

## SIMULASI STABILITAS DAN DEFORMASI LERENG WISATA PUSUK DENGAN *SOFTWARE PLAXIS*

oleh :

**Sukandi, Bq. Malikah Hr**

Prodi Teknik Sipil, Fakultas Sains, Teknik dan Terapan

Universitas Pendidikan Mandalika

Email : [sukandi.geoteknik@gmail.com](mailto:sukandi.geoteknik@gmail.com)

**Abstrak** : Jumlah kendaraan yang melintasi daerah wisata Puncak Pusuk semakin bertambah sehingga menyebabkan kemacetan karena fasilitas jalan raya yang sempit. Supaya akses menuju Kabupaten Lombok Utara dan sebaliknya tidak mengalami kemacetan, maka dilakukan perbaikan dengan pelebaran badan jalan sehingga menyebabkan terjadinya pemotongan lereng. Kemiringan lereng setelah dipotong berkisar antara  $70^\circ$  -  $85^\circ$  sehingga berpotensi terjadinya longsor terutama pada musim hujan. Untuk mencegah potensi terjadinya longsor lereng, maka dilakukan simulasi numeris terhadap stabilitas dan deformasinya lereng menggunakan *software Plaxis*. Metode yang digunakan yaitu melakukan kajian data dan karakteristik tanah dan batuan yang digunakan sebagai parameter *input* dalam simulasi numeris dengan *Software Plaxis*. Simulasi dilakukan dengan idealisasi 2D pada kondisi *plane strain* dan menggunakan model *Mohr-Coulomb*. Simulasi numeris dilakukan dalam kondisi sebelum pemotongan lereng dan setelah pemotongan lereng (kondisi eksisting). Simulasi numeris dengan *Software Plaxis* menunjukkan lereng mengalami peningkatan deformasi dari kondisi sebelum pemotongan lereng hingga setelah pemotongan lereng (kondisi eksisting), peningkatan deformasi ini karena adanya kenaikan muka air tanah. Stabilitas lereng dari hasil simulasi menunjukkan angka aman sebelum pemotongan lereng (SF) = 1.12, sedangkan angka aman setelah pemotongan lereng (kondisi eksisting) SF = 1.11. Penurunan angka aman (SF) dari sebelum hingga setelah pemotongan lereng karena adanya kenaikan muka air tanah yang menyebabkan longornya lereng pada musim penghujan sehingga lereng tidak stabil karena angka aman kurang dari 1.20.

**Kata kunci**: *software plaxis*, simulasi numeris, deformasi, stabilitas

### PENDAHULUAN

Seiring semakin berkembangnya Kabupaten Lombok Utara menyebabkan arus lalu lintas yang melewati daerah wisata puncak Pusuk yang semakin ramai dilalui kendaraan baik roda dua maupun roda empat. Bertambah jumlah kendaraan yang melintasi puncak pusuk menyebabkan terjadinya kemacetan karena fasilitas jalan raya yang sempit. Akses jalan ini merupakan salah satu penghubung menuju ke Kabupaten Lombok Utara baik itu dari Kabupaten atau Kota lain yang ada di Pulau Lombok.

Supaya akses menuju Kabupaten Lombok Utara tidak mengalami kemacetan karena jalan yang sempit di Pucak Pusuk, maka dilakukan perbaikan jalan raya dengan pelebaran badan jalan sehingga menyebabkan terjadinya pemotongan lereng. Kemiringan lereng setelah dipotong berkisar antara  $70^\circ$  -  $85^\circ$  sehingga berpotensi terjadinya longsor yang akan membahayakan bangunan infrastruktur jalan raya terutama pada musim hujan tiba.

Tanah longsor umumnya disebabkan oleh gaya-gaya gravitasi, kenaikan muka air tanah dan kadang-kadang getaran atau gempa juga menyokong kejadian tersebut. Longsor pada lereng terjadi akibat adanya keruntuhan geser di sepanjang bidang geser yang merupakan batas Bergeraknya tanah atau

batuan. Akan tetapi, saat terjadi longsor bertahap, longsor tanah terjadi pada tegangan geser yang kurang dari kuat geser puncaknya.

Untuk mencegah potensi terjadinya longsor di lereng, maka perlu dilakukan suatu simulasi numeris terhadap stabilitas dan deformasinya lereng. Pada penelitian ini simulasi numeris menggunakan *software Plaxis* untuk menghitung deformasi dan stabilitas dari lereng wisata puncak pusuk.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui stabilitas dan deformasi lereng wisata puncak pusuk dengan *software Plaxis*.

### TINJAUAN PUSTAKA

#### a. Longsor (*Landslide*)

Longsor sering disebut sebagai gerakan massa (*mass movement*) yang disebabkan oleh gaya-gaya gravitasi dan getaran atau gempa. Gerakan massa tanah atau massa batuan terjadi akibat adanya keruntuhan geser disepanjang bidang longsor sebagai batas Bergeraknya massa tanah atau batuan. Longsor merupakan salah satu jenis gerakan tanah/batuan (Karnawati, 2004).

Banyak peristiwa longsor diakibatkan atau dipicu oleh penggalian atau penimbunan lereng untuk jalan, perumahan maupun rel kereta. Akibat dari adanya gangguan pada lereng, maka massa tanah atau batuan akan mencari keseimbangan baru akibat adanya faktor yang mempengaruhi dan menyebabkan berkurangnya kuat geser dan meningkatnya tegangan geser pada massa tanah atau batuan tersebut. Berbagai kejadian longsor yang teridentifikasi rentan bergerak berdasarkan bentuk tipologi lereng, yaitu:

1. Lereng yang tersusun oleh massa tanah lunak/batuan lapuk yang dialasi oleh batuan yang masif atau kompak
2. Lereng yang tersusun oleh perlapisan massa tanah atau batuan yang kemiringannya searah kemiringan lereng
3. Lereng yang tersusun oleh berbagai bentuk blok-blok batuan.

Jadi, banyak faktor yang mempengaruhi stabilitas lereng yang mengakibatkan terjadi longsor. Longsor sangat jarang terjadi karena salah satu faktor penyebab saja. Adapun sebab-sebab longsor lereng alam terjadi menurut Hardiyatmo, 2003 yaitu:

1. Penambahan beban pada lereng seperti beban bangunan yang baru, beban air yang masuk ke pori-pori tanah yang menggenang dipermukaan
2. Penggalian atau pemotongan tanah pada kaki lereng
3. Penggalian yang mempertajam kemiringan lereng
4. Kenaikan tekanan lateral oleh air (air yang mengisi retakan yang akan mendorong tanah ke arah lateral)
5. Penurunan tahanan geser tanah pembentuk lereng oleh akibat kenaikan kadar air, kenaikan tekanan air pori, tekanan rembesan oleh genakan air di dalam tanah dan lain-lain
6. Getaran atau gempa.

#### b. Analisis Stabilitas Lereng

Analisis stabilitas lereng dilakukan untuk mengetahui kondisi suatu lereng baik lereng alami maupun lereng buatan. Tujuan analisis stabilitas lereng adalah memperkirakan bentuk keruntuhan dan tingkat kerawanan lereng terhadap longsor serta merancang lereng timbunan supaya memenuhi kriteria keamanan.

Berdasarkan persamaan tegangan geser tanah Mohr-Coulomb (1776) dalam Das (1993), kekuatan geser tanah yang tersedia atau yang dikerahkan oleh tanah adalah:

$$\tau = c + \sigma \tan \phi$$

Metode analisis stabilitas lereng yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik reduksi kekuatan geser (*strength reduction technique*)

metode elemen hingga. Dalam teknik reduksi (pengurangan) kekuatan geser tanah, parameter kuat geser tanah  $c'$  dan  $\phi'$  yang tersedia berturut-turut direduksi secara otomatis sampai menyebabkan keruntuhan (Chang dan Huang, 2005). Nilai reduksi dari parameter kuat geser seperti persamaan:

$$c'f = \frac{c'}{SRF}$$

$$\phi'f = \tan^{-1} \left( \frac{c'}{SRF} \right)$$

dengan, SRF merupakan faktor pengurangan kekuatan (*strength reduction factor*) saat runtuh. Nilai SRF adalah sama dengan nilai faktor aman (SF) saat runtuh.

Sower (1979) dalam Liu (1981) memberikan faktor aman untuk galian dan timbunan, yaitu  $SF < 1$  (tidak aman),  $1 \leq SF \leq 1,2$  (lereng meragukan) dan  $SF > 1,2$  (aman).

#### c. Analisis Deformasi dengan Plaxis

Perilaku tanah dan bangunan struktur yang menerima beban dapat dianalisis dengan menggunakan konsep metode elemen hingga. Untuk memudahkan perhitungan dengan metode elemen hingga, yaitu dengan program *Plaxis* (Brinkgreve dan Vermeer, 2007). Simulasi numeris dengan *Plaxis* dapat menghitung besarnya deformasi timbunan dan tanah secara 2D serta dapat digunakan untuk menganalisis stabilitas dari tanggul. Metode simulasi numeris dapat di idealisasi dengan konsep *plane strain* 2D, dimana beban bekerja sepanjang struktur pada bidang x-y. *Displacement* dan regangan pada arah sumbu z sama dengan nol sedangkan komponen *displacement* arah x, y yaitu u, v.

Model material yang sering digunakan dalam simulasi numeris adalah model Mohr-Coulomb yang merupakan model elasto plastis. Model elastis menggambarkan tegangan yang menyebabkan regangan hingga kondisi leleh dan plastis menggambarkan perilaku pasca leleh akibat meningkatnya regangan (Griffiths, 1999). Parameter Mohr-Coulomb, yaitu modulus elastisitas (E) dan *Poisson ratio* ( $\nu$ ) yang mewakili elastisitas tanah, kohesi (c) dan sudut gesek dalam ( $\phi$ ) mewakili plastisitas tanah dan sudut *dilatancy* ( $\psi$ ).

#### METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi penelitian adalah lereng wisata gunung pusuk Kecamatan Pemenang Kabupaten Lombok Utara Provinsi Nusa Tenggara Barat. Metode yang digunakan adalah survey lapangan dan pengumpulan data sekunder (topografi, data geologi, data penyelidikan geoteknik, data sifat fisik dan sifat mekanik tanah). Melakukan kajian dan analisis data sekunder yang selanjutnya dipakai sebagai

parameter input dalam simulasi numeris dengan *Software Plaxis*. Simulasi dilakukan dengan idealisasi 2D pada kondisi *plane strain* dengan model Mohr-Coulomb.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**a. Hasil**

1. Geologi Daerah Penelitian

Geomorfologi lokasi penelitian merupakan morfologi daerah pegunungan dengan kemiringan lereng berkisar antara 70° hingga 85° (derajat). Kondisi geologi permukaan daerah penyelidikan berupa endapan aluvium hasil pelapukan batuan yang terdiri dari tuff berwarna coklat kekuningan. Satuan ini bersifat lepas dan belum terjadinya litifikasi. Singkapan batuan dasar terlihat pada lereng yang telah mengalami pemotongan lereng berupa breksi tuff hingga breksi vulkanik dengan tingkat pelapukan sedang.

2. Simulasi Numeris

Untuk membuat sebuah model numeris dengan *software plaxis* diperlukan adanya perlapisan tanah/batuan dasar, geometri lereng serta parameter *input* model. Geometri lereng dibuat berdasarkan *cross section* hasil topografi, sedangkan perlapisan tanah/batuan dari hasil pembaran lapangan dan uji laboratorium. Untuk parameter *input* model dengan memperhatikan deskripsi jenis tanah hasil uji lapangan dan laboratorium.

Untuk mengetahui stabilitas dan deformasi lereng, maka dilakukan beberapa simulasi berikut:

- 1) Simulasi sebelum pemotongan lereng
- 2) Simulasi lereng kondisi eksisting

3. Simulasi sebelum pemotongan lereng

Perilaku lereng dan tanah dasar yang menerima beban dapat di analisis dan dievaluasi dengan menggunakan konsep dari metode elemen hingga. Salah satu alat bantu untuk memudahkan perhitungan dengan metode elemen hingga, yaitu menggunakan program komputer Plaxis. Analisis secara numeris dengan Plaxis dapat menghitung besarnya perpindahan (*displacement*), distribusi tegangan-regangan pada lereng lapisan tanah dasar. Pada penelitian ini, lereng dimodelkan secara dua dimensi (*plane strain*) dengan perilaku material tanah menggunakan model Mohr-Coulomb (*elastic-perfectly plastic*).

Model Mohr-Coulomb merupakan suatu *constitutive* model yang digunakan untuk menganalisa perilaku lereng dan tanah dasar akibat beban statis yang bekerja. Parameter input tanah dasar hasil pengujian laboratorium dan parameter lainnya, seperti **Tabel 1**. Kondisi tanah di lapangan pada umumnya sangat kompleks dengan tingkat heterogenitas, anisotropis maupun perilaku tanah dan kondisi lingkungan, seperti muka air tanah dan

curah hujan. Sementara itu model numeris cukup sulit mengakomodasi berbagai hal tersebut secara detail sehingga perlu dilakukan penyederhanaan supaya mendekati kondisi kenyataan.

Tabel 1. Parameter input simulasi numeris

No.	Jenis Material	Tipe	$\gamma_{unsat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$k_x, k_y$ (m/hr)	V	E (kN/m <sup>2</sup> )	C (kN/m <sup>2</sup> )	$\phi$ (°)
1	Pasir Berkerkil	Undrained	1,33	1,60	0,1	0,25	50000	17	37
2	Lanau Pasiran	Undrained	1,03	1,29	0,001	0,30	20000	16	35

4. Simulasi lereng kondisi eksisting

Simulasi lereng kondisi eksisting yaitu kondisi dimana lereng telah mengalami pemotongan lereng dan penambahan kenaikan muka air tanah akibat dari meningkatnya curah hujan di daerah penelitian.

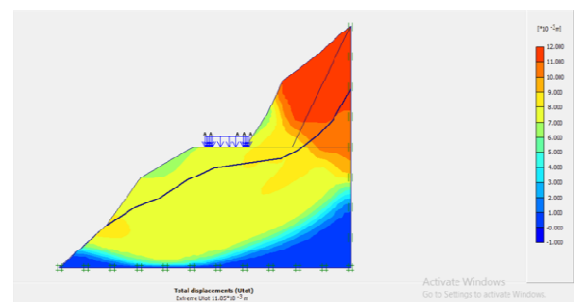
**b. Pembahasan**

1. Perilaku Tegangan-Regangan

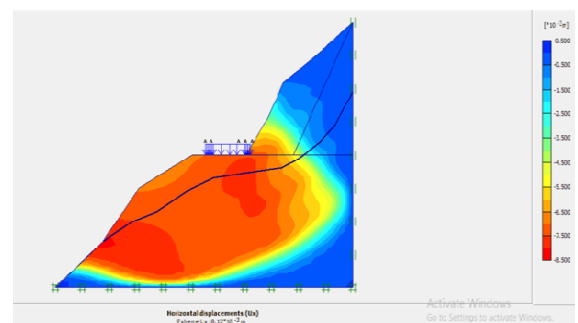
Secara garis besar, simulasi di bagi menjadi 2 (dua) tahap yaitu tahap pertama simulasi kondisi lereng sebelum pemotongan lereng, tahap kedua simulasi terhadap lereng kondisi. Hasil simulasi numeris disajikan dalam bentuk *displacement* berupa *total displacement*, *horizontal vertical displacement*.

Berdasarkan nilai *displacement* akan diketahui perilaku lereng. Dari tampilan *displacement* ini dapat diketahui arah total *displacement* pada lereng, baik *displacement* arah vertikal maupun horizontal.

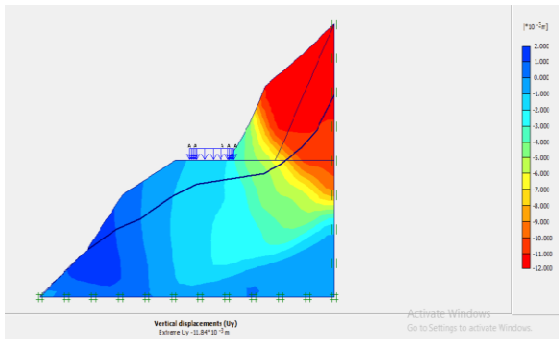
2. Simulasi sebelum pemotongan lereng



Gambar 1. Total *displacement* (total *disp.*=  $11.85 \times 10^{-3}$  m)



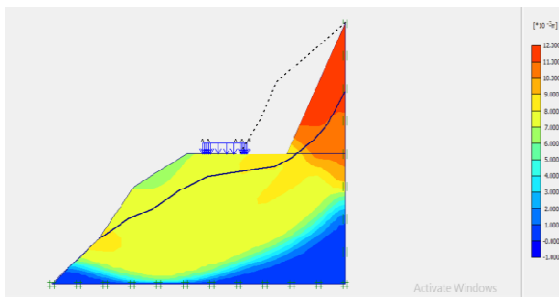
Gambar 2. Horizontal *displacement* (*horizontal disp.*=  $8.12 \times 10^{-3}$  m)



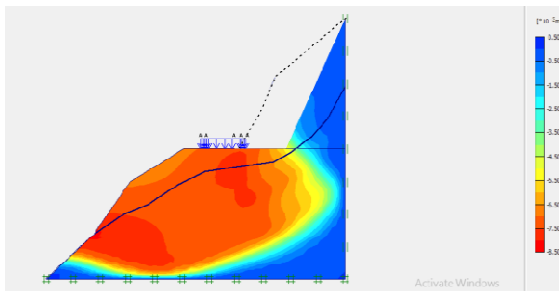
Gambar 3. Vertikal *displacement* (vertical *disp.*=  $11.84 \times 10^{-3}$  m)

3. Simulasi lereng kondisi eksisting

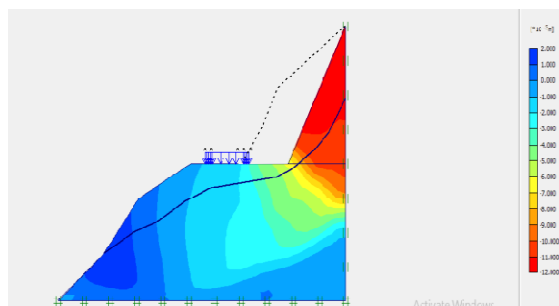
Simulasi lereng kondisi eksisting yaitu kondisi dimana lereng telah mengalami pemotongan lereng dengan adanya kenaikan muka air tanah akibat curah hujan yang tinggi.



Gambar 4. Total *displacement* (total *disp.*=  $11.94 \times 10^{-3}$  m)



Gambar 5. Horizontal *displacement* (horizontal *disp.*=  $8.18 \times 10^{-3}$  m)



Gambar 6. Vertikal *displacement* (vertical *disp.*=  $11.94 \times 10^{-3}$  m)

Tabel 2. Nilai *displacement* masing-masing kondisi

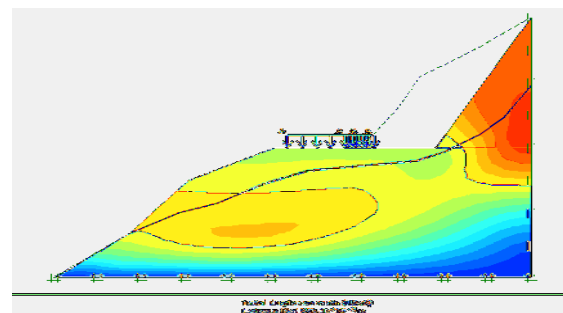
No	Kondisi	Displacement		
		Total	Horizontal	Vertikal
1	Simulasi sebelum pemotongan lereng	$11.85 \times 10^{-3}$	$18.12 \times 10^{-3}$	$11.84 \times 10^{-3}$
2	Simulasi lereng kondisi eksisting	$11.94 \times 10^{-3}$	$8.18 \times 10^{-3}$	$11.94 \times 10^{-3}$

4. Stabilitas Lereng

Berdasarkan hasil simulasi numeris menunjukkan bahwa sebelum pemotongan lereng kondisi lereng tidak stabil, hal ini ditandai dengan angka aman yang kecil yakni  $SF = 1.12$ . Dari pengamatan dilapangan menunjukkan bahwa sebelum terjadi pemotongan lereng, daerah ini termasuk rawan terjadinya longsoran sehingga menimbulkan dampak tertimbunnya jalan raya. Untuk meminimalisir longsoran yang terjadi maka, dilakukan pelebaran jalan raya dengan dilakukan pemotongan lereng. Simulasi numeris untuk mengetahui stabilitas lereng yang telah dipotong dengan melakukan asumsi adanya kenaikan muka air tanah akibat adanya curah hujan, maka diperoleh angka aman  $SF = 1.11$  yang menunjukkan lereng tersebut tidak aman karena nilai angka aman (SF) kurang dari 1.20.

Tabel 3. Nilai angka aman masing-masing

No	Kondisi	Angka aman(SF)
1	Simulasi sebelum pemotongan lereng	1.12
2	Simulasi lereng kondisi eksisting	1.11



Gambar 7. Bidang longsor kondisi eksisting

**PENUTUP****a. Simpulan**

Kesimpulan hasil pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Geomorfologi lokasi penyelidikan merupakan morfologi daerah perbukitan dengan kemiringan lereng antara 70° hingga 85°. Kondisi geologi permukaan berupa endapan aluvium hasil pelapukan batuan yang terdiri dari tuff berwarna coklat kekuningan yang bersifat lepas dan belum terjadi proses litifikasi. Singkapan batuan dasar terlihat pada lereng hasil pemotongan lereng berupa breksi tuff hingga breksi vulkanik dengan pelapukan sedang.
2. Deformasi yang terjadi dari sebelum pemotongan lereng hingga kondisi setelah pemotongan lereng (kondisi eksisting) mengalami penurunan karena adanya kenaikan muka air tanah baik deformasi arah horizontal maupun arah vertikal.
3. Stabilitas lereng sebelum pemotongan dan setelah pemotongan lereng (kondisi eksisting) yang ditandai dengan angka aman (SF) kurang dari 1.20 sehingga lereng tidak aman terhadap longsor. Lereng tidak stabil pada kondisi eksisting karena adanya kenaikan muka air tanah pada musim penghujan.

**b. Saran**

Saran yang diberikan terkait dengan penelitian ini adalah agar kestabilan lereng menjadi stabil (aman) perlu dilakukan pemasangan dinding penahan tanah pada lereng.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Brinkgreve, R. B. J and Vermeer, P. A., 2007, Plaxis Version 7, A. A. Balkema, Rotterdam, Netherland.
- Chang, Y. L. and Huang, T. K., 2005, Slope Stability Analysis using Strength Reduction Technique, Chinese Institute Of Engineering 28, No.2, 231-240. Craig, R. F., 1987, Mekanika Tanah, Erlangga, Jakarta.
- Coduto, Donald, P., 2001, Foundation Design Principles and Practices, Second Edition, Prentice Hall, New Jersey.
- Griffiths, D. V. And Lane, P. A., 1999, Slope stability analysis by Finite elements, Geotechnique 49, No.3, pp.387-403.
- Hardiyatmo, H.C., 2003, Mekanika Tanah II, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C., 2006, Penanganan Tanah Longsor dan Erosi, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Karnawati, D., 2004, Bencana Gerakan Massa Tanah/Batuan di Indonesia, Evaluasi dan Rekomendasi, hal. 9-38, Permasalahan, Kebijakan dan Penanggulangan Bencana Tanah Longsor di Indonesia, P3TPSLK-BPPT dan HSF, Jakarta
- Liu, C., and Evett B. J, 1981, Soil and Foundations, Printice Hall, New Jersey.
- Zienkiwicz, O. C., 1997, The Finite Elemen Methode, Third Edition, Tata McGraw-Hill Publishing Co. Ltd. New Delhi