

EVALUASI PERGERAKAN DINDING PENAHAN TANAH DENGAN SIMULASI NUMERIS (STUDI KASUS LONGSORAN DINDING PENAHAN TANAH VILLA THE HILL SENGGIGI)

Oleh :

Sukandi¹, Gusti Ayu Esty Windhari², Yusuf Palimbong²

¹Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Nusa Tenggara Barat

²Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Nusa Tenggara Barat

Abstract: Perkembangan dunia pariwisata di pulau Lombok semakin berkembang dengan pesat sehingga banyak dibangun hotel dan vila, baik yang berdekatan dengan pinggir pantai maupun di perbukitan. Pembangunan hotel dan vila di perbukitan memerlukan pematangan lahan dengan sistem penggalian dan pengurugan, seperti pembangunan *Villa the Hill* yang berada di lereng dengan kemiringan lereng 70° (derajat). Tanah hasil pemotongan lereng kemudian dipindahkan ke tempat yang lebih rendah sebagai urugan. Supaya tanah urugan tidak mengalami longsor, maka dibangun dinding penahan tanah berupa dinding gravitasi dari pasangan batu. Namun, setelah dibangun dinding penahan tanah mengalami kelongsoran ke arah lokasi vila atau hotel yang berada dibawah lereng. Metode yang dipakai untuk mengevaluasi pergerakan dinding penahan tanah dalam penelitian ini adalah survey lapangan untuk mendapatkan karakteristik tanah/batuan disekitar lokasi penelitian. Selanjutnya, material tanah/batuan yang diperoleh dari hasil survey geoteknik dilakukan uji laboratorium 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 berupa pasangan batu dengan materialnya didekati model *linear elastic*. Simulasi numeris dilakukan dalam tiga kondisi, yaitu kondisi eksisting, kondisi *redesign* dan kondisi *redesign* dengan penambahan beban gempa. Stratigrafi per lapisan tanah sebagai model digunakan hasil penyelidikan geoteknik yang terdiri dari lanau pasir, pasir lanauan, dan breksi vulkanik dengan nilai NSPT > 50. Simulasi numeris dengan *Plaxis* menunjukkan perubahan deformasi dinding penahan tanah dan tanah dasar dari kondisi eksisting ke kondisi *redesign*, namun perubahan deformasi tidak terlalu signifikan, deformasi menjadi lebih besar setelah penambahan beban gempa baik arah horizontal maupun arah vertikal. Stabilitas dinding penahan tanah kondisi eksisting yang ditandai dengan angka aman $SF = 1.1665$ sehingga dinding penahan menjadi tidak stabil (terjadi longsor) karena SF kurang dari 1.2. Untuk memperbesar angka aman supaya tidak terjadi longsor, maka dilakukan *redesign* dengan pemasangan pondasi *bore pile*. Pada kondisi *redesign*, nilai angka aman meningkat sebesar 1.2094. Nilai angka aman tersebut lebih dari 1.2 sehingga konstruksi dinding penahan tanah tersebut menjadi stabil. Untuk mengetahui keamanan dinding penahan tanah dari pengaruh gempa, maka dilakukan penambahan beban gempa dengan PGA sebesar 0.2829g. Pemberian beban gempa pada kondisi *redesign* masih dalam kondisi stabil karena nilai angka aman 1.2082.

Keywords: dinding penahan tanah, simulasi numeris, deformasi, stabilitas

PENDAHULUAN

Perkembangan pariwisata di pulau Lombok semakin meningkat seiring dengan banyaknya wisatawan lokal maupun mancanegara yang berkunjung untuk berwisata. Salah satu daerah wisata yang paling terkenal di Lombok yaitu Senggigi. Daerah ini semakin berkembang dengan pesat sehingga banyak dibangun hotel dan vila, baik di daerah yang berdekatan dengan pinggir pantai maupun didaerah perbukitan. Pembangunan hotel dan vila di daerah perbukitan memerlukan pematangan lahan dengan sistem penggalian dan pengurugan. Dampak dari penggalian dan pengurugan terkadang mempunyai resiko terhadap

longsor bila tidak dilakukan dengan sistem perencanaan yang baik.

Sebagai salah satu kasus, yaitu pembangunan *Vila the Hill* yang berada di lereng perbukitan dengan kemiringan lereng 70° (derajat). Di bawah lereng juga akan dibangun hotel dan vila serta terdapat jalan raya yang menghubungkan antara kota Mataram dengan Senggigi. Jalan raya ini merupakan akses satu-satunya menuju Senggigi. Dalam pelaksanaan pembangunan vila dilakukan dengan cara pemotongan (*cut*) lereng dan penimbunan (*fill*) untuk mendapatkan lahan yang luas. Tanah hasil pemotongan lereng selanjutnya

dipindahkan ke tempat yang lebih rendah sebagai timbunan. Untuk menahan tanah timbunan tidak mengalami longsor maka dibangun suatu dinding penahan tanah. Dinding penahan tanah merupakan suatu struktur yang didesain untuk menjaga dan pertahankan dua muka elevasi tanah yang berbeda (Coduto, 2001). Jadi, dinding penahan tanah digunakan untuk menahan tekanan tanah lateral yang ditimbulkan oleh dorongan tanah urugan atau tanah asli labil yang berada di belakang dinding penahan tanah.

Jenis dinding penahan tanah yang dipakai untuk menahan tekanan lateral di belakangnya, yaitu dinding gravitasi dari pasangan batu. Tinggi dari dinding penahan, yaitu 3.0 (enam) meter yang berada pada lapisan breksi vulkanik yang telah mengalami pelapukan. Dinding penahan tanah yang dibangun telah dirancang supaya mampu menahan geseran, penggulingan dan keruntuhan kapasitas dukung tanah. Namun, setelah dibangun dinding penahan tanah tersebut mengalami keruntuhan atau longsoran ke arah lokasi vila atau hotel yang berada dibawahnya.

Untuk menanggulangi longsoran yang telah terjadi dan mencegah terjadi longsoran susulan pada dinding penahan tanah tersebut, maka perlu dilakukan suatu evaluasi terhadap stabilitas dan deformasinya. Salah satu evaluasi 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 dinding penahan tanah tersebut.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui penyebab terjadi longsoran pada dinding penahan tanah dan memperoleh sistem dinding penahan tanah yang tepat dan efisien agar tidak terjadi longsoran susulan

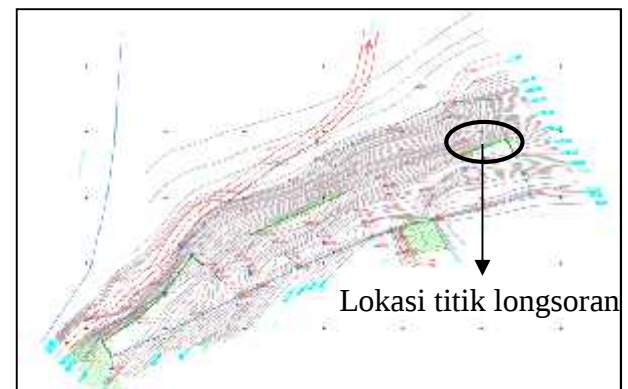
METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian adalah *Vila the Hill* Batu Layar Senggigi Kabupaten Lombok Barat Nusa Tenggara Barat, yaitu Dinding penahan tanah yang telah mengalami longsoran. Metode yang digunakan adalah survey lapangan berupa penyelidikan geoteknik dan pengukuran topografi, melakukan kajian dan analisis data sekunder, serta melakukan uji laboratorium untuk memperoleh sifat fisik dan mekanik. Data-data yang telah diperoleh selanjutnya dipakai sebagai parameter *input* dalam perhitungan analitis maupun simulasi dengan *Plaxis*. Simulasi dilakukan pada kondisi *plane strain* dengan model *Mohr-Coulomb* untuk tanah dasar, sedangkan dinding penahan tanah didekati dengan model linear elastis. Model dinding penahan tanah yang dipakai dalam simulasi adalah kondisi eksisting dengan simulasi akibat beban statis dan gempa, serta kondisi redesain.

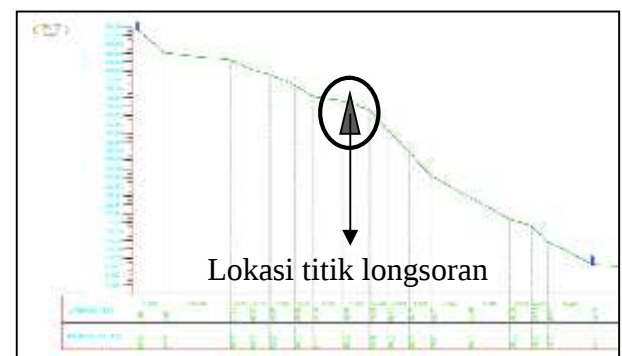
HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Kondisi Geoteknik Tanah

Hasil yang telah dicapai dalam penelitian ini berupa peta situasi berupa peta topografi yang diperoleh dari hasil pengukuran topografi dengan menggunakan alat theodolit. Dari hasil pengukuran topografi akan terlihat bentuk permukaan tanah yang berupa elevasi ketinggian dan lokasi titik longsoran seperti Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Posisi titik longsoran dinding penahan tanah



Gambar 2. Posisi titik longsoran dinding penahan tanah

Selanjutnya, melakukan penyelidikan geoteknik untuk mengetahui kondisi bawah permukaan, dari survey ini dapat diketahui jenis tanah dan batuan, serta tingkat kekerasan tanah dan batuan berdasarkan nilai uji SPT.

Penyelidikan geoteknik ini dilakukan hingga kedalaman 10.0 meter dibawah permukaan tanah. Lapisan stratigrafi terdiri dari tanah lanau pasirian kedalaman 0.0-1.0 m, lapisan pasir lanauan kedalaman 1.0-2.80 m, selanjutnya dialasi oleh batuan sedimen jenis breksi vulkanik kedalaman 2.80-10.0 m dengan nilai N-SPT sebesar >50.

b. Simulasi Numeris Dinding Penahan Tanah Kondisi Eksisting

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. Dinding penahan tanah di desain dengan ketinggian 3.0 m dan kemiringan lereng 1:1.25 (H:V). 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:

1. Simulasi terhadap dinding penahan tanah kondisi eksisting, yaitu kondisi dinding penahan tanah saat ini di lapangan
2. Simulasi terhadap dinding penahan tanah hasil *redesign*
3. Simulasi pengaruh beban gempa, penambahan beban gempa dilakukan terhadap dinding penahan tanah hasil *redesign*.

c. Simulasi model dinding penahan tanah kondisi eksisting

Perilaku dinding penahan tanah 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 dinding penahan tanah lapisan tanah dasar. Pada penelitian ini, dinding penahan tanah dimodelkan secara dua dimensi (*plane strain*) dengan perilaku material tanah menggunakan model Mohr-Coulomb (*elastic-perfectly plastic*).

Dinding penahan tanah kondisi eksisting bertumpu pada lapisan tanah dasar dengan tinggi 3.0 meter dari permukaan tanah dan kemiringan 1:1.25 (H:V). Perlapisan tanah dasar tersusun oleh 3 (tiga) lapisan dengan material tanah yang berbeda. Parameter *input* tanah dasar dari hasil pengujian laboratorium seperti Tabel 1.

Tabel 1. Parameter *input* simulasi

No	Jenis material	γ_{sat} (kN/m ³)	γ_{dry} (kN/m ³)	E_{s0} (MN)	μ	c (kN/m ²)	ϕ (°)
1	Timbunan	16.660	18.950	0.20	0.50	10.000	15.00
2	Pasir halus	16.660	18.950	0.20	0.50	10.000	15.00
3	Reksi lapuk	17.76	19.570	2.0×10^{-1}	0.25	50.000	11.00
4	Reksi vulkanik	20.00	22.00	2.0×10^{-1}	0.25	100.000	25.00
5	Pasir kasar	23.00	24.00	5.0×10^{-2}	0.20	100.000	-
6	Batu	21.00	21.00	1.1×10^4	0.20	200.000	-

Beberapa asumsi yang digunakan dalam pemodelan adalah:

1. Konstruksi dinding penahan tanah diidealisasikan sebagai *plane strain*
2. Material tanah dasar untuk setiap lapisan adalah homogen dan isotropis.
3. Kedalaman muka air tanah berada sangat dalam sehingga tidak diperhitungkan.

Pemasangan dinding penahan dilakukan setelah pemotongan lereng, parameter *input* material dinding penahan tanah merupakan nilai pendekatan dengan model *linear elastic*, hal ini karena keterbatasan data untuk jenis material dinding penahan tanah.

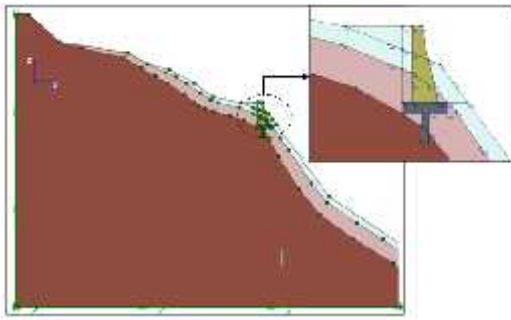
d. Simulasi terhadap dinding penahan tanah hasil *redesign*

Simulasi ini dilakukan untuk mengetahui *displacement* yang terjadi pada dinding penahan tanah setelah *redesain* dengan pemasangan pondasi *bore pile*. Model yang digunakan dalam simulasi ini adalah dinding penahan tanah setelah dilakukan perubahan desain dengan kondisi perlapisan tanah dasar dan parameter input masih tetap sama dengan kondisi eksisting.

e. Simulasi pengaruh beban gempa

Penambahan beban gempa dilakukan terhadap dinding penahan tanah hasil *redesign*, sehingga dapat mengetahui perilaku deformasi dinding penahan tanah dan tanah dasar. Gaya akibat gempa merupakan sebuah beban yang bersifat sementara yang dikategorikan sebagai kejadian khusus dan luar biasa, dimana dampak yang ditimbulkan bisa tidak berpengaruh sampai memberikan efek kerusakan.

Simulasi ini dilakukan menggunakan data USGS dengan pemilihan berdasarkan besaran percepatan puncak batuan dasar (*peak ground acceleration*; PGA) yang mirip dengan wilayah zona gempa daerah penelitian. Untuk wilayah zona gempa daerah penelitian masuk ke dalam wilayah zona VI dengan percepatan puncak batuan dasar (PGA) sebesar 0.25g – 0.30g (Kementerian Pekerjaan Umum, 2010). Data gempa yang digunakan berdasarkan file spektrum gempa dengan PGA sebesar 0.2829g atau 282.9 cm/detik² dan durasi 4 detik. Durasi percepatan selama 4 detik tersebut meskipun singkat sudah mempunyai siklus percepatan dan dianggap dapat menunjukkan indikasi pengaruh gempa.



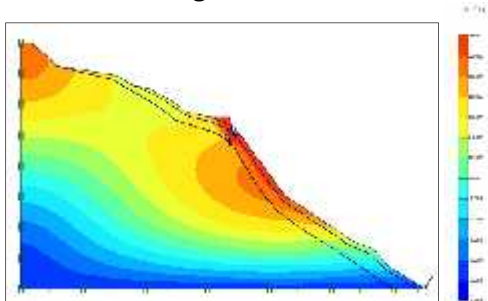
Gambar 3. Model dinding penahan tanah dan tanah dasar

PEMBAHASAN

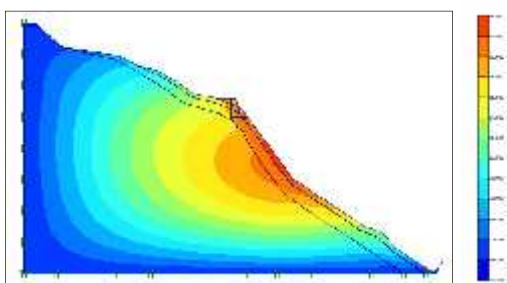
a. Perilaku Tegangan-Regangan

Hasil simulasi numeris disajikan dalam bentuk *displacement* berupa *total displacement*, *horizontal displacement* dan *vertical displacement*. Berdasarkan nilai *displacement* akan diketahui perilaku dinding penahan tanah dan tanah dasar pada kondisi eksisting, dimana dinding penahan tanah yang mengalami longsor dan kondisi *redesign* jika dilakukan perbaikan terhadap dinding penahan tanah yang sudah ada. Penambahan beban gempa dilakukan pada kondisi *redesign*. Dari tampilan *displacement* ini dapat diketahui arah total *displacement* pada tanggul dan tanah dasar, baik *displacement* arah vertikal maupun horizontal.

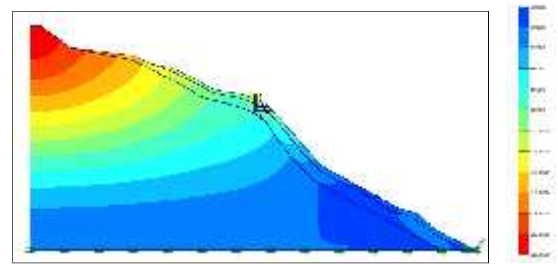
1. Kondisi eksisting



Gambar 4 Total *displacement* (total *disp.*= 23.18×10^{-3} m)

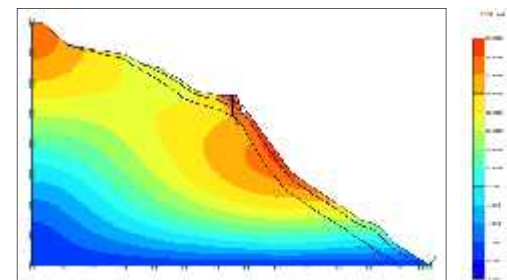


Gambar 5 Horizontal *displacement* (horizontal *disp.*= 22.90×10^{-3} m)

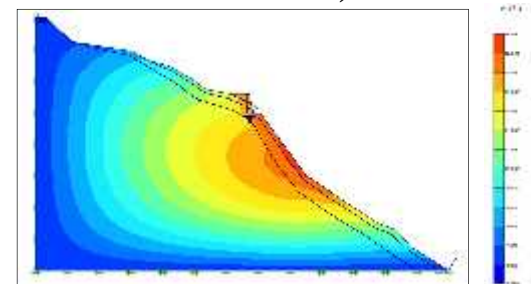


Gambar 6 Vertikal *displacement* (vertical *disp.*= 21.34×10^{-3} m)

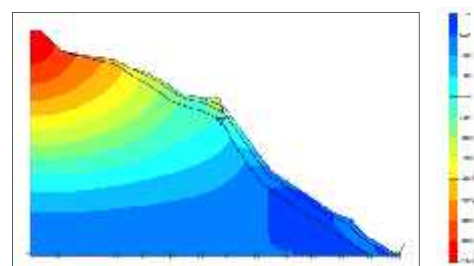
2. Kondisi Redesign



Gambar 7 Total *displacement* (total *disp.*= 23.14×10^{-3} m)

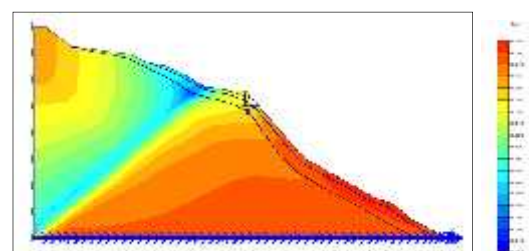


Gambar 8 Horizontal *displacement* (horizontal *disp.*= 22.93×10^{-3} m)

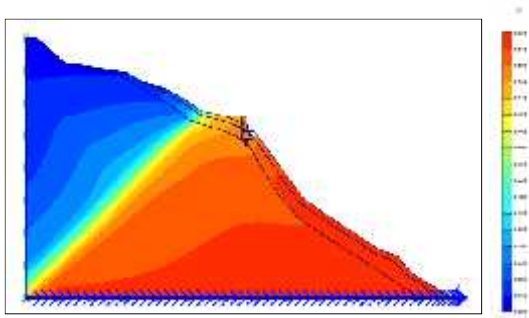


Gambar 9 Vertikal *displacement* (vertical *disp.*= 21.34×10^{-3} m)

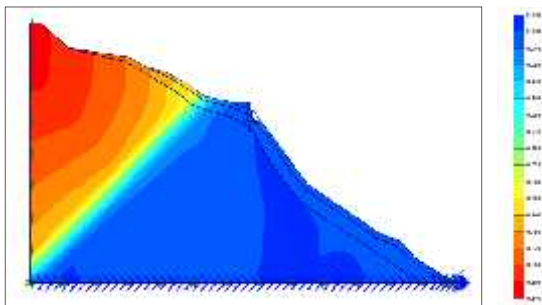
3. Kondisi Redesign dengan beban gempa



Gambar 10 Total *displacement* (total *disp.*= 664.76×10^{-3} m)



Gambar 11. Horizontal displacement (horizontal disp.= 664.72×10^{-3} m)



Gambar 12. Vertikal displacement (vertical disp.= 615.62×10^{-3} m)

Tabel 2 Nilai displacement masing-masing kondisi

No	Kondisi	Displacement		
		Total	Horizontal	Vertikal
1	Kondisi eksisting	23.18×10^{-3}	22.90×10^{-3}	21.34×10^{-3}
2	Kondisi redesign	23.14×10^{-3}	22.93×10^{-3}	21.34×10^{-3}
3	Kondisi redesign akibat gempa	664.7×10^{-3}	664.7×10^{-3}	615.6×10^{-3}

b. Analisis Stabilitas Lereng Secara Numeris

Berdasarkan hasil simulasi numeris menunjukkan bahwa dinding penahan tanah kondisi eksisting dengan tinggi 3.00 m kondisi dinding penahan tanah tidak stabil, hal ini ditandai dengan angka aman yang cukup kecil yakni $SF = 1.1665$. Kondisi dinding penahan tanah saat ini di lapangan telah mengalami kelongsoran, sehingga hasil simulasi dan kondisi di lapangan telah cukup valid karena hasil simulasi numeris dengan plaxis memiliki nilai *safety factor* (SF) kurang dari 1.20.

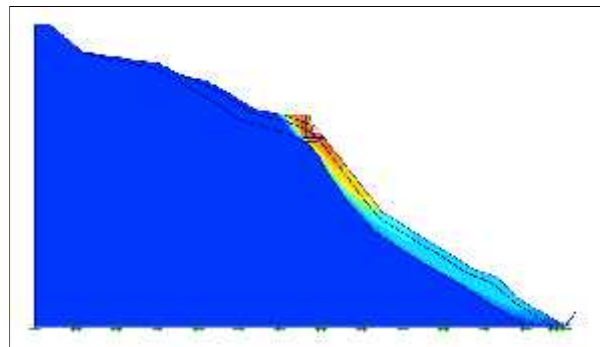
Untuk memperbesar angka aman dinding penahan tanah supaya stabilitas dinding penahan tanah tetap terjaga dari longsor, maka dilakukan *redesign* dinding penahan tanah dengan pemasangan pondasi *bore pile*. Dari hasil simulasi numeris pada kondisi *redesign*, nilai angka aman mengalami peningkatan sebesar 1.2094. Nilai angka aman tersebut lebih dari 1.2 sehingga konstruksi dinding penahan tersebut menjadi stabil (aman).

Penambahan beban gempa dengan PGA sebesar 0.2829g atau 282.9 cm/detik^2 dan durasi 4

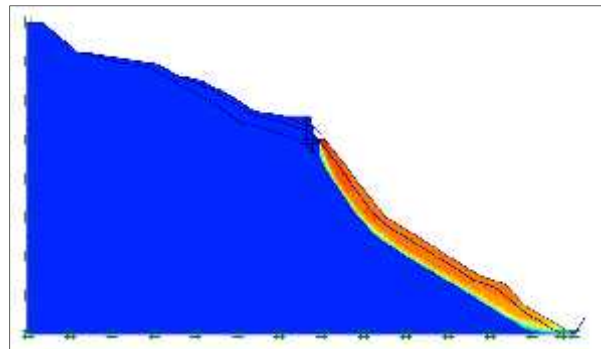
detik pada dinding penahan tanah kondisi *redesign* masih dalam kondisi stabil karena nilai angka aman 1.2082. Jadi, dengan melakukan *redesign* ulang dinding penahan tanah dengan memasang pondasi *bore pile* menyebabkan dinding penahan tanah menjadi lebih aman.

Tabel 3. Angka Aman

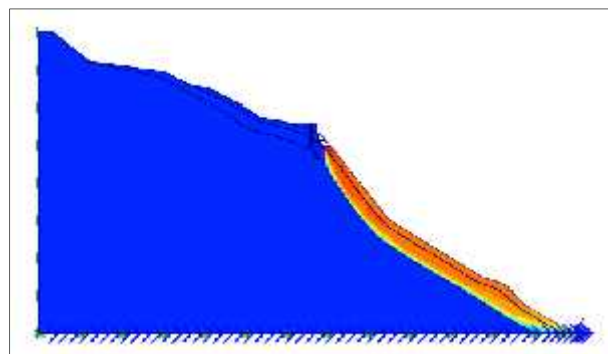
No	Kondisi	Angka aman(SF)
1	Kondisi eksisting	1.1665
2	Kondisi Redesign Kondisi	1.2094
3	Redesign dengan gempa	1.2082



Gambar 13 Bidang longsor kondisi eksisting (SF = 1.1665)



Gambar 14 Bidang longsor kondisi *redesign* (SF = 1.2094)



Gambar 15 Bidang longsor kondisi *redesign* akibat beban gempa (SF = 1.2082)

PENUTUP**a. Simpulan**

Kesimpulan hasil pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Geomorfologi lokasi peneyelidikan merupakan morfologi perbukitan bergelombang dengan kemiringan lereng kurang lebih 70°, kondisi tanah permukaan berupa lanau pasir yang, sedangkan, singkapan batuan terdiri dari breksi vulkanik, lava yang bersifat setempat yang berwarna abu-abu kehitaman bertekstur holokristalin berstruktur jointing.
2. Stratigrafi daerah penyelidikan dari pemboran geoteknik menunjukkan adanya lapisan lanau pasir, pasir lanauan kepadatan sedang dan breksi vulkanik sangat padat dengan nilai NSPT > 50.0.
3. Simulasi numeris dengan plaxis menunjukkan perubahan deformasi dinding penahan tanah dan tanah dasar dari kondisi eksisting ke kondisi *redesign*, namun perubahan deformasi tidak terlalu signifikan, deformasi menjadi lebih besar setelah penambahan beban gempa baik deformasi arah horizontal maupun deformasi arah vertikal.
4. Stabilitas dinding penahan kondisi eksisting dengan angka aman SF = 1.1665 sehingga dinding penahan menjadi tidak stabil (terjadi longsoran) karena SF kurang dari 1.2. Kondisi *redesign* dengan pemasangan pondasi *bore pile*, nilai angka aman mengalami peningkatan sebesar 1.2094 sehingga konstruksi dinding penahan tersebut menjadi stabil. Kondisi penambahan beban gempa dengan PGA sebesar 0.2829g dan durasi 4 detik. Pemberian beban gempa pada kondisi *redesign* masih dalam kondisi stabil karena nilai angka aman 1.2082.

b. Saran

Saran yang diberikan terkait dengan penelitian ini adalah:

1. Untuk memperoleh hasil simulasi numeris yang lebih baik, perlu ditambahkan perubahan muka air tanah sehingga memperlihatkan adanya pengaruh muka air tanah.
2. Supaya kestabilan dinding penahan tanah kondisi eksisting tidak terjadi longsoran susulan, perlu dilakukan pengendalian limpasan air pada saat hujan dengan membuat saluran permukaan sehingga kejadian longsoran dinding penahan tanah tidak terulang lagi, namun ini bersifat jangka pendek, sedangkan untuk jangka panjang

perlu dilakukan *redesign* ulang terhadap semua dinding penahan tanah.

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.
- 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.