

Evaluasi Lereng Bekas Tambang Pasir dan Batu Berdasarkan Nilai Faktor Keamanan di Dusun Tawang, Desa Sidorejo, Kecamatan Kemalang, Kabupaten Klaten

Basitha Septia Wibowo¹⁾, Wisnu Aji Dwi Kristanto^{2a)}, Muammar Gomareuzzaman³⁾

¹⁾PT Tian Jaya Lestari

Jl. Kayu Mas Selatan No.B-44, Kuningan, Kec. Semarang Utara, Kota Semarang, Jawa Tengah 50176

^{2,3)}Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknologi Mineral,

Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

JL. Padjajaran, Condongcatur, Depok, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55283

^{a)}Corresponding author: wisnuaji@upnyk.ac.id

ABSTRAK

Dusun Tawang, Desa Sidorejo, Kecamatan Kemalang, Kabupaten Klaten merupakan salah satu lokasi kegiatan pertambangan pasir dan batuan yang sudah dimulai sejak 2006. Kegiatan tersebut meninggalkan lereng yang tidak diperbaiki sehingga memiliki ancaman gerakan massa tanah dan/atau batuan. Desa Sidorejo juga sudah ditetapkan sebagai daerah rawan longsor dengan potensi tinggi pada bulan Desember 2018 oleh Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan mengetahui dan mengevaluasi kondisi eksisting lereng tambang menggunakan nilai faktor keamanan pada lereng bekas tambang. Metode yang digunakan yaitu studi literatur, survei lapangan dan pemetaan fisik lingkungan, serta metode uji laboratorium. Teknik analisis data dilakukan dengan menggunakan Metode Spencer dan Metode Analisis Deskriptif untuk mengevaluasi lereng bekas tambang terhadap gerakan massa tanah dan/atau batuan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa gerakan massa tanah/batuan yang ada berupa keruntuhan permukaan lereng. Nilai faktor keamanan lereng sebesar 0,603 pada lereng 1; 0,799 pada lereng 2; dan 0,341 pada lereng 3. Ketiga lereng termasuk ke dalam kategori lereng tidak stabil.

Kata Kunci: Evaluasi, Gerakan massa, Lereng, Bekas Tambang, Faktor Keamanan

ABSTRACT

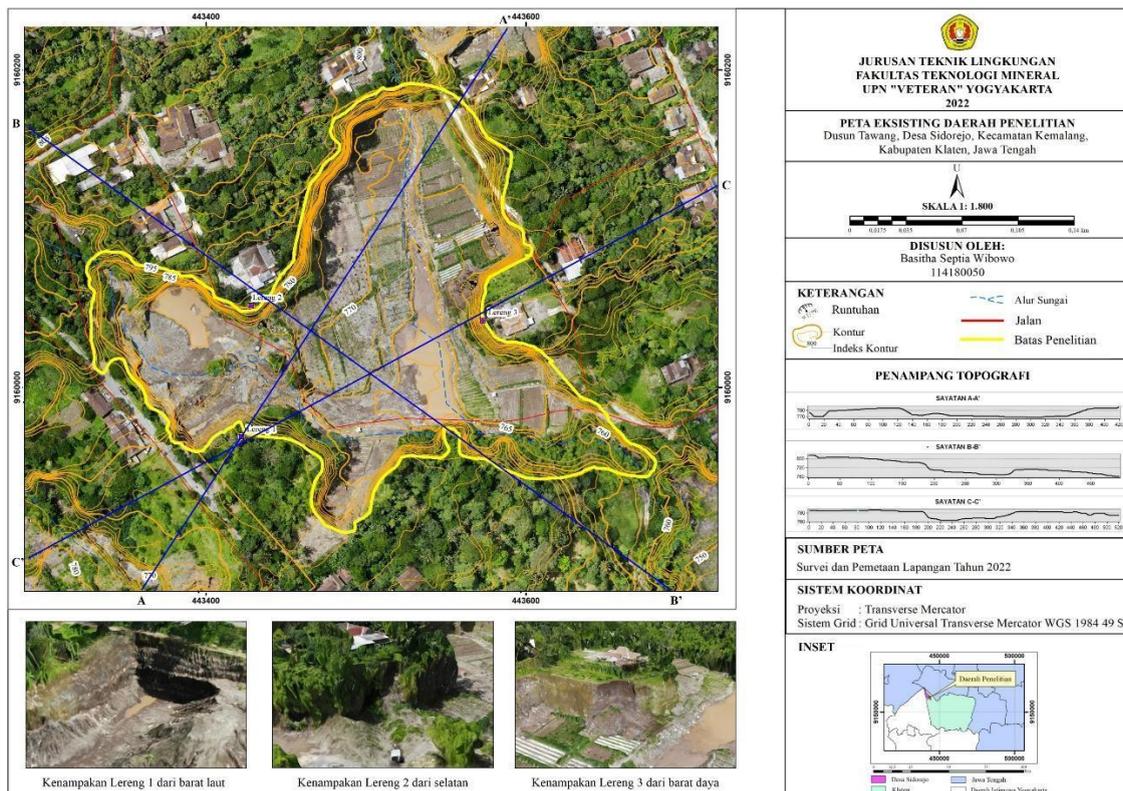
Tawang Area, Sidorejo Village, Kemalang Subdistrict, Regency of Klaten is a location of sand and stone mining activity that was started in 2006. The activity of mining left unmanaged slopes has a threat of mass movement. The Volcanology and Geological Hazard Mitigation of Klaten Regency claimed in December 2018 that Sidorejo Village is a landslide-prone area with high potential. The research aims to know and evaluate the existing condition of post-mining slopes using the value of the safety factors. The methods used for data collection are literature studies, field surveys, mapping of the physical environment, and laboratory test methods. The data analysis technique used the Spencer Method and the Descriptive Analysis Method to evaluate the post-mining slopes of the movement of soil and/or rock masses. The results show that the types of landslides that exist are surface collapses. The level of slope stability is classified as unstable and includes high landslide severity with a value of 0.286 on slope 1; 0.799 on slope 2; and 0.318 on slope 3. The three slopes are included in the category of unstable slopes.

Keywords: Evaluation, Mass Movement, Slope, Post Mining, Safety Factor

PENDAHULUAN

Permukaan tanah memiliki elevasi beragam yang membentuk beda tinggi dan besaran kemiringan lereng (Pangemanan and O. Sompie, 2014). Perbedaan elevasi pada bidang membentuk suatu lereng dapat terjadi karena tiga hal yaitu akibat kejadian alam, lereng yang dibuat pada tanah asli, dan lereng yang dipadatkan (Mau dkk, 2017). Perubahan kemiringan lereng karena suatu kegiatan dapat mempengaruhi nilai kestabilan lerengnya. Salah satu kegiatan yang dapat menyebabkan perubahan kemiringan lereng yaitu penambangan secara terbuka (Azizi dkk, 2012).

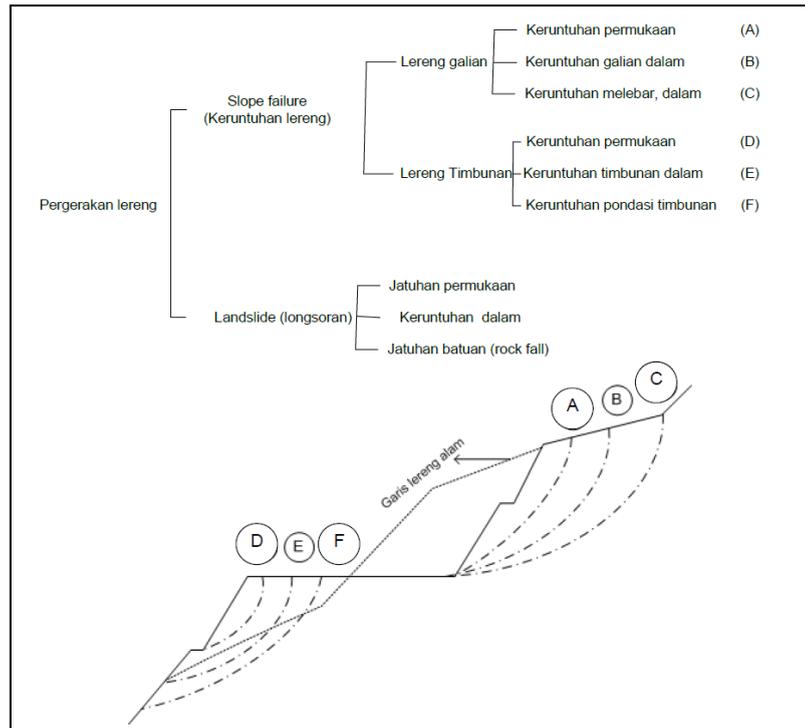
Daerah penelitian secara administratif berlokasi di Dusun Tawang, Desa Sidorejo, Kecamatan Kemalang, Kabupaten Klaten. Daerah penelitian merupakan daerah yang memiliki bentuklahan asal proses vulkanik. Daerah tersebut memiliki sumber daya alam hasil erupsi Gunung Merapi berupa pasir, dan batuan vulkanik (Widyastomo dan Risyanto, 2013). Keberadaan kekayaan alam tersebut dimanfaatkan masyarakat untuk dijadikan kawasan pertambangan pasir dan batuan guna memenuhi kebutuhan masyarakat untuk pembangunan. Kegiatan penambangan tersebut meninggalkan lereng-lereng yang tidak dilakukan pengelolaan. Potongan lereng yang menjadi daerah penelitian divisualisasikan melalui hasil olah tiga dimensi pada kenampakan lereng 1, lereng 2 dan lereng 3. Adapun penampang topografi masing-masing lereng dan kondisi eksisting daerah penelitian dapat diamati pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Peta Kondisi Eksisting Daerah Penelitian

Berdasarkan pemetaan lapangan, rumah warga memiliki jarak hanya 5 meter dan 11 meter dari bibir tambang. Tanpa pengawasan serta pengetahuan yang memadai dari pelaku tambang, maka hal tersebut menimbulkan adanya ancaman gerakan massa tanah dan/atau batuan yang dapat mengancam masyarakat sekitar^[5]. Selain itu, meningkatnya curah hujan dapat menjadi faktor pemicu terjadinya gerakan massa tanah dan/atau batuan Hal ini dikarenakan peningkatan curah hujan dapat menambah volume air jenuh pada lereng^[6]. Maka dari itu perlu dilakukan analisis nilai faktor keamanan di daerah penelitian untuk mengevaluasi tingkat kestabilan lereng terhadap gerakan massa tanah dan/atau batuan pada kondisi eksisting lereng.

Tipe pergerakan lereng memiliki beberapa klasifikasi. Pada penelitian ini, klasifikasi yang dipergunakan yaitu klasifikasi yang dikeluarkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum Departemen Pekerjaan Umum^[7]. Tipe pergerakan lereng Rekayasa Penanganan Keruntuhan Lereng pada Tanah Residual dapat diamati pada gambar berikut:



Gambar 2. Pergerakan lereng ditinjau dari jenis lereng
Sumber: Departemen Pekerjaan Umum (2005)

METODE

Analisis data dilakukan melalui dua cara yaitu perhitungan nilai faktor keamanan lereng dengan menggunakan Metode Spencer. Metode Spencer merupakan metode yang aplikatif pada sembarang bidang longsor dan memenuhi kondisi kesetimbangan gaya dan kesetimbangan momen pada irisan^[8]. Analisis ini menggunakan perangkat lunak Rockslide 6.0 menggunakan pilihan perhitungan non-circular. Metode Spencer merupakan bagian dari metode Limit Equilibrium yang memperhitungkan analisis kestabilan lereng berdasarkan kesetimbangan (Liong dan Herman, 2012). Data yang menjadi input pada perhitungan faktor keamanan yaitu berat isi tanah, kadar air tanah, kohesi, dan sudut geser dalam. Adapun geometri lereng yang dijadikan input perhitungan yaitu tinggi lereng, lebar lereng, panjang lereng, sudut kemiringan lereng, dan lebar irisan pada lereng. Perhitungan Metode Spencer berdasarkan^[10] adalah sebagai berikut:

$$F = \frac{1}{\sum [W \sin \alpha]} \sum [c b \sec \alpha + \tan \tan \phi (W \cos \cos \alpha - ub \sec \sec \alpha)]$$

..... (1)

Keterangan

- c : kohesi efektif
- P': gaya normal efektif dasar irisan
- ∅ : sudut geser dalam efektif
- u : tekanan air pori
- F : FK
- l : panjang dasar irisan
- W: berat irisan
- b : lebar irisan

Adapun metode deskriptif dilakukan dengan evaluasi hasil perhitungan nilai faktor keamanan berdasarkan dua instrumen. Instrumen pertama menurut Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 1827 K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik dan Klasifikasi faktor keamanan oleh Bowles (1989) yang dapat diamati pada kedua tabel dibawah ini:

Tabel 1. Nilai Faktor Keamanan dan Probabilitas Longsor Lereng

Jenis Lereng	Keparahan Longsor (Consequences of Failure/ CoF)	Kriteria dapat Diterima (Acceptance Criteria)		
		Faktor Keamanan (FK) Statis (Min)	Faktor Keamanan (FK) Dinamis (Min)	Probabilitas Longsor (Probability of Failure) (maks) PoF (FK =< 1)
Lereng Tunggal	Rendah s/d Tinggi	1,1	Tidak ada	25-50%
Inte-ramp	Rendah	1,15 – 1,2	1,0	25%
	Menengah	1,2 – 1,3	1,0	20%
	Tinggi	1,2 – 1,3	1,1	10%
Lereng Keseluruhan	Rendah	1,2 – 1,3	1,0	15-20%
	Menengah	1,3	1,05	10%
	Tinggi	1,3 – 1,5	1,1	5%

Sumber: KepMen ESDM No 1827 (2018)

Tabel 2. Klasifikasi faktor keamanan Bowles (1989)

Nilai Kestabilan Lereng	Kondisi Lereng
$F < 1,07$	Tidak stabil atau longsor sering terjadi
$1,07 \leq F \leq 1,25$	Kritis atau tanah longsor pernah terjadi
$F > 1,25$	Stabil atau longsor jarang terjadi

Sumber: Bowles (1989) dalam Bria dan Isjudarto (2017)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pemetaan dan survei lapangan, dijumpai adanya tiga titik gerakan massa skala kecil di sepanjang lereng tambang. Titik gerakan massa tersebut berada di timur lokasi tambang dengan arah N 292°E dan N 225°E. Dijumpai gerakan massa kecil pada barat tambang dengan arah N 157°E. Hasil pengujian sifat fisik dan mekanika tanah menunjukkan hasil yang berbeda pada ketiga lereng. Perbedaan kondisi sifat fisik dan mekanika tanah dapat mempengaruhi nilai faktor keamanannya. Hasil pengujian laboratorium masing-masing sampel dapat diamati pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Sifat Fisik dan Sifat Mekanika Tanah

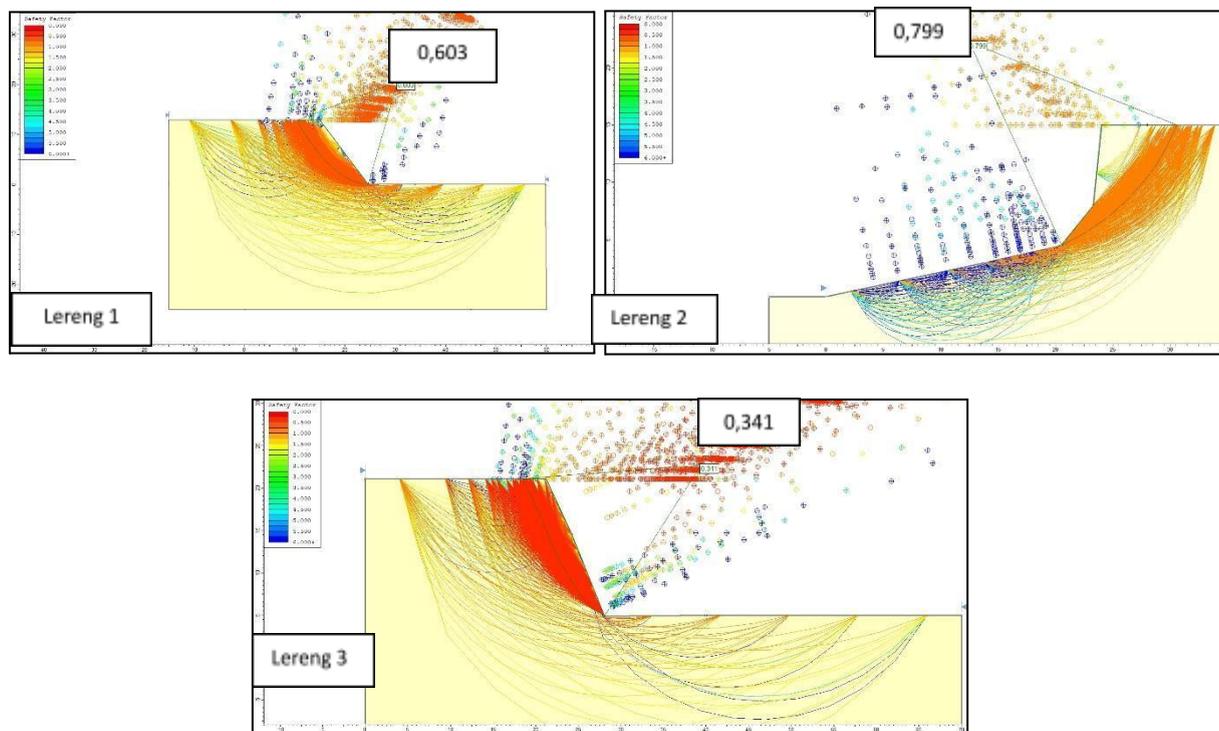
Parameter	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Rerata	Satuan
Berat Isi Basah	0,0121	0,012	0,0122	0,0121	N/cm ³
Berat Isi Kering	0,0093	0,0091	0,0085	0,0090	N/cm ³
Kadar Air	29	30	43	34	%
Kohesi	7	10,5	2,5	6,6667	KN/m ²
Sudut Geser Dalam	14	17	20	17	°
Porositas (32 sampel)	45	30	30	35	%
Ukuran butir tanah	Pasir gradasi baik berlanau	Pasir gradasi baik	Pasir gradasi baik	-	-

Nilai faktor keamanan juga sangat dipengaruhi oleh geometri lereng. Geometri lereng sebagai input nilai faktor keamanan disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Geometri Lereng

	Lereng 1	Lereng 2	Lereng 3	Keterangan
Total tinggi lereng	13	16	16	meter
Besar sudut	54	84	68	derajat

Berdasarkan analisis nilai faktor keamanan lereng pada tambang di Dusun Tawang, Desa Sidorejo, Kecamatan Kemalang, Kabupaten Klaten melalui aplikasi Slide 6.0 dengan menggunakan material hasil uji laboratorium didapatkan nilai kestabilan lereng tambang bervariasi tiap lereng. Interpretasi hasil perhitungan nilai faktor keamanan dapat diamati pada Gambar 2.

**Gambar 3.** Interpretasi Faktor Keamanan

Berdasarkan perhitungan nilai kestabilan lereng dengan aplikasi Slide 6.0, lereng satu yang terletak di selatan tambang hasil perhitungan faktor keamanan yang didapatkan sebesar 0,603 dengan tipe gerakan runtuh yang bergerak ke kanan lereng. Lereng kedua memiliki nilai faktor keamanan sebesar 0,799. Lereng tersebut memiliki tipe pergerakan runtuh yang bergerak ke bagian kanan lereng. Nilai faktor keamanan pada lereng tiga sebesar 0,341. Tipe gerakan yang terjadi di lereng ketiga yaitu pergerakan runtuh. Adapun Pergerakan lereng ditinjau dari jenis lereng menurut Departemen Pekerjaan Umum ketiga lereng termasuk ke dalam klasifikasi keruntuhan lereng galian permukaan. Ketiga lereng belum dapat memenuhi nilai minimal faktor keamanan klasifikasi lereng stabil menurut Keputusan Menteri ESDM No. 1827 tahun 2021 dengan nilai minimal lereng tunggal sebesar 1,1. Nilai ketiga lereng juga belum dapat dikategorikan sebagai lereng aman menurut klasifikasi Bowles 1989. Klasifikasi tersebut menyebutkan nilai lereng aman sebesar 1,25. Hasil analisis nilai faktor keamanan ketiga lereng tambang dapat diamati pada Tabel 5.

Tabel 5. Analisis Nilai Faktor Keamanan

Nama Lereng	Tinggi (m)	Sudut (°)	Nilai FK	Nilai FK Aman		Keterangan
				Kepmen 1987	Bowles	
Lereng 1	13	54	0,603			Tidak Stabil
Lereng 2	16	84	0,799	1,1	1,25	Tidak Stabil
Lereng 3	16	68	0,341			Tidak Stabil

Nilai faktor keamanan pada ketiga lereng tergolong tidak stabil disebabkan karena geometri lereng yang terjal dan juga kondisi mekanika tanah dengan sifat partikel lepas antar butir. Beberapa faktor tersebut menyebabkan lereng membutuhkan adanya penanganan untuk memperbaiki kondisi lereng. Jika ditinjau dari kondisi arah pengendapan dari ketiga lereng, seharusnya lereng 2 memiliki nilai paling kecil untuk angka faktor keamanan. Hal ini dapat dikuatkan dengan posisi pemotongan lereng yang terjadi di lereng dua menyebabkan tidak adanya penahan dari endapan di lereng tersebut. Lereng dua memiliki arah pergerakan searah dengan arah pengendapan yang dapat diidentifikasi dengan kontur pada daerah penelitian. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai di lereng dua menunjukkan nilai paling besar. Hal ini terjadi karena geometri lereng 2 yang memiliki penahan di bagian bawah akibat massa tanah yang telah longsor. Penyebab lain yaitu nilai kohesi di lereng dua lebih besar dari pada ketiga lereng lainnya. Nilai tersebut secara teori terjadi karena jumlah material halus yang lebih banyak dari pada material lainnya. Material halus seperti lempung dan lanau memiliki kemampuan mengikat material lain yang lebih besar.

KESIMPULAN

Urgensi perlu dilakukan penelitian mengenai nilai faktor keamanan di daerah penelitian yaitu untuk menilai besaran nilai faktor keamanan lereng bekas tambang yang tidak jauh dengan permukiman warga. Berdasarkan analisis diatas didapatkan kesimpulan bahwa nilai faktor keamanan dengan menggunakan Metode Spencer pada lereng satu sebesar 0,603; lereng 2 sebesar 0,799; dan lereng ketiga sebesar 0,341. Ketiga lereng termasuk ke dalam lereng tidak stabil dengan nilai faktor keamanan kurang dari 1,07. Parameter yang menjadi dasar penentuan kestabilan lereng diantaranya kondisi sifat fisik tanah, sifat mekanika tanah, dan geometri lereng.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis berikan kepada seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan karya tulis ini baik melalui pemberian saran dan bimbingan. Terima kasih kepada kedua orang tua, Heri Wibowo dan Surtinah, keluarga besar Teknik Lingkungan, Fakultas Teknologi Mineral UPN Veteran Yogyakarta dan teman-teman semua yang telah memberikan bantuan dengan ikhlas yang tidak dapat penulis tuliskan.

DAFTAR PUSTAKA

- Azizi, M. A., Kramadibrata, S., Wattimena, R. K., S, I. D., & Andriansyah, Y. (2012). Analisis Risiko Kestabilan Lereng Tambang Terbuka (Studi Kasus Tambang Mineral X). *Geomekanika, 1*(Menggagas Masa Depan Rekayasa Batuan & Terowongan di Indonesia), 19–27.
- Bria, K., & Isjudarto, A. (2017). Analisis Kestabilan Lereng Pada Tambang Batubara Terbuka Pit D Selatan Pt . Artha Niaga Cakrabuana Job Site CV . Prima Mandiri Desa Provinsi Kalimantan Timur. Analisis Kestabilan Lereng Pada Tambang Batubara Terbuka Pit D Selatan PT. Artha Niaga Cakrabuana Job Site CV. Prima Mandiri Desa Dondang Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur.
- Eveny, O. N. (2014). Perbandingan Metode Bishop, Janbu Dan Spencer Dalam Perhitungan Stabilitas Lereng Pada Batuan Tuff. 1–116.
- Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, K. R. (n.d.). Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik.
- Liong, G. T., & Herman, D. J. G. (2012). Limit Equilibrium vs Finite Element Method. HATTI Annual Scientific Meeting XVI, 4-5 Desember 2012.
- Mau, J., Rasidi, N., & Hanggara, I. (2017). Studi Penentuan Faktor Keamanan Stabilitas Lereng Menggunakan Metode Fellinius dan Bishop pada Dinding Penahan Batu Kali di Jl. Raya Beji Puskesmas Kota Batu. Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Tribhuwana Tungadewi Malang.

- Nugroho, N. E., & Kristanto, W. A. D. (2019). Kajian Tingkat Risiko Tanah Longsor Desa Hargomulyo, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulonprogo. *Jurnal Ilmiah Lingkungan Kebumihan Pelestarian Fungsi Bumi Dan Atmosfer*, 1(2):9-25, 9–25.
- Pangemanan, V., & Sompie, O. (2014). Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Fellenius (Studi Kasus: Kawasan Citraland). *Jurnal Sipil Statik*, 2(1), 22–28. <http://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/3920>
- Pekerjaan Umum, D. P. (2005). *Rekayasa Penanganan Keruntuhan Lereng pada Tanah Residual dan Batuan*.
- Santoso, D. H., Suharwanto, S., & Prasetyo, M. T. (2021). Analisis Kestabilan Lereng dan Pengelolaan Lereng Akibat Penambangan Andesit di Sebagian Kecamatan Bagelan Purworejo. *Jurnal Geografi : Media Informasi Pengembangan Dan Profesi Kegeografian*, 18(1), 46–51. <https://doi.org/10.15294/jg.v18i1.25913>
- Spencer, E. (1967). “Embankments Assuming Parallel Inter-Slice Forces.” *Géotechnique*, 17(1), 11–26.
- Widyastomo, B., & Risyanto. (2013). Pengaruh Penambangan Pasir dan Batu Terhadap Kondisi Sosial Ekonomi Penambang di Kecamatan Kemalang Kabupaten Klaten, Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Bumi Indonesia*, 2(3), 270–276.