

## Kestabilan Lereng Tambang Terbuka pada Tambang Emas di PT X Kecamatan Simpenan, Kabupaten Sukabumi, Provinsi Jawa Barat

**Krispian Fathan Hidayatullah\*, Iswandaru**

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

\*krispian.fathan@gmail.com, iswandaru230390@gmail.com

**Abstract.** Slope stability itself is an important factor in the design and operational planning process in open-pit mines. This research aims to find out the physical and mechanical properties of rocks at the research site, find out the optimal slope geometry at the research site and find out the possibility of avalanche types in the field of derailment. Methods in analyzing slope stability in research using bishob methods and bag probabili methods aimed for alternative approaches in determining slope stability by estimating the possibility of slopes experiencing cladding (PK) as well as the value of safety factors (FK). The probability value of leniency (PK) and security factor (FK) are classified according to KEPMEN ESDM Number 1827K/30/MEM/2018. Based on the classification, a single slope that is said to be safe is FK (Static) 1.1 while FK (Dynamic) does not exist and for PK of 25-50% with low-highlandslideseverity, while for the overall slope it can be said to be safe if FK (Static) 1.3 while FK (Dynamic) 1.05 and for PK by 5-10% with medium landslide severity. Analysis of slope stability in the research area is simulated in the state of groundwater level most saturated with point 5 according to the classification of hoek and bray. The results of the study found that the most optimal single slope with a height of 5 meters with a slope of 550 with an FK value of 1.25 and PK of 3.10%. The determination of overall slope geometry is taken based on the most optimal single slope geometry by simulating with the overall height of the slope 20 m, 40 m, 60 m, 80 m, and 100 m. So that the most optimal overall slope is obtained with a height of 20 m with a value of FK (static) 1.54 FK (dynamic) 1.23 and PK 0%.

**Keywords:** *Slope Stability Analysis, Safety Factor, Probability of Cladding.*

**Abstrak.** Kestabilan lereng sendiri merupakan suatu faktor yang penting dalam proses perencanaan desain serta operasional pada tambang terbuka. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik batuan pada lokasi penelitian, mengetahui geometri lereng optimal pada lokasi penelitian serta mengetahui kemungkinan jenis longsoran pada bidang gelincir. Metode dalam menganalisis kestabilan lereng pada penelitian menggunakan metode bishob dan metode probabilitas yang bertujuan untuk pendekatan alternatif dalam menentukan kestabilan lereng dengan memperkirakan kemungkinan lereng mengalami kelongsoran (PK) serta nilai faktor keamanan (FK). Nilai probabilitas kelongsoran (PK) dan faktor keamanan (FK) salah satunya diklasifikasikan menurut KEPMEN ESDM Nomor 1827K/30/MEM/2018. Berdasarkan klasifikasi tersebut lereng tunggal yang dikatakan aman yaitu FK (Statis) 1,1 sementara FK(Dinamis) tidak ada dan untuk PK sebesar 25-50% dengan keparahan longsor low-high, sementara untuk lereng keseluruhan dapat dikatakan aman jika FK (Statis) 1,3 sementara FK(Dinamis) 1,05 dan untuk PK sebesar 5-10% dengan keparahan longsor medium. Analisis terhadap kestabilan lereng pada daerah penelitian disimulasikan dalam keadaan muka air tanah paling jenuh dengan point 5 menurut klasifikasi hoek and bray. Hasil penelitian didapatkan bahwa lereng tunggal yang paling optimal dengan ketinggian 5 meter dengan slope 550 dengan nilai FK 1,25 dan PK 3,10%. Penentuan geometri lereng keseluruhan diambil berdasarkan geometri lereng tunggal yang paling optimal dengan mensimulasikan dengan ketinggian keseluruhan lereng 20 m, 40 m, 60 m, 80 m, dan 100 m. Sehingga didapatkan lereng keseluruhan yang paling optimal adalah dengan ketinggian 20 m dengan nilai FK (statis) 1,54 FK (dinamis) 1,23 dan PK 0%.

**Kata Kunci:** Analisis Kestabilan Lereng, Faktor Keamanan, Probabilitas Kelongsoran

## A. Pendahuluan

Analisis kestabilan lereng merupakan suatu pendekatan untuk mengetahui suatu lereng tambang di katakan aman atau tidak, analisis tersebut bertujuan untuk mengetahui nilai faktor keamanan (FK) serta memastikan apakah suatu lereng mempunyai resiko longsor atau tidak dengan mendapatkan nilai probabilitas kelongsoran (PK).

PT X merupakan salah satu perusahaan yang bergerak pada tambang emas dengan sistem penambangan terbuka, dan akan melakukan pengembangan pit dari luasan 94 hektar area penambangan ke 377 hektar. Proses pengembangan luas pit pada tambang, tentunya perlu merencanakan desain dari pit, yang dimana salah satu pertimbangan dalam pembuatan desain pit adalah hasil kajian geoteknik. Kajian geoteknik sendiri dilakukan dalam rangka memperkirakan geometri lereng yang meliputi ketinggian dan sudut dari lereng yang paling stabil dalam menahan beban lingkungan sekitar.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah : “Bagaimana geometri lereng yang aman dan stabil dengan melihat karakteristik sifat fisik dan mekanik dari batuan pembentuk lereng?”. Selanjutnya, tujuan dalam penelitian ini diuraikan dalam pokok-pokok sebagai berikut.

1. Mengetahui sifat fisik dan mekanik batuan pembentuk lereng tambang
2. Mengetahui geometri lereng dengan keadaan stabil yang paling optimal pada daerah penelitian
3. Mengetahui kemungkinan jenis longsor pada lereng tambang

## B. Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian terdiri dari pengambilan data serta pengolahan data yang bersumber dari lapangan, dimana data yang didapatkan dari metode yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Teknik Pengambilan Data
 

Dalam pengambilan data dilakukan dengan data primer dan juga dengan data sekunder, adapun secara rinci data primer dan data sekunder, meliputi :

  - a. Data Primer
 

Data primer merupakan data yang bersumber pada daerah penelitian yang berupa hasil uji laboratorium batuan yang terdiri dari sifat fisik dan mekanik, koordinat pengambilan sampel, data *discontinuitas*, data kohesi, sudut gesek dalam, serta bobot alami batuan. Kemudian dari data tersebut dilakukan pengolahan data yang bertujuan untuk menganalisis kestabilan lereng pada tambang.
  - b. Data Sekunder
 

Data sekunder merupakan data yang dihimpun dengan cara melakukan studi literatur berupa laporan terdahulu ataupun jurnal, peta topografi, peta geologi, peta morfologi, serta klasifikasi nilai faktor keamanan (FK) dan probabilitas kelongsoran (PK) menurut KEPMEN ESDM Nomor 1827K/30/MEM/2018 yang kemudian dilakukan pemodelan dengan software geoteknik dengan mensimulasikan dengan metode bishob.
2. Teknik Pengolahan Data
 

Pengolahan data dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan informasi lanjutan berdasarkan hasil pengambilan data lapangan, adapun hasil dari pengolahan data yang telah dilakukan dijadikan sebagai input parameter untuk mendapatkan nilai Faktor Keamanan (FK) dan Probabilitas Kelongsoran (PK).
3. Teknik Analisis Data
 

Teknik analisis data merupakan perbandingan hasil pengolahan data pada penelitian dengan data sekunder yang dimiliki, adapun penelitian kali ini menganalisis antara lain :

  - a. Menganalisis karakteristik sifat fisik dan mekanik batuan penyusun lereng
  - b. Menganalisis Faktor Keamanan (FK) dan Probabilitas Kelongsoran (PK) pada lereng
  - c. Menganalisis kemungkinan longsor pada lereng tambang
4. Kesimpulan

Pada bagian menjelaskan mengenai inti permasalahan dari hasil pengolahan data dan pembahasan, serta memberikan saran berupa gagasan baru maupun ide ataupun rekomendasi yang bisa digunakan dikemudian hari.

### C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

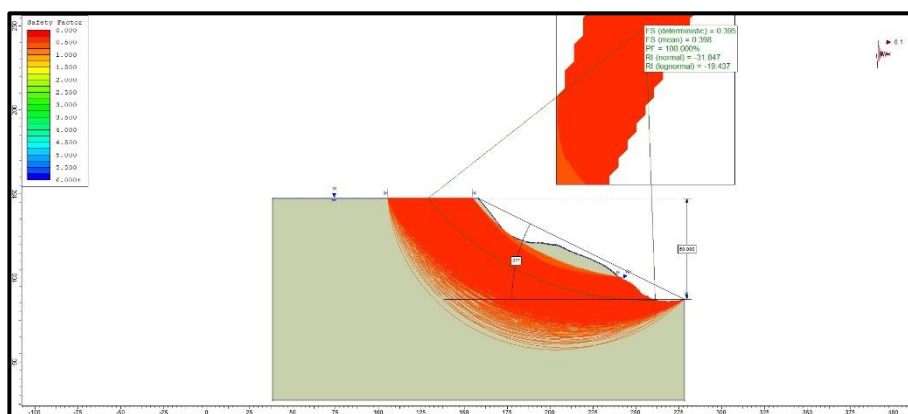
#### Data Hasil Penelitian

Pengujian sifat fisik dan uji mekanik yang berupa kuat tekan dan geser terhadap sampel batuan bertujuan untuk mendapatkan input parameter geoteknik untuk menganalisis nilai faktor keamanan dan probabilitas kelongsoran yang berupa nilai *natural density*, *saturated density*, kohesi, dan sudut gesek dalam. Hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil Pengujian Sifat Fisik dan Mekanik Batuan

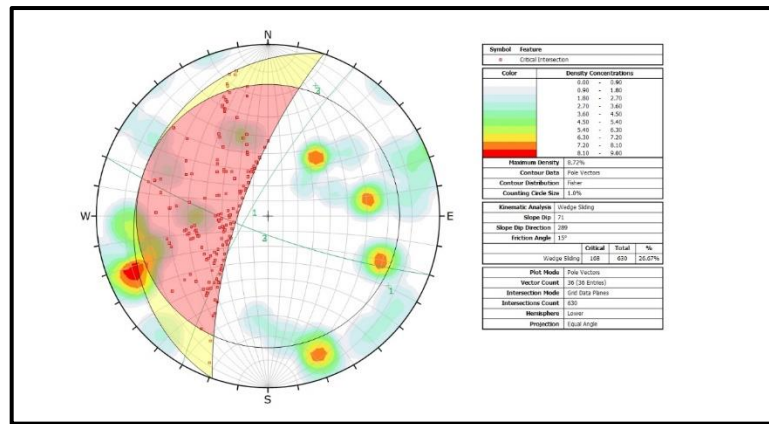
Parameter	Pengolahan Data Uji				
	Mean	Median	Stdev	Rel. Min	Rel. Max
Natural Density (kN/m <sup>3</sup> )	20,13	21,86	4,89	3,04	7,85
Saturated Density (kN/m <sup>3</sup> )	21,77	22,94	3,53	2,45	0,82
Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	25	25	3	3	3
Internal Friction Angle (°)	15,91	16,19	0,62	0,99	0,16

Berdasarkan hasil input parameter geoteknik dari hasil pengujian sampel yang berupa sifat fisik dan mekanik batuan pada daerah penelitian dijadikan sebagai input parameter dalam menganalisis kestabilan lereng dan potensi kelongsoran pada lereng alami pada daerah penelitian. Berdasarkan hasil analisis kestabilan lereng dengan memodelkan geometri lereng alami pada *software* serta memasukan input parameter geoteknik yang berkenaan dengan sifat fisik dan mekanik batuan, dilengkapi juga dengan parameter pembebanan pada lereng yang diambil berdasarkan peta kegempaan daerah sekitar yaitu sebesar 0,1 g, dan juga mensimulasikan terhadap kondisi lereng dengan keadaan muka air tanah yang paling jenuh dengan poin 5 menurut Hoek and Bray. Sehingga, didapatkan hasil analisis kestabilan lereng alami sebagai berikut :



Berdasarkan analisis tersebut menunjukkan bahwa lereng alami dalam keadaan sangat kritis yaitu dengan nilai faktor keamanan (FK) 0,395 dan probabilitas kelongsoran (PK) 100% sehingga dibutuhkan optimasi geometri lereng, baik lereng tunggal dan juga lereng keseluruhan agar dapat diketahui kondisi geometri lereng yang aman. Kestabilan lereng tambang menjadi aspek penting untuk diperhatikan pada tambang terbuka agar terhindar dari kecelakaan tambang yang berupa longsoran.

Hasil analisis terhadap lereng alami didapatkan bahwa adanya potensi longsor, dimana potensi longsor yang dapat terjadi tersebut perlu diketahui arah longsorannya. Arah longsor dapat dianalisis menggunakan pendekatan dengan metode kinematik yang diproyeksikan terhadap stereonet, adapun hasil analisis terhadap arah dan jenis longsor yang dapat terjadi adalah sebagai berikut :



Berdasarkan arah umum lereng yaitu N 210o E / 78 o dan adanya perpotongan dua arah umum kekar yang saling berpotongan dari hasil analisis kinematik maka potensi longsor yang dapat terjadi pada daerah tersebut merupakan longsoran baji dengan tingkat kemungkinan 26,67%.

**Optimasi Kestabilan Lereng**

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mencari kondisi geometri lereng yang paling optimal serta aman untuk dilakukan kegiatan penambangan dengan melakukan pendekatan dengan metode *probabilistik* dan *bishop*, sehingga dengan pendekatan tersebut diharapkan dapat mereduksi ketidakpastian dalam analisis kestabilan lereng. Optimasi kestabilan lereng dilakukan dengan mencari geometri yang berupa ketinggian dan kemiringan lereng yang paling aman, adapun penelitian ini melakukan optimasi terhadap geometri pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Geometri Lereng

Geometri	Ketinggian (m)	Slope (°)
Lereng Tunggal	5, 6, 7, 8, 9, 10	40, 45, 50, 55, 60, 65, 70
Lereng Keseluruhan	20, 40, 60, 80, 100	(Mengikuti slope lereng tunggal)

Berdasarkan hasil optimasi geometri lereng yang telah dilakukan baik terhadap lereng tunggal dan lereng keseluruhan didapatkan bahwa nilai faktor keamanan (FK) yang paling optimal untuk lereng tunggal adalah sebesar 1,25 dan probabilitas kelongsoran (PK) 3,10% nilai tersebut didapatkan pada geometri ketinggian 5 meter dan kemiringan 550, adapun nilai faktor keamanan dan probabilitas kelongsoran dari hasil optimasi terekapitulasi pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Rekapitulasi Optimasi Lereng Tunggal

<b>Lereng Tunggal Dinamis</b>														
<b>Tinggi</b>	<b>Sudut</b>													
	<b>40</b>		<b>45</b>		<b>50</b>		<b>55</b>		<b>60</b>		<b>65</b>		<b>70</b>	
	<b>FK</b>	<b>PK</b>	<b>FK</b>	<b>PK</b>	<b>FK</b>	<b>PK</b>	<b>FK</b>	<b>PK</b>	<b>FK</b>	<b>PK</b>	<b>FK</b>	<b>PK</b>	<b>FK</b>	<b>PK</b>
<b>5</b>	1,45	0%	1,38	0%	1,31	0,1%	1,25	3,1%	1,18	13,3%	1,11	30,1%	1,02	60,6%
<b>6</b>	1,25	0,3%	1,19	6,4%	1,12	21,4%	1,06	41,8%	1,00	66,1%	0,98	75%	0,86	96,6%
<b>7</b>	1,11	20,9%	1,04	47,1%	0,99	73,5%	0,93	87,7%	0,87	96,5%	0,81	100%	0,74	100%
<b>8</b>	1,00	70,5%	0,94	87,8%	0,88	97,3%	0,82	100%	0,77	100%	0,76	100%	0,75	100%
<b>9</b>	0,91	95,1%	0,86	99,9%	0,80	100%	0,75	100%	0,70	100%	0,64	100%	0,58	100%
<b>10</b>	0,84	100%	0,79	100%	0,73	100%	0,69	100%	0,66	100%	0,57	100%	0,52	100%

<b>Lereng Tunggal Statis</b>														
<b>Tinggi</b>	<b>Sudut</b>													
	<b>40</b>		<b>45</b>		<b>50</b>		<b>55</b>		<b>60</b>		<b>65</b>		<b>70</b>	
	<b>FK</b>	<b>PK</b>	<b>FK</b>	<b>PK</b>	<b>FK</b>	<b>PK</b>	<b>FK</b>	<b>PK</b>	<b>FK</b>	<b>PK</b>	<b>FK</b>	<b>PK</b>	<b>FK</b>	<b>PK</b>
<b>5</b>	1,71	0%	1,61	0%	1,51	0%	1,41	0%	1,32	0,1%	1,21	8,6%	1,22	3,8%
<b>6</b>	1,48	0%	1,38	0%	1,29	0,1%	1,20	6,7%	1,11	0,65%	1,08	35%	0,93	84,4%
<b>7</b>	1,31	0%	1,21	1,9%	1,13	18,1%	1,05	47,3%	0,97	77,6%	0,88	95%	0,80	100%
<b>8</b>	1,17	3,9%	1,09	28,8%	1,00	65,9%	0,93	89%	0,86	99%	0,85	100%	0,83	100%
<b>9</b>	1,07	31,7%	0,99	71,4%	0,92	92%	0,84	100%	0,77	100%	0,70	100%	0,63	100%
<b>10</b>	0,84	100%	0,91	94%	0,84	100%	0,77	100%	0,74	100%	0,63	100%	0,57	100%

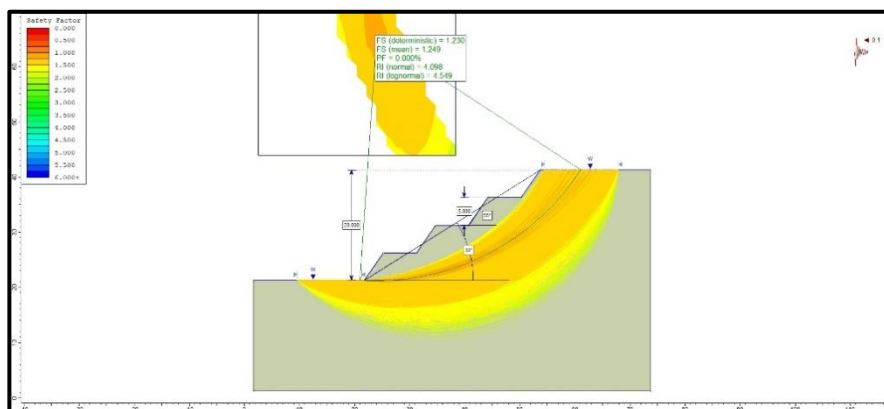
Sementara itu, untuk lereng keseluruhan didapatkan kondisi geometri yang paling optimal berada pada tinggi keseluruhan adalah 20 meter yang terdiri dari 4 jenjang yang berasal dari geometri lereng tunggal, dengan nilai FK (Dinamis) 1,23 FK (Statis) 1,54 dan probabilitas kelongsoran (PK) 0%, adapun rekapitulasi untuk lereng keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Rekapitulasi Optimasi Lereng Keseluruhan

<b>Tinggi</b>	<b>Dinamis</b>		<b>Statis</b>	
	<b>FK</b>	<b>PK</b>	<b>FK</b>	<b>PK</b>
<b>20</b>	1,23	0%	1,54	0%
<b>40</b>	0,98	43,10%	1,25	0,00%
<b>60</b>	0,89	77,60%	1,14	1,50%

<b>80</b>	0,83	95,70%	1,07	15,20%
<b>100</b>	0,79	100,00%	1,03	27,20%

Sehingga berdasarkan hasil penelitian terhadap optimasi geometri lereng tambang terhadap lereng alami pada daerah penelitian didapatkan kestabilan lereng yang paling optimal, yang menjadikan tereduksinya kemungkinan longsor yang terjadi pada lereng tambang. Berikut adalah hasil optimasi geometri lereng tambang yang optimal dibandingkan dengan kondisi lereng alami.



#### D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Batuan pada daerah penelitian memiliki klasifikasi batuan yang lunak berdasarkan Bieniawski dan Tamrock, dan terbukti secara langsung berdasarkan hasil uji sampel pada laboratorium memiliki tekstur yang lunak sekalipun batuan dasar pada daerah penelitian adalah andesit. Menurut hasil analisa, tekstur yang lunak tersebut dikarenakan pada daerah penelitian memiliki gaya geologi yang aktif, dengan dicirikan terdapat kekar-kekar yang sangat rapat pada daerah penelitian.
2. Berdasarkan analisis yang dilakukan maka geometri lereng yang di rekomendasikan untuk lereng tunggal yaitu ketinggian 5 m dengan sudut 45<sup>o</sup> dengan nilai FK 1,384 dan PK 0%. Sementara itu rekomendasi lereng keseluruhan dianalisis terhadap lima kondisi ketinggian yang berbeda yaitu pada ketinggian 20 m, 40 m, 60 m, 80 m, dan 100 m, berdasarkan geometri tersebut didapatkan kondisi yang paling aman adalah lereng keseluruhan dengan tinggi 20 meter dengan nilai FK 1.25 dan PK 0 %.
3. Berdasarkan hasil analisis berdasarkan metode kinematik potensi longsor yang mungkin terjadi pada daerah penelitian merupakan longsor baji dengan tingkat keyakinan sebesar 26.67%.

#### Acknowledge

1. Dosen dan Staff Prodi Teknik Pertambangan Universitas Islam Bandung. kepada Bapak Dr. Ir. Yunus Ashari, M.T. selaku Ketua Prodi, Bapak Noor Fauzi Isnarno, S.Si.,S.Pd., M.T. selaku Sekretaris Prodi, Bapak Iswandar, S.T, M.T. selaku Pembimbing , Bapak Zaenal, Ir., M.T selaku Co-Pembimbing serta semua Dosen dan Staf yang senantiasa memberikan do'a, dukungan, motivasi kepada penulis
2. Orang Tua dan Keluarga Penulis, Kedua Orangtua Krispurwanto dan Efi Fitriasari, terimakasih selalu memberikan dukungan terbaik.
3. Keluarga Besar Tambang 2017, terimakasih karena telah banyak membantu penulis baik segi moril ataupun materil. Kalian semua adalah orang-orang luar biasa.
4. Badan Operasional Mentoring Pendidikan Agama Islam (BOM-PAI), terimakasih karena telah mengajarkan arti sebuah "Tak Kenal Lelah Karena Amanah!".

### Daftar Pustaka

- [1] Ali, Rinal Kahidar, dkk. 2017. “Analisis Peningkatan Faktor Keamanan Lereng Pada Areal Bekas Tambang Pasir dan Batu di Desa Ngablak, Kecamatan Cluwak, Kabupaten Pati”. Jurnal Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- [2] Arif, Irwandy. 2016. “Geoteknik Tambang” Institut Teknologi Bandung : Bandung.
- [3] Bishop, A. W. 1995. “The Use of Slip Surface in The Stability of Analysis Slopes” Geotechnique, Vol 5 : London.
- [4] Hoek, E, Bray, J. W., 1981. “Rock Slope Engineering”. Institution of Mining and Metallurgy, London.
- [5] Hoek, E, Bray, J. W., 1987. “Factor of Safety and Probability of Failure, Chapter 8 - Rock Engineering King, H. 1982, A Guide to The Understanding of Ore Reserve Estimation” Australian Institute of Mining and Metallurgy : Australia.
- [6] Metriani, Riri dkk. 2019. “Analisis Balik Kestabilan Lereng dengan Menggunakan Metode Bishop Yang Disederhanakan Pada Front II Existing Tambang Quarry PT Semen Padang, Sumatera Barat”. Jurnal Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
- [7] Murniati, Ririn Tri dkk. 2020. “Analisis Kestabilan Lereng Pada Tambang Quarry di PT Total Optimal Prakarsa (TOP), Desa Peniraman, Kalimantan Barat”. Jurnal Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak.
- [8] Putri, Novita Tria dan Bambang Heriyadi. 2020. “Analisis Kestabilan Lereng Pada Penambangan Batu Andesit PT Ansar Terang Cruhindo 1, Kecamatan Pangkalan Koto Baru, Sumatera Barat” Jurnal Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
- [9] Syafar, Zainul dkk. 2016. “Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Bishop Pada Penambangan Nikel” Jurnal Geomine.
- [10] Sunusi, Arswinda Radita R. 2020. “Kestabilan Lereng Optimal Tambang Batubara Highwall dan Longwall Disertai Probabilitas Kelongsorannya PT XYZ Di Kecamatan Lahei, Kabupaten Barito Utara, Provinsi Kalimantan Tengah”. Jurnal Fakultas Teknik Universitas Islam Bandung