

Studi Geoteknik untuk Mendukung Penambangan Batu Gamping Metode *Quarry* di Daerah Karang Dawa Kabupaten Tegal Provinsi Jawa Tengah

Maoludin Nur Siddiq Ibrahim^{*}, Yuliadi, Indra Karna Wijaksana

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

*maoludinnsi@gmail.com

Abstract. The research location is located in Karang Dawa area, Tegal District, Central of Java Province. The area will open a new mine using the side hill quarry type method with limestone commodities. Geotechnical studies and slope recommendations for single and overall slopes are required to design the mine pit. The study was conducted in the northern and southern regions, aims to determine the stability of the geometry of the single slope and the whole slope, recommending the geometry of a single slope and the entire slope of the study areas. Supporting data for slope stability analysis and geotechnical models are: topographic map, geological map, morphological map, laboratory test results in the form of rock physical properties, rock mechanical properties, rock shear strength c , ϕ . Analyses used using Finite Element Method. The analysis was performed by try and error using variations in the slope geometry model. The slope variations of the overall slope model are 50° , 55° , and 60° . Single slope geometry variation is 10 m and the inclination are 60° , 65° , 70° , 75° , and 80° . The recommended overall slope geometry for northern area is 75 m high and the slope is 55° . While the recommended overall slope geometry for southern area is 60 m high and the slope is 55° . The recommended single slope geometry for northern area is 10 m high and the slope is 80° , while the recommended single slope geometry for southern area is 10 m high and the slope is 80° . Safety factor in the overall slope geometry for northern area is 1,26 while safety factor in the overall slope geometry for southern area is 1,30. The safety factor of single slope geometry for northern area is 5,75 and for southern area is 5,71.

Keywords: Slope stability, Finite Element Method, Safety Factor, Single Slope, Overall Slope.

Abstrak. Lokasi penelitian terletak di Desa Karang Dawa, Kecamatan Margasari, Kabupaten Tegal, Provinsi Jawa Tengah. Daerah tersebut akan di buka tambang baru dengan metode side hill quarry type dengan komoditas batugamping. Diperlukan kajian geoteknik dan rekomendasi lereng untuk lereng tunggal dan lereng keseluruhan untuk mendesain pit tambang. Penelitian dilakukan pada wilayah utara dan selatan, bertujuan untuk mengetahui kestabilan geometri lereng tunggal dan lereng keseluruhan, merekomendasikan geometri lereng tunggal dan lereng keseluruhan wilayah penelitian. Data penunjang untuk analisis stabilitas lereng dan model geoteknik yaitu : peta topografi, peta geologi, peta morfologi, hasil uji laboratorium berupa sifat fisik batuan, sifat mekanik batuan, kuat geser batuan c, ϕ . Analisis yang digunakan

menggunakan metode elemen hingga (Finite Element Method, FEM). Analisis dilakukan dengan trial and eror menggunakan variasi geometri lereng. Variasi kemiringan model lereng keseluruhan adalah kemiringan 50°, 55°, dan 60°. Sedangkan variasi geometri lereng tunggal adalah 10 m dan kemiringan 60°, 65°, 70°, 75°, dan 80°. Geometri lereng keseluruhan yang di rekomendasikan untuk wilayah utara yaitu tinggi 75 m dan kemiringan 55° sedangkan untuk wilayah selatan yaitu 60 m dan kemiringan 55°. Geometri lereng tunggal yang direkomendasikan untuk wilayah utara yaitu ketinggian 10 m dan kemiringan 80°, sedangkan untuk geometri wilayah selatan yaitu ketinggian 10 m dan kemiringan 80°. Nilai FK yang di dapat untuk geometri lereng keseluruhan wilayah utara sebesar 1,26 dan untuk wilayah selatan sebesar 1,30. Sedangkan nilai FK untuk geometri lereng tunggal wilayah utara sebesar 5,75 dan untuk wilayah selatan sebesar 5,71.

Kata Kunci: Stabilitas lereng, metode elemen hingga, factor keamanan, lereng tunggal, lereng keseluruhan.

1. Pendahuluan

Dalam perencanaan sistem tambang terbuka, analisis kestabilan lereng merupakan faktor yang sangat penting dalam pekerjaan yang berhubungan dengan penggalian dan penimbunan tanah, karena kestabilan lereng ini menyangkut terhadap persoalan keselamatan manusia, keamanan peralatan, dan kelancaran produksi serta untuk mendapatkan desain tambang yang aman dan stabil.

Salah satu contoh adalah masalah kestabilan lereng tambang yang seringkali mengalami kelongsoran, faktor yang berpengaruh terhadap kestabilan lereng diantaranya yaitu: faktor geologi, faktor hidrogeologi, serta faktor geomekanik (kekuatan, deformabilitas dan permeabilitas batuan).

Pada daerah yang akan dibuka tambang berada pada lereng – lereng bukit sebelah utara dan sebelah selatan dengan menggunakan metode side hill quarry tipe, maka diperlukan kajian geoteknik untuk pembuatan desain pit tambang berdasarkan analisis kestabilan lereng dengan menggunakan metode elemen hingga (finite element method).

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut: Masalah yang dapat diidentifikasi pada penelitian ini yaitu akan dilakukan penambangan dengan material batugamping pada bagian utara dan selatan daerah penelitian, analisis kestabilan lereng memperhatikan parameter kekuatan batuan untuk memperoleh tinggi jenjang, kemiringan jenjang lereng tambang tunggal, lereng tambang keseluruhan dan nilai faktor keamanan, maka dari itu diperlukan perancangan desain lereng yang baik dan aman. Selanjutnya, tujuan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Mengetahui kestabilan geometri lereng tunggal dan lereng keseluruhan.
2. Merekomendasikan geometri lereng tunggal dan lereng keseluruhan daerah utara dan selatan daerah penelitian

2. Landasan Teori

Lereng adalah permukaan bumi yang membentuk sudut kemiringan tertentu dengan bidang horisontal. Lereng dapat terbentuk secara alamiah karena proses geologi atau karena dibuat oleh manusia. Lereng yang terbentuk secara alamiah misalnya lereng bukit dan tebing sungai, sedangkan lereng buatan manusia antara lain yaitu galian dan timbunan untuk membuat jalan raya dan jalan kereta api, bendungan, tanggul sungai dan kanal serta tambang terbuka (Giani, 1992).

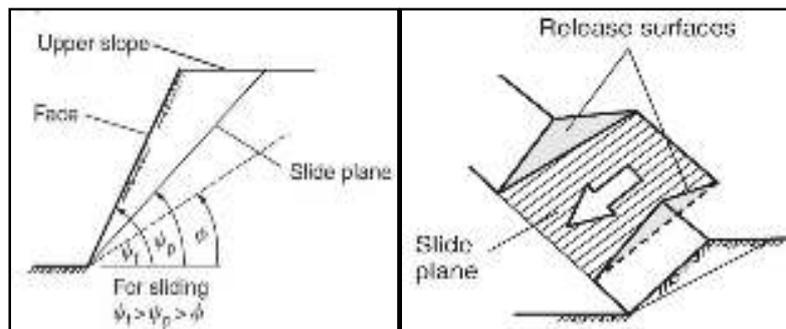
Suatu longsoran adalah keruntuhan dari massa tanah yang terletak pada sebuah lereng sehingga terjadi pergerakan massa tanah ke bawah dan ke luar. Longsoran dapat terjadi dengan

berbagai cara, secara perlahan-lahan atau mendadak serta dengan ataupun tanpa tanda-tanda yang terlihat. Setelah gempa bumi, longsor merupakan bencana alam yang paling banyak mengakibatkan kerugian materi maupun kematian. Kerugian dapat ditimbulkan oleh suatu longsor antara lain yaitu rusaknya lahan pertanian, rumah, bangunan, jalur transportasi serta sarana komunikasi.

Ada beberapa jenis longsor yang umum dijumpai pada massa batuan di tambang terbuka (Hoek and Bray, 1981) yaitu:

1. Longsor bidang (plane failure)

Longsor bidang merupakan suatu longsor batuan yang terjadi sepanjang bidang luncur yang dianggap rata. Bidang luncur tersebut dapat berupa sesar, rekahan (joint) maupun bidang perlipisan batuan.

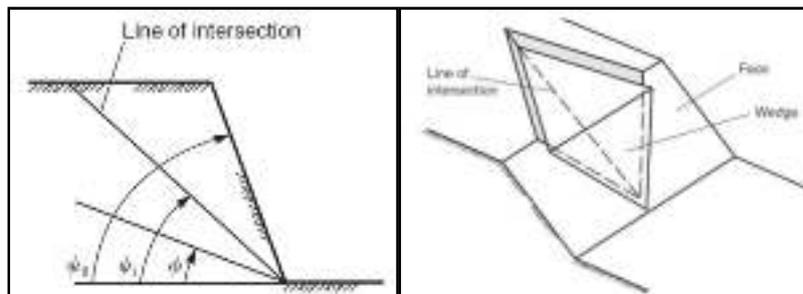


Sumber: Hutabarat, 2014

Gambar 1. Longsor Bidang

2. Longsor baji (wedge failure)

Longsor ini hanya dapat terjadi pada batuan yang mempunyai lebih dari satu bidang lemah yang saling berpotongan membentuk baji. Dalam kondisi yang sangat sederhana longsor baji terjadi pada sepanjang garis potong kedua bidang lemah tersebut.

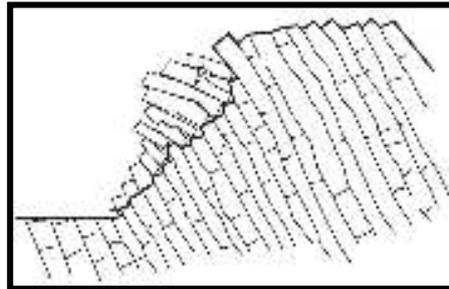


Sumber: Hutabarat, 2014

Gambar 2. Longsor Bidang

3. Longsor guling (toppling failure)

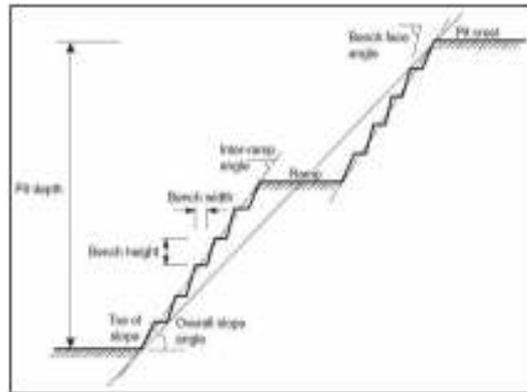
Longsor guling terjadi pada lereng terjal untuk batuan yang keras dengan bidang-bidang lemah tegak atau hampir tegak dan arahnya berlawanan dengan arah kemiringan lereng.



Sumber: Hutabarat, 2014

Gambar 3. Longsor Bidang

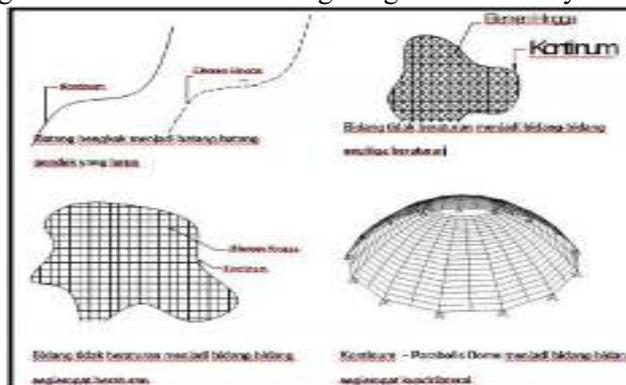
Geometri lereng merupakan ukuran yang menyatakan tinggi, lebar dan besar kemiringan lereng dan azimuth dari dinding tersebut seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3.6. Semakin tinggi dan semakin tajam sudut kemiringan lereng akan semakin berpotensi menyebabkan longsor (Hoek dan Bray, 1981).



Sumber: Eucalypto, 2014

Gambar 4. Longsor Bidang

Metode elemen hingga adalah suatu metode pemaparan bagaimana perjalanan aksi hingga timbul reaksi dalam materi, atau metode untuk memperkirakan besar reaksi dan reaksi apa yang timbul dari materi tersebut. Kontinum dibagi-bagi menjadi beberapa bagian yang lebih kecil, maka elemen kecil ini disebut elemen hingga. Proses pembagian kontinum menjadi elemen hingga disebut proses diskretisasi (pembagian). Dinamakan elemen hingga karena ukuran elemen kecil ini berhingga (bukannya kecil tak berhingga) dan umumnya mempunyai bentuk geometri yang lebih sederhana dibanding dengan kontinumnya.



Sumber: Handayanu, Metode Elemen Hingga Pada Struktur, ITS, 2008

Gambar 5. Longsor Bidang

Gambar 5 menjelaskan bahwa suatu batang panjang yang bentuk fisiknya tidak lurus, dipotong-potong sependek mungkin sehingga terbentuk batang-batang pendek yang relatif lurus. Maka pada batang yang panjang tadi disebut kontinum dan batang yang pendek disebut elemen hingga.

3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

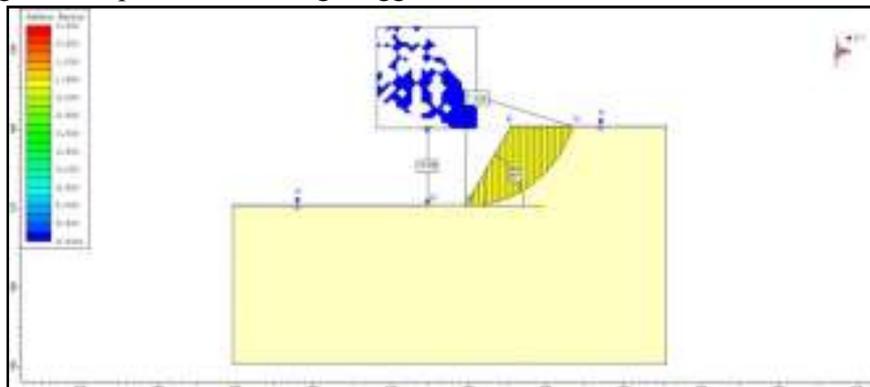
Pengujian yang dilakukan terhadap material batugamping yaitu pengujian terhadap sifat fisik dan mekanik material, pengujian sifat fisik yang dilakukan yaitu pengujian terhadap berat bobot isi dari setiap material yang dilakukan sebanyak tiga specimen, hasil yang didapatkan yaitu berupa nilai bobot isi material ($\gamma_n = \text{gr/cm}^3$) rata-rata ketiga specimen. Kemudian pengujian terhadap sifat mekanik material dilakukan dengan pengujian kuat geser (direct shear test), pengujian kuat geser ini dilakukan terhadap tiga specimen dari tiap materialnya, hasil dari pengujian kuat geser ini berupa kuat tarik antar butir yaitu cohesion (C), dan sudut yang dibentuk dari hasil perbandingan normal stress (kPa) dan shear stress (kPa) yaitu friction angel atau sudut geser dalam (ϕ). Di bawah ini adalah tabel hasil dari pengujian sifat fisik dan mekanik.

Tabel 1. Hasil Pengujian Laboratorium

No	Parameter	Batugamping (Utara)	Batugamping (Selatan)
1	Bobot Isi, kN/m ³	22,16	22,05
2	Modulus Elastisitas, MPa	1132	1131
3	Poisson's Ratio, -	0,33	0,34
4	Kuat Tarik, MPa	1,06	1,06
5	Sudut gesek dalam (peak), °	33,7	33,4
6	Sudut gesek dalam (residual), °	16,9	16,7
7	Kohesi (peak), kPa	340,8	337,4
8	Kohesi (residual), kPa	170,4	168,7

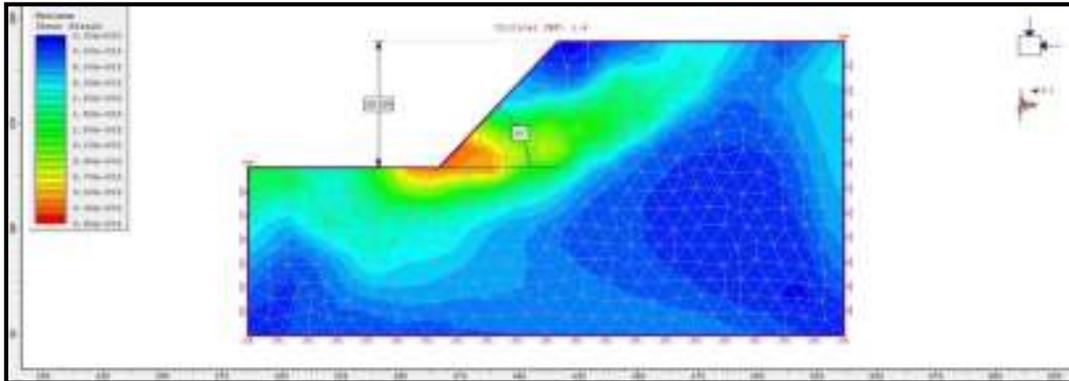
Sumber : PT ABC

Analisis stabilitas lereng tunggal dilakukan pada material yaitu batugamping, analisis tersebut menggunakan bantuan *software slide version 6.0*. Pemodelan geometri lereng tunggal dilakukan dengan trial and error sampai mendapatkan geometri yang aman, setelah itu maka harus diketahui karakteristik dari setiap material yang merupakan parameter input dalam permodelan geometri, pemodelan lereng tunggal.



Gambar 6. Output Model Lereng Tunggal Utara ($\alpha = 600$, $H=10$ m, $FK=7,406$)

Maka hasilnya adalah sebagai berikut:
 Tinggi Lereng : 10 m
 Kemiringan Lereng : 600
 Faktor Keamanan : 7,406



Gambar 7. Output Model Lereng Keseluruhan Utara ($\alpha = 500$, H=60 m, FK=1,4)

Ketinggian lereng keseluruhan : 60 m
 Kemiringan lereng keseluruhan : 500
 Faktor keamanan lereng (FK) : 1,4

Tabel 2. Hasil simulasi analisis stabilitas lereng tunggal Batugamping

LERENG	Tinggi Lereng (meter)	Kemiringan Lereng (derajat)	Faktor Keamanan Lereng (FK)
TUNGGAL (SINGLE SLOPE)	10	60	7,406
	10	65	7,112
	10	70	6,786
	10	75	6,45
	10	80	5,745

Tabel 3. Hasil simulasi analisis stabilitas lereng tunggal Batugamping

LERENG	Tinggi Lereng (meter)	Kemiringan Lereng (derajat)	Faktor Keamanan Lereng (FK)
KESELURUHAN (OVERALL SLOPE)	60	50	1,53
		55	1,4
		60	1,23
KESELURUHAN (OVERALL SLOPE)	75	50	1,32
		55	1,26
		60	1,07
KESELURUHAN (OVERALL SLOPE)	90	50	1,13
		55	1,03
		60	0,96

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Analisis yang dilakukan pada geometri lereng tunggal dan keseluruhan untuk lereng tambang dibuat dengan tinggi 10m dengan sudut 60o, 65o, 70o, 75o, 80o, dengan model lereng keseluruhan dengan tinggi 60m, 75m, 90m, dengan sudut 50o, 55o, dan 60o. Analisis kestabilan lereng tunggal dibuat menggunakan software Rocscience Slide 6.0 dan untuk kestabilan lereng keseluruhan menggunakan software Phase2 6.0 dengan prinsip trial and error sampai dengan mendapatkan hasil geometri yang aman.
2. Dari hasil analisis kestabilan lereng tunggal dan keseluruhan didapatkan rekomendasi model geometri lereng tunggal dan keseluruhan dengan minimal nilai Faktor Keamanan >1,25. Rekomendasi lereng tunggal pada material batugamping daerah utara yaitu 10 m dan sudut 80o dengan hasil FK 5,745, dan untuk sebelah selatan yaitu tinggi 10m, dengan sudut 80o dengan hasil FK 5,713. Analisis kestabilan lereng keseluruhan untuk daerah utara yaitu tinggi 75 m dengan sudut 55o dengan hasil FK 1,26, dan untuk bagian selatan yaitu tinggi 60 m dengan sudut 55o dengan hasil FK 1,3

5. Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, penulis dapat memberi saran sebagai berikut:

1. Disarankan agar pembuatan pit tambang berdasarkan dari hasil analisis geoteknik terhadap rekomendasi geometri lereng tunggal dan lereng keseluruhan yang sangat penting untuk menghindari terjadinya potensi longsor.
2. Pemantauan atau inspeksi setiap hari pada lereng tunggal dan lereng keseluruhan sangat diperlukan, agar lereng tunggal dan lereng keseluruhan selalu dalam keadaan geometri yang telah disarankan dan aman untuk masing-masing area. Jika geometri dilapangan tidak sesuai dengan rencana ada kemungkinan Faktor Keamanan dapat berkurang yang nantinya dapat terjadi kelongsoran.

Daftar Pustaka

- [1] Arif, Irwandi, 2016. "Geoteknik Tambang". Bandung, PT Gramedia.
- [2] Audinno, Rizky Teddy, 2014, Investigasi Geologi Potensi Longsor Berdasarkan Analisis Sifat Fisik dan Mekanik.
- [3] Bishop, A.W, 1995 "The Use of Slip Surface in The Stability of Analysis Slope", London, Geotechnique Vol.5.
- [4] Das, Braja M, 2006 "Principles of Geotechnical Engineerin: Fifth Edition", Canada, Nelson.
- [5] Gian Paolo Giani, 1992, "Rock Slope Stability Analysis", A.A Balkema, Rotterdam.
- [6] Hammah, Reginald dkk, 2003, "The influence of correlation and distribution truncation on slope stability analysis result", Canada, University of toronto.
- [7] Hoek, Evert and Bray, John, 1981, "Rock Slope Engineering", London, Institution of Mining and Metallurgy.
- [8] Holtz, Robert D. Dan Kovacs, Wiliam D, 1981, "An Introduction to Geotechnical Engineering", New Jersie, Rentice – Hall, Inc.
- [9] Krahn, J, 2004, "Stability Modeling with Slope, Geoslope", Canada, Internation Ltd.
- [10] Kusuma, Mila dan Putu Tantri, 2014, "Analisa stabilitas Lereng dengan Pendekatan Statistik dan Probabilitas", Surabaya, Institut teknologi sepuluh november.
- [11] Pemerintah Indonesia, 2018, "Keputusan Menteri No. 1826 K/30/MEM tahun 2018", Jakarta, Sekretariat Negara.
- [12] Rai, Made Astawa dkk, 2012, "Mekanika Batuan", Bandung, penerbit ITB.
- [13] West, 1995, "Acceleration to Gravity", Academic Press, New York.
- [14] Wylie, Duncan C. dan Mah, Christopher W, 2005, "Rock Slope Engineering Civil and Mining : Fourth Edition", New York, Spon press.