjadi apabila nilai sudut lereng lebih besar dibandingkan dengan sudut garis yang berpotongan dari bidang lemah, dan sudut garis potong pada kedua bidang lemah tersebut dibandingkan dengan sudut geser dalam (Yuliadi, 2021). Terbentuknya jenis longsoron baji pada lereng dapat terjadi jika terpenuhinya persyaratan sebagai berikut.

1. Memiliki dua bidang lemah ataupun lebih dengan arah orientasi yang saling berpotongan terhadap kedudukan lereng;
2. Terbentuk sudut dari adanya garis potong dari dua bidang lemah secara horizontal yang lebih kecil dibandingkan dengan sudut lereng ( $\Psi_i < \Psi_f$ );

Sudut perpotongan bidang lemah lebih besar dibandingkan dengan nilai sudut geser dalam ( $\Psi_i < \phi$ ).

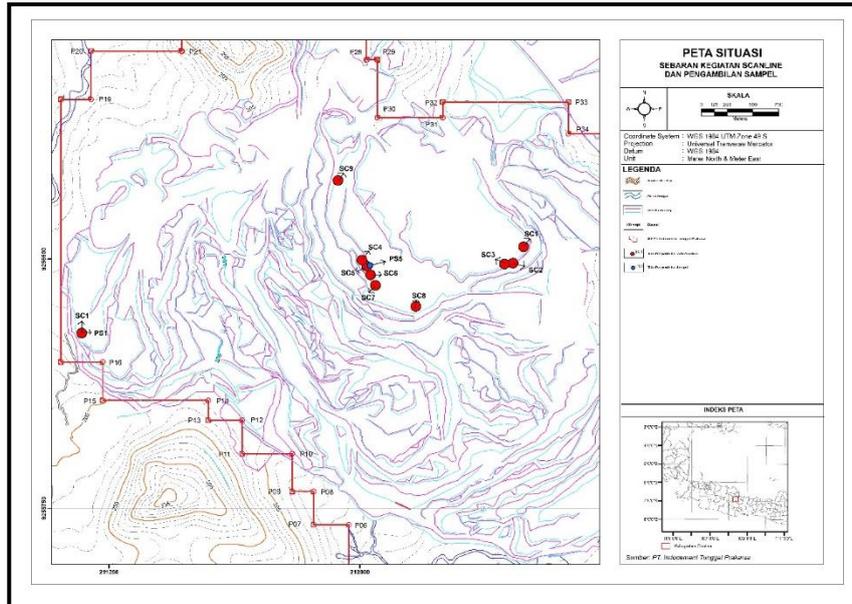


**Gambar 2.** Skema Longsoron Baji (Hoek and Bray, 1981)

## C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

### Pengukuran Bidang Lemah

Pengukuran bidang diskontinu pada daerah penelitian dilakukan dengan menggunakan metode scanline. Pengambilan data kedudukan lereng dan data struktur geologi dilakukan pada 1 lokasi di kuari B dan 9 lokasi pada kuari C. Lokasi pengukuran bidang diskontinu pada kuari B dan C dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Peta Situasi Sebaran Kegiatan Scanline

**Bidang Diskontinuitas**

Berikut ini merupakan data dari hasil pengambilan kedudukan bidang lemah berupa kekar, diantaranya sebagai berikut:

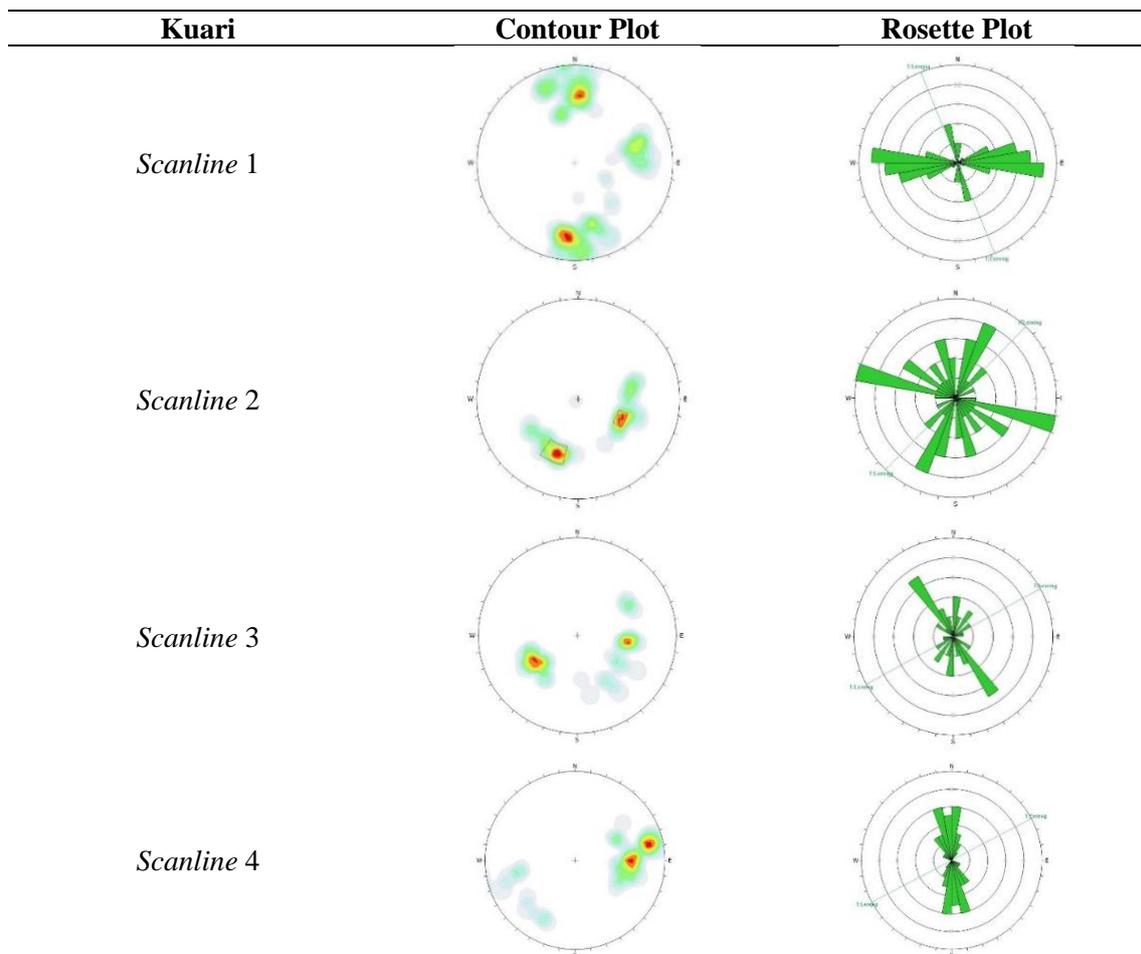
1. Scanline 1  
Lokasi pengukuran memiliki arah orientasi lereng berupa strike and dip lereng N 338o E / 680 dan arah umum kekar N190oE dengan jumlah data kekar sebanyak 62.
2. Scanline 2  
Lokasi pengukuran memiliki arah orientasi lereng berupa strike and dip lereng N224oE/730 dan arah umum kekar N314oE dengan jumlah data kekar sebanyak 31.
3. Scanline 3  
Lokasi pengukuran memiliki arah orientasi lereng berupa strike and dip lereng N241oE/710 dan arah umum kekar N331oE dengan jumlah data kekar sebanyak 31.
4. Scanline 4  
Lokasi pengukuran memiliki arah orientasi lereng berupa strike and dip lereng N242oE/710 dan arah umum kekar N332oE dengan jumlah data kekar sebanyak 32.
5. Scanline 5  
Lokasi pengukuran memiliki arah orientasi lereng berupa strike and dip lereng N315oE/610 dan arah umum kekar N45oE dengan jumlah data kekar sebanyak 35.
6. Scanline 6  
Lokasi pengukuran memiliki arah orientasi lereng berupa strike and dip lereng N341oE/640 dan arah umum kekar N31oE dengan jumlah data kekar sebanyak 24.
7. Scanline 7  
Lokasi pengukuran memiliki arah orientasi lereng berupa strike and dip lereng N356oE/600 dan arah umum kekar N46oE dengan jumlah data kekar sebanyak 30.
8. Scanline 8  
Lokasi pengukuran memiliki arah orientasi lereng berupa strike and dip lereng N321oE/750 dan arah umum kekar N26oE dengan jumlah data kekar sebanyak 35.
9. Scanline 9  
Lokasi pengukuran memiliki arah orientasi lereng berupa strike and dip lereng N293oE/510 dan arah umum kekar N86oE dengan jumlah data kekar sebanyak 28.
10. Scanline 10  
Lokasi pengukuran memiliki arah orientasi lereng berupa strike and dip lereng N10oE/560 dan arah umum kekar N21oE dengan jumlah data kekar sebanyak 34.

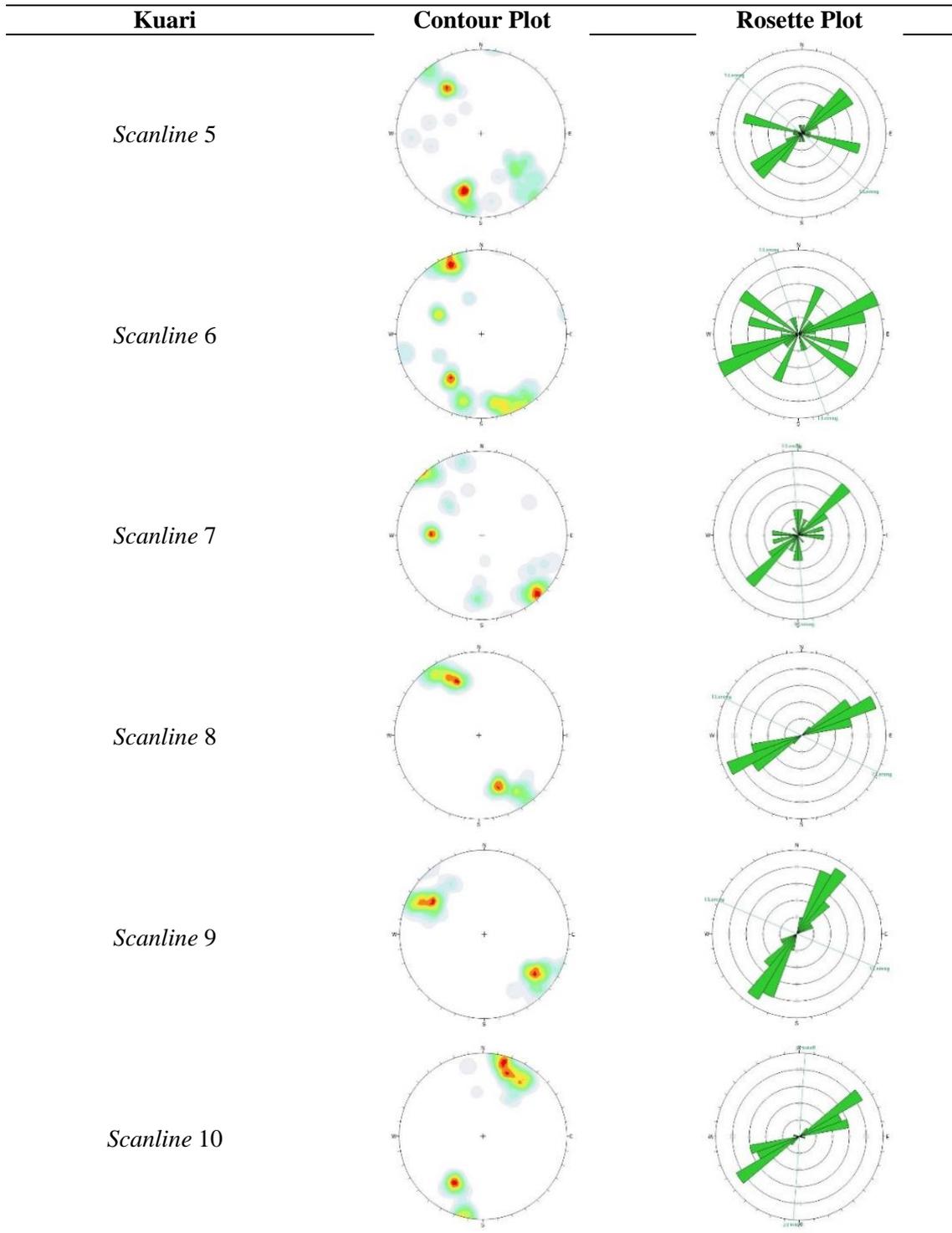
Berikut ini merupakan hasil rekapitulasi dari analisis stereografi yang terdapat di kuari A Palimanan dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2 berupa arah lereng dari setiap kuari, arah umum struktur, dan arah longsoran tersebut yang saling berpotong terhadap lereng, dari hal tersebut akan mengakibatkan kemungkinan terjadinya longsor pada area tersebut.

**Tabel 1.** Rekapitulasi Analisis Stereografis Kuari A

<b>Kuari</b>	<b>Kedudukan Lereng</b>	<b>Arah Umum Struktur</b>
<i>Scanline 1</i>	N338°E/68°	N95°E/70° dan N277°E/75°
<i>Scanline 2</i>	N224°E/73°	N291°E/38° dan N205°E/50°
<i>Scanline 3</i>	N241°E/71°	N326°E/53° dan N187°E/55°
<i>Scanline 4</i>	N242°E/71°	N167°E/80° dan N180°E/64°
<i>Scanline 5</i>	N315°E/61°	N51°E/68° dan N286°E/70°
<i>Scanline 6</i>	N341°E/64°	N67°E/83° dan N304°E/65°
<i>Scanline 7</i>	N356°E/60°	N227°E/87° dan N1°E/61°
<i>Scanline 8</i>	N321°E/75°	N68°E/69° dan N250°E/67°
<i>Scanline 9</i>	N293°E/51°	N32°E/71° dan N219°E/75°
<i>Scanline 10</i>	N10°E/56°	N105°E/85° dan N302°E/67°

**Tabel 2.** Analisis Stereografis Kuari A





**Analisis Kinematik**

Dari hasil analisis stereografis untuk mengetahui potensi jenis longsoran menurut Hoek and Bray tahun 1981 dilihat dari arah umum struktur dan juga orientasi lereng yang nantinya diklasifikasikan menjadi jenis longsoran tertentu. Berikut merupakan hasil interpretasi dari analisis kinematik yang terdapat di kuari A Palimanan (Tabel 3):

1. Scanline 1

Hasil analisis longsoran dengan menggunakan metode kinematik di scanline 1 dengan arah scanline  $N338^{\circ}E$  dan arah lereng  $N338^{\circ}E$ , terdapat 2 struktur kekar dengan arah umum  $N277^{\circ}E$  dan  $N95^{\circ}E$ . Berdasarkan syarat terjadinya longsoran pada scanline 1 tidak

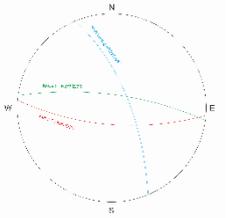
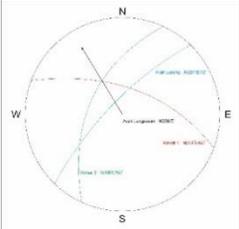
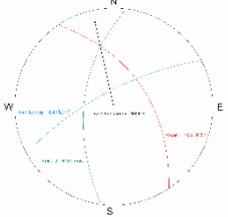
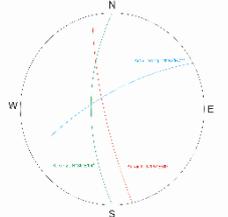
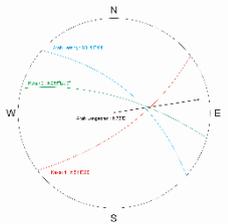
- ditemukannya potensi kelongsoran karena tidak memenuhi syarat terjadinya jenis longosoran pada lereng.
2. Scanline 2  
Hasil analisis longosoran dengan menggunakan metode kinematik di scanline 2 dengan arah scanline N228<sup>0</sup>E dan arah lereng N224<sup>0</sup>E, terdapat 2 struktur kekar dengan arah umum N291<sup>0</sup>E dan N205<sup>0</sup>E. Berdasarkan syarat longosoran pada scanline 2 didapatkan potensi longosoran jenis baji dengan arah longosoran yaitu N328<sup>0</sup>E. Perpotongan garis antara kedua kekar tersebut yaitu sebesar 46<sup>0</sup>, lebih kecil dari sudut lereng sebesar 73<sup>0</sup> dan lebih besar dari sudut geser dalam sebesar 22,30<sup>0</sup>.
  3. Scanline 3  
Hasil analisis longosoran dengan menggunakan metode kinematik di scanline 3 dengan arah scanline N243<sup>0</sup>E dan arah lereng N241<sup>0</sup>E, terdapat 2 struktur kekar dengan arah umum N326<sup>0</sup>E dan N187<sup>0</sup>E. Berdasarkan syarat longosoran pada scanline 3 didapatkan potensi longosoran jenis baji dengan arah longosoran yaitu N348<sup>0</sup>E. Perpotongan garis antara kedua kekar tersebut yaitu sebesar 28<sup>0</sup>, lebih kecil dari sudut lereng sebesar 73<sup>0</sup> dan lebih besar dari sudut geser dalam sebesar 22,30<sup>0</sup>.
  4. Scanline 4  
Hasil analisis longosoran dengan menggunakan metode kinematik di scanline 4 dengan arah scanline N251<sup>0</sup>E dan arah lereng N242<sup>0</sup>E, terdapat 2 struktur kekar dengan arah umum N167<sup>0</sup>E dan N180<sup>0</sup>E. Berdasarkan syarat terjadinya longosoran pada scanline 4 tidak ditemukannya potensi kelongsoran karena tidak memenuhi syarat terjadinya jenis longosoran pada lereng.
  5. Scanline 5  
Hasil analisis longosoran dengan menggunakan metode kinematik di scanline 5 dengan arah scanline N311<sup>0</sup>E dan arah lereng N315<sup>0</sup>E, terdapat 2 struktur kekar dengan arah umum N51<sup>0</sup>E dan N286<sup>0</sup>E. Berdasarkan syarat longosoran pada scanline 5 didapatkan potensi longosoran jenis baji dengan arah longosoran yaitu N73<sup>0</sup>E. Perpotongan garis antara kedua kekar tersebut yaitu sebesar 50<sup>0</sup>, lebih kecil dari sudut lereng sebesar 71<sup>0</sup> dan lebih besar dari sudut geser dalam sebesar 22,30<sup>0</sup>.
  6. Scanline 6  
Hasil analisis longosoran dengan menggunakan metode kinematik di scanline 6 dengan arah scanline N326<sup>0</sup>E dan arah lereng N341<sup>0</sup>E, terdapat 2 struktur kekar dengan arah umum N67<sup>0</sup>E dan N304<sup>0</sup>E. Berdasarkan syarat longosoran pada scanline 6 didapatkan potensi longosoran jenis baji dengan arah longosoran yaitu N78<sup>0</sup>E. Perpotongan garis antara kedua kekar tersebut yaitu sebesar 57<sup>0</sup>, lebih kecil dari sudut lereng sebesar 64<sup>0</sup> dan lebih besar dari sudut geser dalam sebesar 22,30<sup>0</sup>.
  7. Scanline 7  
Hasil analisis longosoran dengan menggunakan metode kinematik di scanline 7 dengan arah scanline N323<sup>0</sup>E dan arah lereng N356<sup>0</sup>E, terdapat 2 struktur kekar dengan arah umum N227<sup>0</sup>E dan N1<sup>0</sup>E. Berdasarkan syarat longosoran pada scanline 7 didapatkan potensi longosoran jenis baji dengan arah longosoran yaitu N38<sup>0</sup>E. Perpotongan garis antara kedua kekar tersebut yaitu sebesar 49<sup>0</sup>, lebih kecil dari sudut lereng sebesar 60<sup>0</sup> dan lebih besar dari sudut geser dalam sebesar 22,30<sup>0</sup>.
  8. Scanline 8  
Hasil analisis longosoran dengan menggunakan metode kinematik di scanline 8 dengan arah scanline N321<sup>0</sup>E dan arah lereng N296<sup>0</sup>E, terdapat 2 struktur kekar dengan arah umum N68<sup>0</sup>E dan N250<sup>0</sup>E. Berdasarkan syarat terjadinya longosoran pada scanline 8 tidak ditemukannya potensi kelongsoran karena tidak memenuhi syarat terjadinya jenis longosoran pada lereng.
  9. Scanline 9  
Hasil analisis longosoran dengan menggunakan metode kinematik di scanline 9 dengan arah scanline N291<sup>0</sup>E dan arah lereng N293<sup>0</sup>E, terdapat 2 struktur kekar dengan arah umum N32<sup>0</sup>E dan N219<sup>0</sup>E. Berdasarkan syarat longosoran pada scanline 9 didapatkan potensi longosoran jenis baji dengan arah longosoran yaitu N35<sup>0</sup>E. Perpotongan garis antara

kedua kekar tersebut yaitu sebesar  $13^{\circ}$ , lebih kecil dari sudut lereng sebesar  $51^{\circ}$  dan lebih besar dari sudut geser dalam sebesar  $22,30^{\circ}$ .

10. Scanline 10

Hasil analisis longsoran dengan menggunakan metode kinematik di scanline 10 dengan arah scanline  $N10^{\circ}E$  dan arah lereng  $N356^{\circ}E$ , terdapat 2 struktur kekar dengan arah umum  $N105^{\circ}E$  dan  $N302^{\circ}E$ . Berdasarkan syarat longsoran pada scanline 10 didapatkan potensi longsoran jenis baji dengan arah longsoran yaitu  $N112^{\circ}E$ . Perpotongan garis antara kedua kekar tersebut yaitu sebesar  $34^{\circ}$ , lebih kecil dari sudut lereng sebesar  $56^{\circ}$  dan lebih besar dari sudut geser dalam sebesar  $22,30^{\circ}$ .

**Tabel 3.** Analisis Kinematik Kuari A

Kuari	Major Planes Plot	Jenis Potensi Longsor
Scanline 1		-
Scanline 2		Baji
Scanline 3		Baji
Scanline 4		-
Scanline 5		Baji

Kuari	Major Planes Plot	Jenis Potensi Longsor
Scanline 6		Baji
Scanline 7		Baji
Scanline 8		-
Scanline 9		Baji
Scanline 10		Baji

#### D. Kesimpulan

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

1. Pada kuari B arah orientasi lereng pada *scanline* 1 yaitu  $N338^{\circ}E/68^{\circ}$  dengan arah distribusi bidang lemah yaitu  $N277^{\circ}E$  dan  $N95^{\circ}E$ . Sedangkan pada Kuari C arah orientasi lereng pada *scanline* 2 yaitu  $N224^{\circ}E/72^{\circ}$  dengan arah distribusi bidang lemah yaitu  $N291^{\circ}E$  dan  $N205^{\circ}E$ , *scanline* 3 dengan orientasi arah lereng yaitu  $N24^{\circ}E/71^{\circ}$  dengan arah distribusi bidang lemah yaitu  $N326^{\circ}E$  dan  $N187^{\circ}E$ , *scanline* 4 dengan orientasi arah lereng yaitu  $N242^{\circ}E/71^{\circ}$  dengan arah distribusi bidang lemah yaitu  $N167^{\circ}E$  dan  $N180^{\circ}E$ , *scanline* 5 dengan orientasi arah lereng yaitu  $N311^{\circ}E/61^{\circ}$  dengan arah distribusi bidang lemah yaitu  $N51^{\circ}E$  dan  $N286^{\circ}E$ , *scanline* 6 dengan orientasi arah lereng yaitu  $N341^{\circ}E/64^{\circ}$  dengan arah distribusi bidang lemah yaitu  $N67^{\circ}E$  dan  $N304^{\circ}E$ , *scanline* 7 dengan orientasi arah lereng yaitu  $N356^{\circ}E/60^{\circ}$  dengan arah distribusi bidang lemah yaitu  $N277^{\circ}E$  dan  $N1^{\circ}E$ , *scanline* 8 dengan orientasi arah lereng yaitu  $N296^{\circ}E/75^{\circ}$  dengan arah distribusi bidang lemah yaitu  $N68^{\circ}E$  dan  $N250^{\circ}E$ , *scanline* 9 dengan orientasi arah lereng yaitu  $N293^{\circ}E/51^{\circ}$  dengan arah distribusi bidang lemah yaitu  $N32^{\circ}E$  dan  $N219^{\circ}E$ ,

dan *scanline* 10 dengan orientasi arah lereng yaitu N356°E/56° dengan arah distribusi bidang lemah yaitu N102°E dan N302°E.

2. Potensi jenis longsor yang terjadi pada daerah penelitian secara keseluruhan umumnya berpotensi terjadi jenis longsor baji.

### Acknowledge

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

1. Penulis mempersembahkan kepada ayah Doni dan ibu Epi selaku orang tua yang selalu memberikan do'a dan semangat untuk menyelesaikan penelitian ini.
2. Penelitian ini juga dipersembahkan terhadap keluarga tersayang tambang 2019 yang sudah memberikan dukungan yang lebih terhadap penyusun, serta memberikan kenangan yang indah terhadap penyusun untuk menyelesaikan pengerjaan penelitian ini. Penulis mempersembahkan kepada keluarga tambang unisba 2019 yang selalu memberikan semangat dan dorongan untuk menyelesaikan penelitian ini.
3. Penulis mempersembahkan penelitian kepada dosen-dosen Unisba yang sangat penulis hormati yaitu Bapak Ir. Yuliadi, S.T., M.T., IPM. selaku pembimbing, Bapak Iswandar, S.T., M.T., Ibu Elfida Moralista, S.Si., M.T., Bapak Ir. Zaenal, M.T., Bapak Noor Fauzi Isniarno, S.Si., M.T., Bapak Dr., Ir. Yunus Ashari, M.T., dan Bapak Ir. Dono Gunoro, S.T., M.T., yang senantiasa telah memberikan ilmu yang bermanfaat selama perkuliahan, dan arahan untuk menyelesaikan penelitian ini.

### Daftar Pustaka

- [1] Ruslan Loilatu and Iswandar, "Analisis Kestabilan Lereng Andesit Menggunakan Metode FEM pada PT. X," *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, pp. 15–23, Jul. 2022, doi: 10.29313/jrtp.v2i1.782.
- [2] Muhammad Ikram and Yuliadi, "Kajian Geoteknik untuk Penentuan Geometri Lereng Front Penambangan di PT. XYZ," *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, pp. 107–116, Dec. 2022, doi: 10.29313/jrtp.v2i2.1246.
- [3] Muhammad Fahmi and Zaenal, "Perancangan Desain Pit Penambangan Batubara untuk Memenuhi Target Produksi pada PT. X," *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, pp. 24–30, Jul. 2022, doi: 10.29313/jrtp.v2i1.787.
- [4] Arif, Irwandy. 2016. "Geoteknik Tambang: Mewujudkan Produksi Tambang Yang Berkelanjutan Dengan Menjaga Kestabilan Lereng". ISBN 978-602-03-2735-8. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- [5] Gurocak, Z., Alemdag, S. dan Zaman, M. M. 2008. "Rock Slope Stability and Excavability Assessment of Rock at the Kapikaya Dam Site, Turkey" *Engineering Geology*, 96(1-2), Hal. 17-27. doi: 10.1016/j.enggeo.2007.08.005.
- [6] Hoek, E dkk. 1981. "Rock Slope Engineering 3rd". Institute of Mining and Metallurgy, London.
- [7] Kementerian ESDM Republik Indonesia. 2018. "KEPMEN No. 1827/K/30/MEM/2018 Tentang Pedoman Kaidah Teknik Pertambangan Yang Baik". Jakarta: Kementerian ESDM RI.
- [8] Lama, R.D dkk. 1976. "Size Effects Considerations in the Assessment of Mechanical Properties of Rock Masses". *Proceedings of the Second Symposium on Rock Mechanics*. Dhanbad.
- [9] Sari, Melati. 2017. "Analisis Pengaruh Kedudukan Struktur Terhadap Potensi Longsor Baji Pada Lereng Tambang Terbuka Menggunakan Proyeksi Stereografis". *Jurnal GEOSAPTA Vol. 3 No.2*
- [10] Yuliadi, S.T., M.T. 2021. "Geoteknik Tambang". ISBN:978-605-5917-59-2. UPT Publikasi Ilmiah Unisba: Bandung.