

STABILITAS DAN DEFORMASI LERENG VILLA SEKEQ GRUPUK DENGAN SIMULASI NUMERIS

oleh :

Sukandi

Teknik Sipil Universitas Pendidikan Mandalika

Email : sukandi.geoteknik@gmail.com

Ni Putu Ety Lismaya Dewi

Teknik Sipil Universitas Pendidikan Mandalika

Email : etylismayadewi@gmail.com

Abstrak: Perkembangan pariwisata di pulau Lombok semakin meningkat seiring dengan di kembangkan Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Mandalika, sehingga banyak dibangun tempat penginapan baik itu hotel maupun villa. Salah satu daerah wisata yang sedang berkembang disekitar KEK yaitu daerah Grupuk. Salah satu kasus gerakan massa tanah, yaitu bangunan Vila Sekeq yang berada di lereng perbukitan dengan kemiringan lereng berkisar antara 60° - 75° yang telah mengalami gejala geologi. Untuk mencegah potensi terjadinya longsoran di lereng Vila Sekeq, maka perlu dilakukan suatu analisis terhadap stabilitas dan deformasinya. Metode yang digunakan yaitu melakukan kajian data laboratorium dan data lapangan hasil *bore log* untuk mendapatkan karakteristik tanah dan batuan. Selanjutnya, data laboratorium dan data lapangan digunakan sebagai parameter *input* dalam simulasi numeris dengan *Plaxis*. Simulasi dilakukan dengan idealisasi 2D pada kondisi *plane strain* dan menggunakan model *Mohr-Coulomb* untuk tanah dasar. Dinding penahan *bore pile* yang memanjang dikaki lereng dengan materialnya di dekati model *linear elastic*. Simulasi numeris dilakukan dalam kondisi sebelum ada villa, kondisi lereng eksisting dan kondisi lereng setelah pemasangan *bore pile*. Model geometri dan perlapisan bawah permukaan berdasarkan stratigrafi perlapisan tanah hasil penyelidikan geoteknik yang terdiri dari lanau pasiran, pasir lanauan, lanau pasiran dan breksi gampingn. Simulasi numeris dengan *Plaxis* menunjukkan deformasi dari kondisi eksisting ke kondisi pemasangan *bore pile* mengalami peningkatan karena *bore pile* menambah beban pada lereng namun peningkatan deformasi tidak terlalu signifikan. Kondisi lereng sebelum ada villa tergolong stabil karena angka aman (SF) 1.3587, selanjutnya stabilitas lereng kondisi eksisting yang ditandai dengan angka aman (SF) 1.1878 sehingga lereng menjadi tidak stabil karena SF kurang dari 1.2. Untuk memperbesar angka aman supaya tidak terjadi longsoran, maka dilakukan pemasangan *bore pile* sedalam 12 meter, setelah pemasangan *bore pile* angka aman (SF) mengalami kenaikan menjadi 1.2154 sehingga lereng menjadi stabil (aman).

Kata kunci: gerakan massa, *bore pile*, simulasi numeris, deformasi, stabilitas

Abstract: The development of tourism on the Lombok Island is increasing along with the development of the Mandalika Special Economic Zone (KEK), so that many homestay are built, both hotels and villas. One of the developing tourist areas around the KEK is the Grupuk area. One of the cases of land mass movement, namely the Sekeq Villa building which is located on a hilly slope with a slope ranging from 60° - 75° which has experienced geological symptoms. To prevent potential landslides on the slopes of Vila Sekeq, it is necessary to carry out an analysis of its stability and deformation. The method used is to study laboratory data and field data resulting from bore logs to obtain soil and rock characteristics. Furthermore, laboratory data and field data are used as input parameters in numerical simulations with *Plaxis*. Simulations were carried out with 2D idealization under plane strain conditions and using the Mohr-

Coulomb model for subgrade. The retaining wall of the bore pile that extends at the foot of the slope with the material is approximated by a linear elastic model. Numerical simulations are carried out in pre-villa conditions, existing slope conditions and slope conditions after bore pile installation. Geometry models and subsurface bedding based on the stratigraphic soil layers resulted from geotechnical investigations consisting of sandy silt, silt, sandy silt and limestone breccias. Numerical simulation with Plaxis shows that the deformation from the existing condition to the bore pile installatio, condition has increased because the bore pile increases the load on the slope but the deformation increase is not too significant. The slope condition before the villa was stable because the safe number (SF) was 1.3587, then the slope stability in the existing condition was marked with a safe number (SF) 1.1878 so that the slope became unstable because SF was less than 1.2. To increase the safe number so that landslides do not occur, deep of bore pile is 12 meter installed, after the installation of the bore pile the safe number (SF) has increased to 1.2154 so that the slope becomes stable (safe).

Keywords: mass movement, bore pile, numerical simulation, deformation, stability

Pendahuluan

Perkembangan pariwisata di pulau Lombok semakin meningkat seiring dengan di kembangkan Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Mandalika, sehingga banyak dibangun tempat penginapan baik itu hotel maupun villa. Salah satu daerah wisata yang sedang berkembang disekitar KEK yaitu daerah Grupuk. Daerah ini semakin berkembang karena banyak dibangun hotel dan vila, baik di daerah yang berdekatan dengan pinggir pantai maupun didaerah perbukitan. Pembangunan hotel atau vila di daerah perbukitan memerlukan pematangan lahan dengan sistem penggalian atau pengurugan. Dampak dari penggalian atau pengurugan memiliki resiko terhadap gerakan massa tanah bila tidak dilakukan dengan perencanaan yang baik.

Gerakan massa tanah pada umumnya disebabkan oleh gaya-gaya gravitasi dan kadang-kadang getaran atau gempa juga menyokong kejadian tersebut. Gerakan massa terjadi akibat adanya keruntuhan geser di sepanjang bidang longsor yang merupakan batas Bergeraknya massa tanah atau batuan. Keruntuhan, umumnya terjadi saat tegangan geser rata-rata di sepanjang

bidang longsor sama dengan kuat geser tanah atau batuan. Akan tetapi, saat terjadi keruntuhan bertahap, longsoran tanah terjadi pada tegangan geser yang kurang dari kuat geser puncaknya.

Salah satu kasus gerakan massa tanah, yaitu bangunan Vila Sekeq yang berada di lereng perbukitan dengan kemiringan lereng berkisar antara 60° - 75° yang telah mengalami gejala geologi, yaitu retakan memanjang pada sisi depan kaki lereng sehingga berpotensi terjadinya longsoran yang akan membahayakan bangunan infrastruktur. Untuk mencegah potensi terjadinya longsoran di lereng Vila Sekeq, maka perlu dilakukan suatu analisis terhadap stabilitas dan deformasinya. Salah satu analisis yang dipakai, yaitu dengan menerapkan metode elemen hingga berupa simulasi numeris. Pada penelitian ini simulasi numeris menggunakan *software* Plaxis untuk menghitung deformasi dan stabilitas dari lereng villa tersebut.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui stabilitas dan deformasi lereng villa dengan simulasi numeris, serta memperoleh sistem penahan tanah agar tidak terjadi longsoran pada bangunan villa.

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. Longsoran merupakan salah satu jenis gerakan tanah/batuan (Karnawati, 2004).

Banyak peristiwa longsoran 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 longsoran. Longsoran sangat jarang terjadi karena salah satu faktor penyebab saja. Adapun sebab-sebab longsoran 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.

Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah merupakan suatu struktur yang didesain untuk menjaga dan mempertahankan agar tidak terjadi longsoran akibat tekanan tanah lateral yang ditimbulkan oleh tanah urugan atau tanah asli yang labil. Bangunan dinding penahan tanah biasa digunakan untuk proyek irigasi, jalan raya, pelabuhan, basement, pangkal jembatan, dan berfungsi sebagai penahan tanah disekitarnya (Hardiyatmo, 2003). Jenis-jenis dinding penahan tanah beraneka ragam, disesuaikan dengan keadaan lapangan dan aplikasi yang akan digunakan. Dinding penahan tanah biasanya dibagi menjadi dua kategori yaitu sistem stabilitas eksternal dan sistem stabilitas internal.

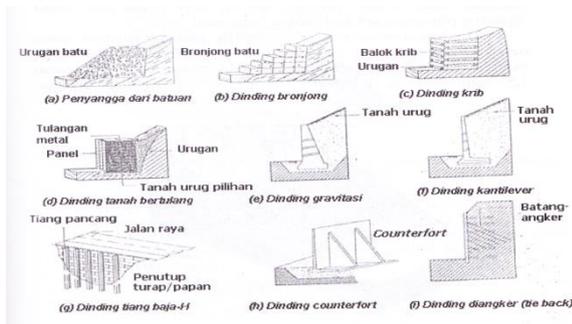
a. Sistem stabilitas eksternal

Sistem stabilitas eksternal adalah sistem dinding penahan tanah yang menahan beban lateral dengan menggunakan berat dan kekakuan struktur. Sistem ini terbagi menjadi dua kategori yaitu dinding gravitasi yang memanfaatkan massa yang besar sebagai dinding penahan tanah dan *In-situ wall* yang mengandalkan kekuatan lentur sebagai dinding penahan tanah.

b. Sistem stabilitas internal

Sistem stabilitas internal merupakan sistem yang memperkuat tanah untuk mencapai

kestabilan yang dibutuhkan. Sistem ini dibagi menjadi dua kategori yaitu *reinforced soil* dan *in-situ reinforcement*. *Reinforced soil* merupakan sistem yang menambah material perkuatan saat tanah diurug, sedangkan *in-situ reinforcement* merupakan sistem yang menambah material perkuatan dengan cara dimasukkan ke dalam tanah. Dinding penahan sudah banyak diaplikasikan untuk pekerjaan yang berkaitan dengan jalan raya, jalan kereta api, jembatan perumahan dan lain-lain.



Gambar 1. Macam-macam struktur dinding penahan tanah (Hardiyatmo, 2006)

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 longsoran 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 ϕ' 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).

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 (Griffieths,1999). Parameter Mohr-Coulomb, yaitu modulus elastisitas (E) dan *Poisson ratio* (ν) yang mewakili elastisitas tanah, kohesi (c) dan sudut gesek dalam (φ) mewakili plastisitas tanah dan sudut *dilatancy* (ψ).

Metodologi Penelitian

Lokasi penelitian adalah Vila Sekeq Grupuk Desa Sengkol Kecamatan Pujut Kabupaten Lombok Tengah 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 *Plaxis*. Simulasi dilakukan dengan idealisasi 2D pada kondisi *plane strain* dengan model Mohr-Coulomb untuk tanah dasar. Dinding penahan berupa beton bertulang (*borepile*) yang memanjang dikaki lereng dengan materialnya di dekati model *linear elastic*.

Geologi Daerah Penyelidikan

Geomorfologi lokasi penyelidikan merupakan morfologi daerah perbukitan dengan kemiringan lereng berkisar antara 60° hingga 75° (derajat). Kondisi geologi permukaan daerah penyelidikan berupa endapan aluvium hasil pelapukan batuan yang terdiri dari lanau pasiran berwarna coklat putih kekuningan. Satuan ini bersifat lepas dan belum terjadinya proses litifikasi. Lanau ukuran 0.002 – 0.06 mm dan pasir ukuran 0.20 – 2.0 mm. Singkapan batuan dasar hanya terlihat pada tebing hasil pemotongan lereng berupa batuan gamping dengan pelapukan sedang (grade III : kurang dari 30% batuan telah lapuk

menjadi tanah) hingga pelapukan tinggi (grade IV : Lebih dari 30% batuan telah lapuk jadi tanah). Struktur geologi tidak dijumpai dilokasi penyelidikan.

Penyelidikan Geoteknik

Penyelidikan geoteknik dilakukan guna mendapatkan data dan gambaran mengenai keadaan, jenis dan sifat-sifat tanah di lokasi penyelidikan yang meliputi pengambilan contoh tanah (*core sampling*), pengujian daya dukung standard (*Standard Penetration Test*) dan pengamatan muka air tanah. Hasil penyelidikan geoteknik berupa bore log seperti pada **Tabel 1**.

Penyelidikan geoteknik dilakukan di kaki lereng di bawah bangunan vila yang akan di jadikan posisi tempat akan di bangun penahan tanah berupa *bore pile*.



Gambar 2. Lokasi penyelidikan geoteknik (Anonim, 2018)

Hasil Uji Laboratorium

Setelah penyelidikan lapangan selesai dilakukan, maka selanjutnya dilakukan pengujian laboratorium untuk mendapatkan sifat fisik dan sifat mekanik sehingga bisa digunakan untuk keperluan analisis secara numeris. Rekapitulasi hasil uji laboratorium seperti dalam **Tabel 2** dan **Tabel 3**.

Tabel 1. hasil penyelidikan geoteknik

Kedalaman (m)	Litologi	Nilai NSPT	Kategori Kepadatan/konsistensi
0.0 – 1.6	Lanau pasiran		Kons.rendah
1.60 – 2.0	Pasir Lanauan		Rendah
2.0 – 4.0	Pasir Lanauan	8	Rendah

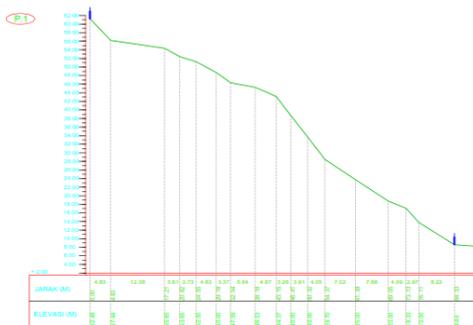
Kedalaman (m)	Litologi	Nilai NSPT	Kategori Kepadatan/konsistensi
4.0 – 6.0	Pasir Lanauan	11	Sedang
6.0 – 7.50	Pasir Lanauan	13	Sedang
7.50 – 8.0	Lanau pasiran		Kons. sangat kaku
8.0 – 8.70	Lanau pasiran	>50	Kons. keras
8.70 – 10.0	Breksi Gampingan		Sangat padat
10.0 – 12.0	Breksi Gampingan	>50	Sangat padat
12.0 – 14.0	Breksi Gampingan	>50	Sangat padat
14.0 – 15.0	Breksi Gampingan	>50	Sangat padat
> 15.0	Breksi Gampingan		Sangat padat

Tabel 2. Rekapitulasi hasil pengujian

Titik Pengujian	BH-1	BH-1
Kode Sampel	Sampel BH-1	Sampel BH-1
Jenis Material	Undisturbed	Undisturbed
Lokasi pengambilan	Site Vila Sekeq	Site Vila Sekeq
Kedalaman	5.0 - 6.0 m	7.0 - 8.0 m
1. Kadar air lapangan %	30.98	26.61
2. Berat isi basah lapangan gr/cm ³	1.56	1.37
3. Berat isi kering lapangan gr/cm ³	1.19	1.08
4. Berat jenis (Lapangan)		
* berat jenis	2.33	2.29
* angka pori	1.00	1.1
* porositas	0.49	0.53
* derajat kejenuhan %	75.58	54.51
8. Kuat geser Tanah - SAMPLE UDS		
* Sudut geser (°) Deg	28	30.07
* Kohesi gr/cm ³	1.650	1.750

Tabel 3. Rekapitulasi hasil pengujian

Titik Pengujian	BH-1	BH-1
Kode Sampel	Sampel BH-1	Sampel BH-1
Jenis Material	Undisturbed	Undisturbed
Lokasi pengambilan	Site Vila Sekeq	Site Vila Sekeq
Kedalaman	10.0 - 11.0 m	14.0 - 15.0 m
1. Kadar air lapangan %	12.43	37.69
2. Berat isi basah lapangan gr/cm ³	1.50	1.58
3. Berat isi kering lapangan gr/cm ³	1.34	1.15
4. Berat jenis (Lapangan)		
* berat jenis	2.47	2.33
* angka pori	0.90	1
* porositas	0.47	0.51
* derajat kejenuhan %	36.01	85.28
8. Kuat geser Tanah - SAMPLE UDS		
* Sudut geser (°) Deg	28	33
* Kohesi gr/cm ³	1.650	2.050



Gambar 3. Model cross section lereng sebelum ada bangunan villa

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 pemboran lapangan dan uji laboratorium. Untuk parameter *input* model dengan memperhatikan deskripsi jenis tanah hasil uji lapangan dan laboratorium.

Untuk mengetahui perilaku pergerakan dinding penahan tanah dan tanah/batuan dasar, maka dilakukan beberapa simulasi berikut:

- a. Simulasi sebelum ada bangunan vila
- b. Simulasi lereng kondisi eksisting
- c. Simulasi lereng setelah pemasangan penahan tanah *bore pile*

a. Simulasi sebelum ada bangunan
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 4. Kondisi tanah di lapangan pada umumnya sangat kompleks dengan tingkat heterogenitas, anisotropis maupun perilaku tanah dan kondisi lingkungan, seperti muka air tanah, curah hujan dan sebagainya. Sementara itu model numeris cukup sulit mengakomodasi berbagai hal tersebut secara detail sehingga perlu dilakukan penyederhanaan supaya mendekati kondisi kenyataan. Parameter

input tanah dasar dari hasil pengujian laboratorium seperti **Tabel 4**.

Beberapa asumsi yang digunakan dalam pemodelan adalah:

1. Material tanah dasar untuk setiap lapisan adalah homogen dan isotropis.
2. Kedalaman muka air tanah berada sangat dalam sehingga tidak diperhitungkan.

Tabel 4. Parameter input simulasi

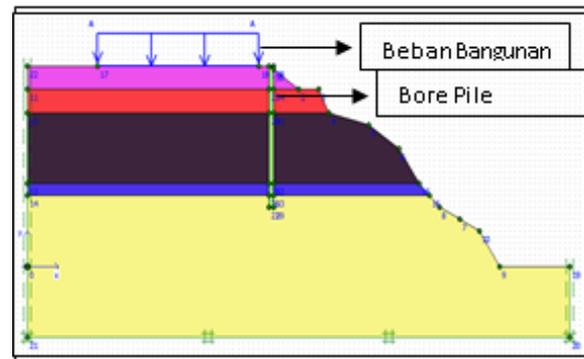
No.	Jenis Material	Type	γ unsat (kN/m ³)	γ sat (kN/m ³)	kx, ky (m/hr)	ν	E (kN/m ³)	c (kN/m ³)	ϕ (°)
1	Timbunan	Undrained	16.5	17.5	0.02	0.25	30000	18	27.5
2	Lanau Pasiran	Undrained	11.9	15.6	0.001	0.28	12500	16.5	28
3	Pasir Lanauan	Undrained	10.8	13.7	0.2	0.27	20000	17.5	30.07
4	Lanau Pasiran	Undrained	13.4	15	0.001	0.28	12500	16.5	28
5	Breksi Gampingan	Undrained	11.5	15.8	0.02	0.2	50000	20.5	33
6	Pile	Undrained	22	23	0.0001	0.15	100000		

b. Simulasi lereng kondisi eksisting

Untuk mengetahui pengaruh penambahan beban bangunan vila pada lereng. Dengan menambahkan beban bangunan maka diketahui apakah lereng dalam keadaan stabil atau tidak stabil. Simulasi ini merupakan kondisi eksisting,

c. Simulasi lereng setelah pemasangan bore pile

Pemasangan bore pile bertujuan untuk meningkatkan angka aman pada lereng sehingga lereng stabil dan terhindar dari terjadinya longsor. Untuk mengetahui apakah angka aman lereng meningkat atau menurun setelah dipasangkan *bore pile* dapat dibuktikan pada saat simulasi dengan program Plaxis 2D.



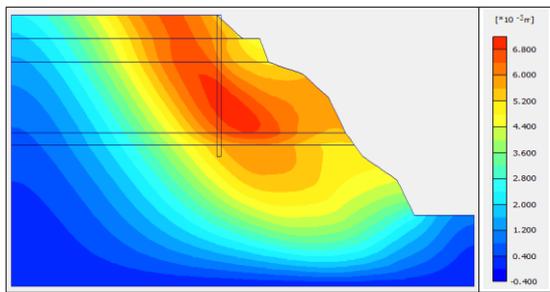
Gambar 4. Ilustrasi Beban Bangunan dan bore Pile

Perilaku Tegangan-Regangan

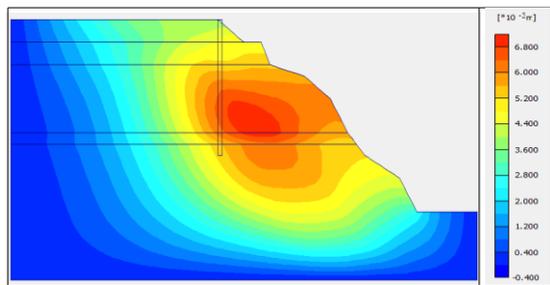
Secara garis besar, simulasi di bagi menjadi 3 (tiga) tahap yaitu tahap pertama simulasi kondisi lereng sebelum ada bangunan vila, tahap kedua simulasi terhadap lereng kondisi eksisting dan tahap ketiga berupa pemasangan *bore pile*. Hasil simulasi numeris disajikan dalam bentuk *displacement* berupa *total displacement*, *horizontal displacement* dan *vertical displacement*.

Berdasarkan nilai *displacement* akan diketahui perilaku lereng dan tanah dasar, pengamatan di lapangan menunjukkan lereng mengalami gejala geologi, yaitu retakan memanjang dan terdapat bangunan vila di atasnya sehingga berpotensi untuk terjadinya longsor. Oleh karena itu untuk menjaga stabilitas lereng tetap stabil maka perlu dilakukan pemasangan *bore pile*. Dari tampilan *displacement* ini dapat diketahui arah total *displacement* pada lereng dan tanah dasar, baik *displacement* arah vertikal maupun horizontal.

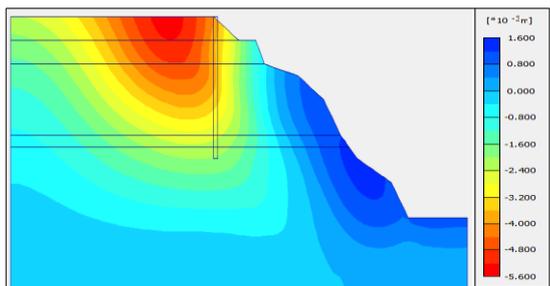
Kondisi Lereng Sebelum ada Vila



Gambar 5. Total *displacement* (total $disp.= 7.06 \times 10^{-3}$ m)



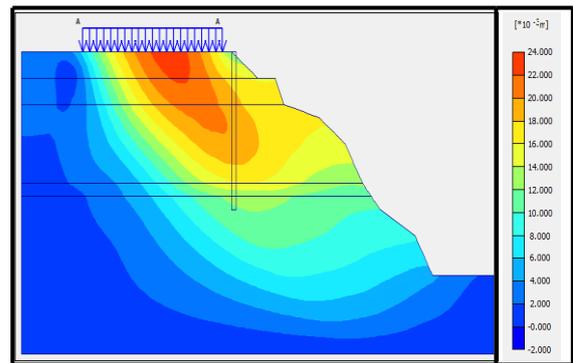
Gambar 6. Horizontal *displacement* (horizontal $disp.= 6.70 \times 10^{-3}$ m)



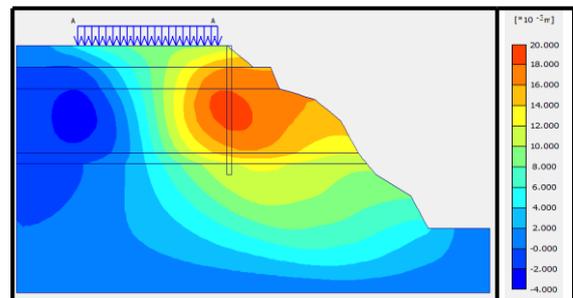
Gambar 7. Vertikal *displacement* (vertical $disp.= 5.36 \times 10^{-3}$ m)

Simulasi terhadap lereng kondisi eksisting

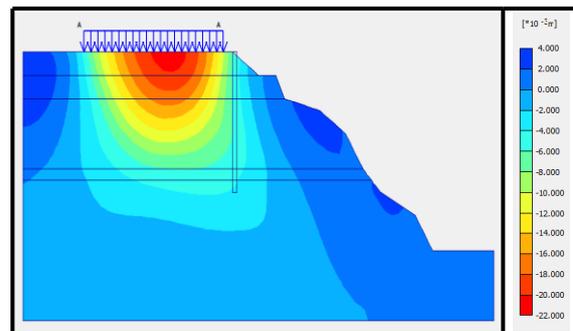
Simulasi terhadap lereng kondisi eksisting yaitu kondisi dimana lereng terdapat bangunan vila. Beban bangunan villa senilai 50 kN/m², dengan adanya bangunan vila tersebut akan diketahui deformasi dan angka keamanan dari lereng. Model total deformasi lereng kondisi eksisting seperti pada Gambar 8.



Gambar 8. Total *displacement* (total $disp.= 22.96 \times 10^{-3}$ m)



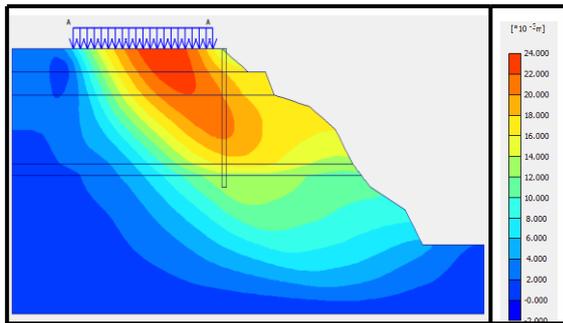
Gambar 10. Horizontal *displacement* (horizontal $disp.= 18.82 \times 10^{-3}$ m)



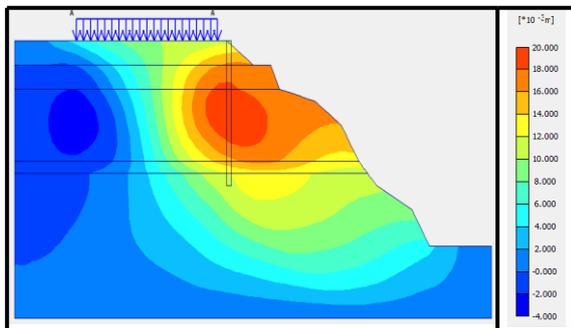
Gambar 11. Vertikal *displacement* (vertical $disp.= 20.94 \times 10^{-3}$ m)

Kondisi Lereng dengan Pemasangan Bore Pile

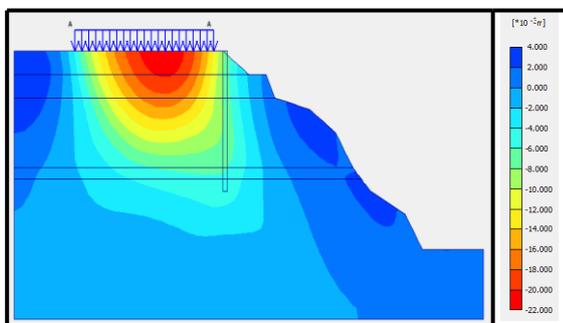
Simulasi terhadap lereng dengan pemasangan *bore pile* dengan kedalaman 12 m untuk menahan pergerakan lereng yang mendapat tekanan beban bangunan vila di atasnya. *Bore pile* diharapkan mampu meminimalisir terjadinya pergerakan lereng pada lereng vila.



Gambar 12. Total *displacement* (total *disp.*= 23.81×10^{-3} m)



Gambar 13. Horizontal *displacement* (horizontal *disp.*= 19.39×10^{-3} m)



Gambar 14. Vertikal *displacement* (vertical *disp.*= 21.53×10^{-3} m)

Tabel 5. Nilai *displacement* masing-masing kondisi

No	Kondisi	Displacement		
		Total	Horizontal	Vertikal
1	Kondisi sebelum ada vila	7.06×10^{-3}	6.70×10^{-3}	5.36×10^{-3}
2	Kondisi lereng eksisting	22.96×10^{-3}	18.82×10^{-3}	20.94×10^{-3}
3	Kondisi lereng pemasangan <i>bore pile</i>	23.81×10^{-3}	19.39×10^{-3}	21.53×10^{-3}

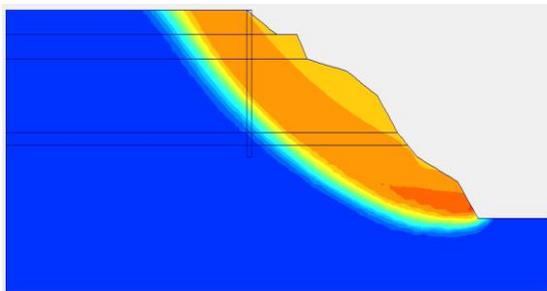
Analisis Stabilitas Lereng Secara Numeris

Berdasarkan hasil simulasi numeris menunjukkan bahwa lereng sebelum ada vila tergolong stabil, hal ini ditandai dengan angka aman yang cukup besar yakni $SF = 1,3587$. Pengamatan dilapangan menunjukkan bahwa lereng mengalami gejala geologi, yaitu retakan memanjang dan diatas lereng terdapat bangunan sehingga lereng dianggap berpotensi untuk terjadi longsor. Maka dilakukan simulasi dengan pengaruh beban bangunan dimana nilai beban bangunan yang diberikan terhadap lereng adalah 50 kN/m^2 sehingga lereng menjadi tidak stabil ini dibuktikan dengan angka aman yang cukup kecil yakni $SF = 1,1878$. Untuk memperbesar angka aman lereng supaya stabilitas lereng tetap terjaga dari longsor, maka dilakukan pemasangan *bore pile* terhadap lereng yang mengalami retakan memanjang. Dengan sistem pemasangan *bore pile* diharapkan dapat meningkatkan angka keamanan lereng. Dari hasil simulasi numeris setelah pemasangan *bore pile*, nilai angka aman mengalami peningkatan sebesar 1,2154. Nilai angka aman tersebut lebih dari 1,2 sehingga lereng

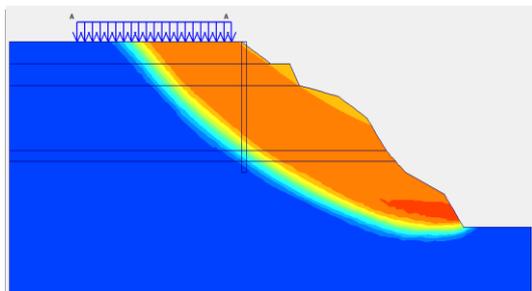
tersebut menjadi stabil. Nilai angka aman lereng seperti dalam **Tabel 6**.

Tabel. 6. Nilai angka aman masing-masing kondisi

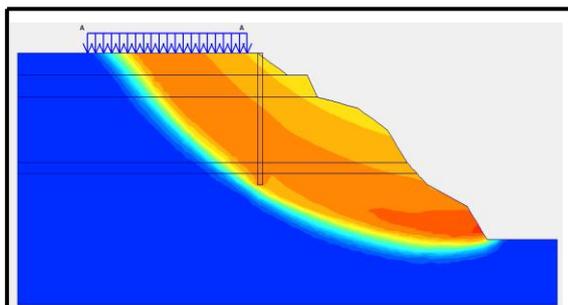
No	Kondisi	Angka aman(SF)
1	Kondisi sebelum ada vila	1.3587
2	Kondisi lereng eksisting	1.1878
3	Kondisi lereng pemasangan <i>bore pile</i>	1.2154



Gambar 15. Kondisi sebelum ada vila (SF = 1.3587)



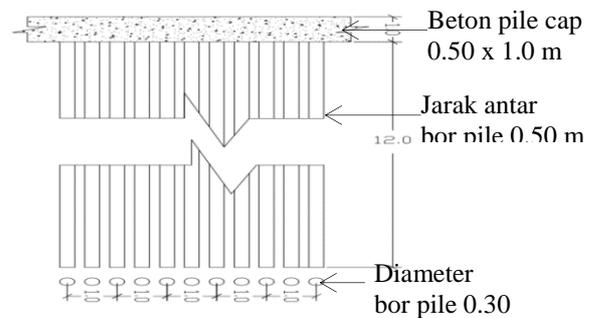
Gambar 16. Kondisi lereng eksisting (SF = 1.1878)



Gambar 17. Kondisi lereng pemasangan *bore pile* (SF = 1.2154)

Model Desain *Bore Pile*

Setelah dilakukan simulasi numeris untuk mengetahui kestabilan dan deformasi lereng vila, maka selanjutnya dilakukan desain model dari *bore pile* untuk di pasangkan di kaki lereng sepanjang bidang longsor. Model desain *bore pile* seperti pada **Gambar 18**.



Gambar 18. Desain model *bore pile*

Hasil simulasi numeris dengan plaxis menunjukkan bahwa dengan diameter *bore pile* 0.3 m dan kedalaman 12.0 m mampu meningkatkan kestabilan lereng menjadi 1.2154 sehingga lereng vila tersebut menjadi aman karena melebihi syarat SF >1.20. Sedangkan deformasi lereng vila mengalami peningkatan baik itu total, vertikal maupun deformasi horizontal. Peningkatan deformasi ini disebabkan karena berat dari *bore pile* menambah beban pada lereng vila.

Kesimpulan

Kesimpulan hasil pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Deformasi lereng vila mengalami peningkatan setelah pemasangan *bore pile* karena *bore pile* menambah beban lereng vila namun peningkatan deformasi tidak terlalu signifikan.
2. Pemasangan dinding *bore pile* sepanjang kaki lereng vila mampu meningkatkan stabilitas lereng dengan angka aman (SF) 1.2154 sehingga lereng menjadi

stabil (aman) karena melebihi syarat SF
>1.20

Daftar Pustaka

- Anonim, 2018, Laporan Penyelidikan Geoteknik Perencanaan Pembangunan Dinding Penahan *Bore Pile* Villa Sekeq, CV. Rekayasa Bumi Karya.
- 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.
- Griffieths, 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 Element Methode, Third Edition, Tata McGraw-Hill Publishing Co. Ltd. New Delhi.

