

ANALISIS STABILITAS LERENG AKIBAT BEBAN GEMPA DENGAN PERKUATAN DINDING PENAHAN TANAH MENGGUNAKAN SOFTWARE GEOSLOPE DI DESA TAMBAKMERANG, GIRIMARTO, WONOGIRI

Martha Ramdhani¹⁾, Niken Silmi Surjandari²⁾, Yusep Muslih Purwana³⁾

¹⁾ Mahasiswa Fakultas Teknik, Prodi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

^{2), 3)} Pengajar Fakultas Teknik, Prodi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524. Email: mart.ramdhani@gmail.com

Abstract

Wonogiri is a region of Indonesia's Archipelago which are the area have often been of earthquake disaster. Geographically, Wonogiri consist of hill and slopes, so that always occured landslide. Susceptible condition of earthquake and always happen landslide disaster must be an important focus for safety of infrastructure. Therefore, must be done designed of retaining wall for keeping infrastructure and plan of infrastructure will be safe and forceful structurally.

This study has analysed of the slope stability based on existing condition at Tambakmerang Village, Girimarto District, Wonogiri with height is 14 m and slope is 60°. This analysis of slopes stability has calculated earthquake effect. The slopes stability analysis by using Software Geoslope. Design of retaining wall by using gravity wall with beight variation is 1/2, 1/3, and 1/4 of height of slopes and angle of slopes surface is 0°, 10°, 20°, and 30°.

The result of analysis, slopes stability before using reinforcement being at critical condition with a value of safety factor < 1,25. At the design of retaining wall, can using all variation of retaining wall, except retaining wall with height is 1/2 and 1/3 of height of slopes and angle is 30° of slopes surface. Slopes stability after using reinforcement retaining wall is safe because have a value of safety factor > 1,25.

Keywords : Earthquake, Landslide, Retaining Wall, Safety Factor, Slopes

Abstrak

Kabupaten Wonogiri merupakan daerah di Kepulauan Indonesia yang merupakan daerah sangat rawan terhadap bencana gempa. Kondisi geografis Wonogiri terdiri dari bukit dan lereng, sehingga sering terjadi longsor di daerah ini. Kondisi yang rentan terhadap gempa dan daerah yang rawan longsor menjadi perhatian utama untuk keamanan infrastruktur. Oleh karena itu dilakukan perencanaan pembangunan dinding penahan tanah untuk menjaga infrastruktur maupun rencana infrastruktur tetap aman dan kuat secara struktur.

Metode yang dilakukan adalah dengan melakukan analisis stabilitas lereng berdasarkan kondisi eksisting di Desa Tambakmerang, Kecamatan Girimarto, Kabupaten Wonogiri, dengan ketinggian 14 m dan kemiringan sebesar 60°. Penelitian stabilitas lereng dengan memperhitungkan pengaruh gempa yang terjadi. Analisis stabilitas lereng menggunakan *Software Geoslope*. Perencanaan dinding penahan tanah menggunakan tipe dinding gravitasi dengan variasi ketinggian 1/2, 1/3, dan 1/4 dari ketinggian lereng dan kelandaian kemiringan permukaan lereng sebesar 0°, 10°, 20°, dan 30°.

Berdasarkan hasil analisis, stabilitas lereng sebelum diberi perkuatan berada pada kondisi kritis dengan nilai faktor keamanan < 1,25. Dalam perencanaan dinding penahan tanah dapat menggunakan seluruh variasi dinding penahan tanah kecuali dinding penahan tanah ketinggian 1/2 dan 1/3 dari ketinggian lereng dengan kelandaian kemiringan permukaan sebesar 30°. Stabilitas lereng setelah diberi perkuatan dinding penahan tanah dapat dinyatakan aman karena memiliki nilai faktor keamanan > 1,25.

Kata kunci : Dinding Penahan Tanah, Faktor Keamanan, Gempa, Lereng, Longsor,

PENDAHULUAN

Negara Indonesia merupakan daerah kepulauan yang terletak pada batas pertemuan tiga lempeng besar dunia yang sangat aktif yaitu lempeng Eurasia, lempeng Pasifik, dan lempeng Indo-Australia serta satu lempeng mikro yaitu lempeng mikro Philipina. Dengan posisi geografis tersebut, Indonesia merupakan daerah yang sangat rawan terhadap bencana gempa. Berdasarkan letak geografisnya, daerah Wonogiri berada di koordinat lintang -7.7978518 dan koordinat bujur 110.9387418. Wonogiri merupakan daerah di Indonesia yang kondisi geografisnya terdiri dari atas bukit dan lereng. Bencana alam yang sering terjadi di daerah ini adalah longsor. Penelitian ini menganalisis stabilitas lereng karena pengaruh gempa di lokasi tersebut berdasarkan Peta Zonasi Gempa Tahun 2012. Metode yang dilakukan untuk analisis stabilitas lereng ini adalah metode *limit equilibrium*. Salah satu program komputer yang digunakan untuk analisis stabilitas lereng adalah *Software Slope/W 2007 Geoslope*, karena program komputer ini menggunakan prinsip metode *limit equilibrium*. Pembangunan dinding penahan tanah, bertujuan untuk menjaga

infrastruktur maupun rencana infrastruktur tetap aman terhadap guling, geser dan keruntuhan sepanjang garis dinding penahan tanah tersebut dalam waktu yang lama (kuat secara struktur). Pada penelitian ini akan dianalisis dinding penahan tanah dengan tipe dinding gravitasi dan didesain secara perhitungan manual dengan menggunakan teori tekanan tanah lateral Coulomb.

Nilai faktor keamanan terhadap kemungkinan longsor lereng maupun pada perancangan lereng menurut Bowles, J.E. dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hubungan nilai *safety factor* dan kejadian longsor (Braja M. Das, 2002)

Nilai <i>SF</i>	Kemungkinan Longsor
$< 1,07$	Kelongsoran bisa terjadi
$1,07 < SF < 1,25$	Kelongsoran pernah terjadi
$> 1,25$	Kelongsoran jarang terjadi

Pseudostatik merupakan beban gempa yang disimulasikan berupa gaya horizontal dan vertikal dengan analisa kekuatan batas, serta pendekatan secara *simple* pada lereng yang diimplementasikan oleh metode kesetimbangan batas. Gaya *static* seismik vertikal dan horizontal dipakai untuk mensimulasikan gaya inersia yang merupakan percepatan gempa. Gaya seismik yang diperhitungkan hanya arah horizontal k_h , sedangkan arah vertikal $k_v = 0$, dimana $k_h W$ bekerja pada lereng serta berat W tanah akan berpotensi terjadinya longsor (*sliding mass*). *Magnitude* dari percepatan pseudostatik harus mempunyai kaitan dengan kekuatan dari gerakan tanah yang akan terjadi serta sudut dan arah gaya yang terjadi akibat gempa. Koefisien gempa dasar yang digunakan didasarkan pada peta zona gempa Indonesia tahun 2012 yang diterbitkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum. Analisis Coulomb untuk gaya aktif yang bekerja pada tembok penahan dapat dengan mudah dikembangkan untuk memasukkan gaya akibat gempa (Kramer, 1996).

Metode *Limit Equilibrium* adalah metode yang menggunakan prinsip kesetimbangan gaya. Dalam Metode *Limit Equilibrium* terdapat dua asumsi bidang kelongsoran yaitu bidang kelongsorannya yang diasumsikan berbentuk *circular* dan bidang kelongsoran yang diasumsikan berbentuk *non-circular*. Metode *Optimization* membutuhkan kondisi yang asli agar lebih efisien terutama ketika ada kenaikan sudut. Penentuan hasil yang optimal berdasarkan bentuk dan mencari suatu titik serta mengoptimalkan pengaruh perbedaan asumsi gaya antar irisan. Setelah ditemukan kelongsoran kritis pada bentuk *circular*, dilakukan pembagian bidang dengan cara *Optimization* (Liong, 2012).

Software Geoslope merupakan produk perangkat lunak untuk menghitung faktor keamanan tanah dan kemiringan lereng. *Software Geoslope* digunakan untuk menganalisis masalah, baik secara sederhana maupun kompleks dengan menggunakan salah satu dari delapan metode kesetimbangan batas untuk berbagai permukaan yang miring, kondisi tekan air pori, sifat tanah dan beban terkonsentrasi. Metode *Auto-Locate* adalah gabungan antara metode *Entry and Exit* dengan metode *Optimization*. Ketika *Auto-Locate* digunakan, *SLOPE/W* menghasilkan 1000 percobaan kelongsoran untuk menemukan kemungkinan paling kecil kelongsoran sebelum *optimization* diterapkan. Hasilnya, *Auto-Locate* akan selalu mengarahkan kepada hasil yang sesuai. Cara *Auto-Locate* menjadi cara yang penting pada penentuan lokasi kelongsoran kritis (Geoslope International Ltd, 2008).

Dinding penahan tanah adalah struktur yang didesain untuk menjaga dan mempertahankan dua muka elevasi tanah yang berbeda. Faktor penting dalam mendesain dan membangun dinding penahan tanah adalah mengusahakan agar dinding penahan tanah tidak bergerak ataupun tanahnya longsor akibat gaya gravitasi. Dinding penahan tanah yang digunakan harus aman atau stabil terhadap penggeseran, penggulingan dan keruntuhan kapasitas dukung tanah. Nilai faktor aman terhadap penggulingan $> 1,5$. Nilai faktor aman terhadap pergeseran $> 1,5$. Nilai faktor aman terhadap keruntuhan kapasitas dukung tanah > 3 (Hardiyatmo, 2011).

METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan di Desa Tambakmerang, Kecamatan Girimarto, Wonogiri ini dimulai dengan mengumpulkan data sekunder dari penelitian sebelumnya berupa data properties tanah dan data topografi dengan

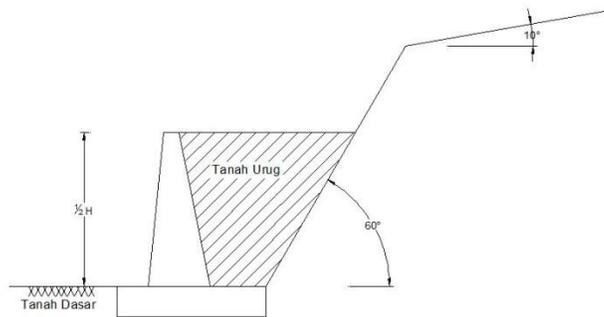
kemiringan sebesar 60° dan ketinggian 14 meter. Berdasarkan peta zonasi gempa yang diperoleh dari Litbang SDA, daerah Wonogiri berada di koordinat lintang -7.7978518 dan koordinat bujur 110.9387418 .

Konfigurasi pembebanan pada analisis ini yaitu berat sendiri dan beban gempa. Variasi yang akan dianalisis adalah kemiringan kelandaian lereng dan dimensi dinding penahan tanah untuk kekuatan lereng dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Variasi analisis

No.	Tinggi dinding penahan tanah	Kelandaian kemiringan lereng
1	$\frac{1}{2} H$	0°
		10°
		20°
		30°
2	$\frac{1}{3} H$	0°
		10°
		20°
		30°
3	$\frac{1}{4} H$	0°
		10°
		20°
		30°

Gambar 1 merupakan salah satu contoh aplikasi dinding penahan tanah yang akan digunakan untuk perkuatan.



Gambar 1. Contoh aplikasi variasi dinding penahan tanah dengan kelandaian kemiringan lereng

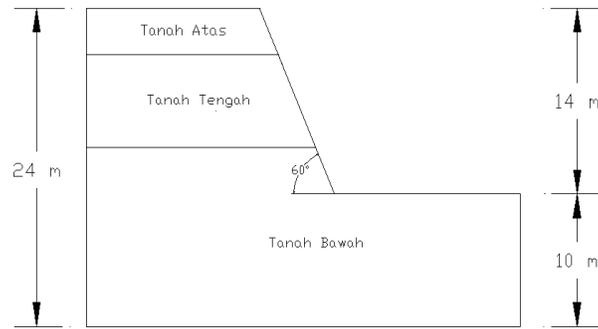
HASIL DAN ANALISIS

Tabel 3 merupakan rekapitulasi *properties* tanah pada lereng di Desa Tambakmerang, Girimarto, Wonogiri.

Tabel 3. Rekapitulasi data *properties* tanah

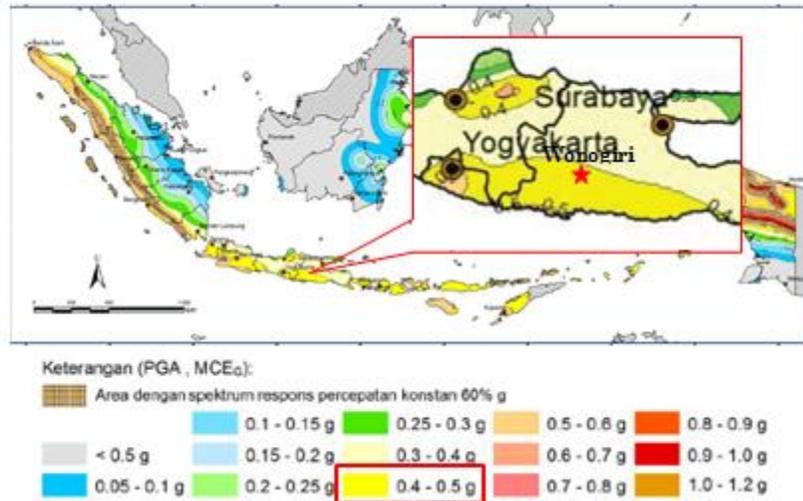
Parameter tanah	Satuan	Tanah bagian atas	Tanah bagian tengah	Tanah bagian bawah
γ	kN/m^3	14,42	13,93	14,91
c	kN/m^2	40,21	30,20	26,67
ϕ	$^\circ$	26,27	14,73	27,80

Data kondisi eksisting lereng yang akan digunakan yaitu dengan ketinggian 14 m dan sudut kemiringan 60° seperti terlihat pada Gambar 2.



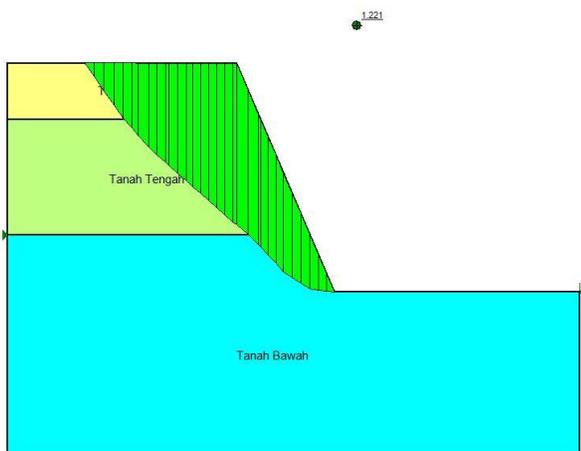
Gambar 2. Kondisi eksisting lereng

Analisis mekanika tanah dilakukan untuk mengetahui nilai koefisien gempa yang berpengaruh terhadap pembebanan tanah dan terhadap gaya lateral tanah terhadap dinding penahan tanah. Gambar 3 menunjukkan lokasi Wonogiri berada di area kuning dengan nilai percepatan sebesar 0,4 - 0,5 g, kemudian diambil nilai terbesar yaitu 0,5 g.

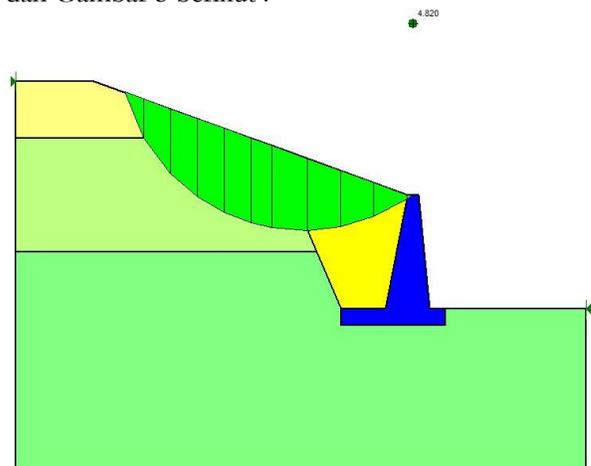


Gambar 3. Peta zonasi gempa menurut SNI 1726:102 (2012)

Berdasarkan hasil analisis menggunakan *software Geoslope*, didapat nilai *safety factor* untuk kondisi eksisting dan kondisi dengan perkuatan dinding penahan tanah serta perubahan kelandaian kemiringan permukaan lereng akibat berat sendiri dan beban gempa seperti dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5 berikut :

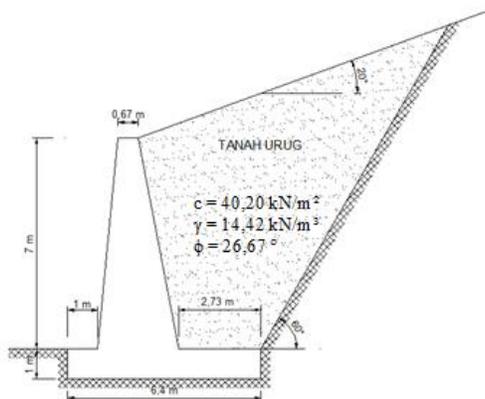


Gambar 4. Contoh analisis kondisi eksisting akibat berat sendiri

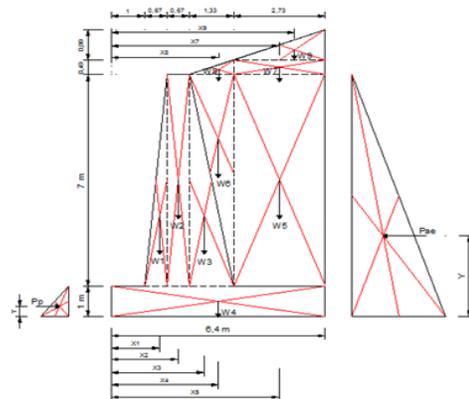


Gambar 5. Contoh analisis kondisi dengan perkuatan DPT akibat beban gempa

Penelitian ini melakukan perhitungan terhadap 3 variasi ketinggian dinding penahan tanah dengan perubahan kelandaian kemiringan lereng. Analisis yang dilakukan yaitu analisis stabilitas guling, geser dan keruntuhan kapasitas dukung tanah. Dimensi dan perhitungan perencanaan DPT ditunjukkan pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Contoh kondisi dan dimensi DPT



Gambar 7. Contoh perencanaan diagram DPT

Tabel 4 menunjukkan hasil analisis stabilitas dinding penahan tanah pada 3 variasi ketinggian dan kelandaian kemiringan lereng.

Tabel 4. Hasil analisis stabilitas dinding penahan tanah

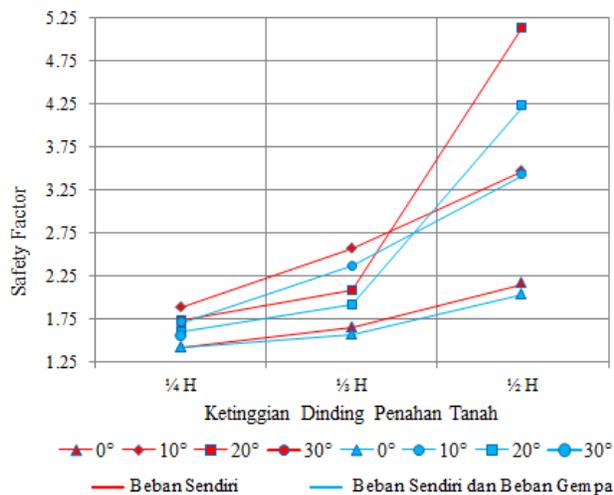
No	Tinggi dinding penahan tanah	Kelandaian kemiringan lereng	F			Kesimpulan
			Guling	Geser	Keruntuhan kapasitas dukung tanah	
1	½ H	0°	6,4	2,7	12,8	Aman
		20°	3,9	1,6	8,7	Aman
		30°	2,9	1,2	5,9	Tidak aman terhadap geser
2	⅓ H	0°	6,3	3,0	16,6	Aman
		30°	2,1	0,9	23,1	Tidak aman terhadap geser
3	¼ H	0°	7,2	3,9	23,1	Aman
Nilai faktor aman			≥ 1,5	≥ 1,5	≥ 3	

Tabel 5 menunjukkan hasil analisis nilai *safety factor* dengan menggunakan *Software Geoslope* pada lereng kondisi eksisting dan lereng dengan perkuatan dinding penahan tanah akibat berat sendiri serta akibat berat sendiri dan beban gempa.

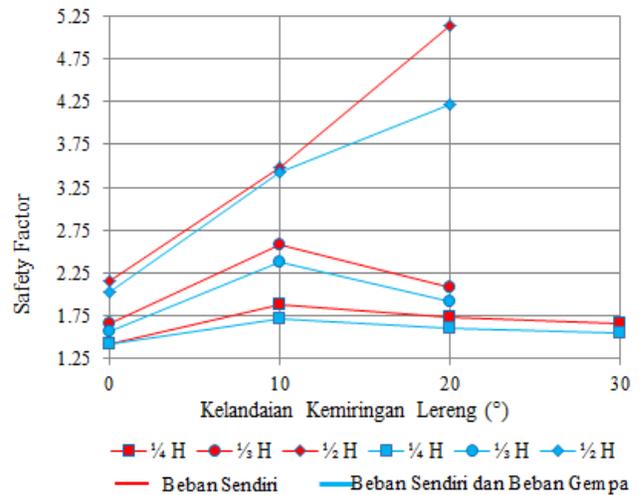
Tabel 5. Rekapitulasi nilai *safety factor*

Kondisi lereng	Eksisting	Dengan perkuatan dinding penahan tanah									
		½ H			⅓ H			¼ H			
		0°	10°	20°	0°	10°	20°	0°	10°	20°	30°
Berat Sendiri	1,221	2,33	3,71	5,51	1,63	2,55	2,14	1,43	1,91	1,84	1,72
Berat Sendiri + Beban Gempa	1,160	2,10	3,46	4,82	1,57	2,37	1,97	1,45	1,77	1,67	1,61

Hasil akhir dari analisis stabilitas lereng tersebut adalah dengan menampilkan pengaruh beban gempa dan hubungan antara nilai *safety factor* dengan perkuatan dinding penahan tanah. Grafik 1 dan Grafik 2 menunjukkan hubungan antara variasi ketinggian dinding penahan tanah dan kelandaian kemiringan permukaan lereng dengan *safety factor*.



Grafik 1. Grafik hubungan ketinggian dinding penahan tanah dengan *safety factor*



Grafik 2. Grafik hubungan kelandaian kemiringan permukaan lereng dengan *safety factor*

Variasi ketinggian dinding penahan tanah dengan tinggi $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, dan $\frac{1}{4}$ dari ketinggian lereng, menunjukkan perbedaan SF yang cukup signifikan berdasarkan ketinggian dinding penahan tanah. Beban gempa yang terjadi berpengaruh pada stabilitas lereng, sehingga nilai SF mengalami penurunan. Grafik 1 menunjukkan bahwa nilai SF stabilitas lereng dengan perkuatan dinding penahan tanah dengan ketinggian $\frac{1}{2}$ H memiliki nilai SF yang paling besar dan dengan ketinggian $\frac{1}{4}$ H memiliki nilai SF yang paling kecil. Dinding penahan tanah dengan ketinggian $\frac{1}{2}$ H merupakan variasi ketinggian yang paling aman menahan beban gempa. Variasi kelandaian kemiringan permukaan lereng dengan kemiringan 0° , 10° , 20° dan 30° , menunjukkan perbedaan SF yang cukup signifikan berdasarkan kelandaian kemiringan permukaan lereng. Beban gempa yang terjadi berpengaruh pada stabilitas lereng, sehingga nilai SF mengalami penurunan. Gambar 4.29 memperlihatkan bahwa nilai SF stabilitas lereng dengan kelandaian kemiringan permukaan lereng pada kelandaian kemiringan 0° memiliki nilai SF yang paling kecil, nilai SF meningkat pada kelandaian kemiringan 10° dengan nilai SF yang paling besar dan mengalami penurunan pada kelandaian kemiringan 20° dan 30° .

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis disimpulkan bahwa lereng di Desa Tambakmerang, Kecamatan Girimarto, Kabupaten Wonogiri dengan kemiringan 60° dan ketinggian 14 m akibat berat sendiri menghasilkan nilai *Safety Factor* (SF) sebesar 1,22 dan setelah dipengaruhi beban gempa menghasilkan nilai SF sebesar 1,16 sehingga termasuk dalam kategori kritis. Hasil analisis stabilitas lereng dengan perkuatan dinding penahan tanah (DPT) ketinggian $\frac{1}{3}$ dan $\frac{1}{2}$ dari ketinggian lereng (H) dengan kelandaian kemiringan permukaan lereng (β) sebesar 10° dan 20° serta ketinggian $\frac{1}{4}$ H dengan β sebesar 10° , 20° dan 30° dapat meningkatkan stabilitas lereng hingga berada pada nilai faktor keamanan yang relatif stabil, sehingga tepat digunakan untuk mengatasi kelongsoran. DPT dengan ketinggian $\frac{1}{2}$ H dan β sebesar 20° merupakan variasi paling tepat untuk digunakan sebagai perkuatan lereng dengan nilai SF sebesar 5,51.

REKOMENDASI

Penelitian selanjutnya perlu ditambahkan variasi beban pada lereng selain pengaruh beban gempa serta mengubah kondisi kemiringan dan ketinggian lereng. Analisis dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* selain *Geoslope* serta analisis dengan metode manual menggunakan metode yang lain sebagai perbandingan serta menggunakan jenis perkuatan yang berbeda.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Dr. Niken Silmi Surjandari, S.T., M.T. dan Yusep Muslih Purwana, S.T., M.T., Ph.D., yang telah membimbing, memberi arahan dan masukan dalam penelitian ini.

REFERENSI

- Braja M. Das (2002). *Mekanika Tanah Jilid 2*. Jakarta : Erlangga.
- Badan Standardisasi Nasional (2012). SNI 1726:102. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta.
- Geo-Slope International Ltd. (2008). *Stability Modeling with SLOPE/W 2007 Version*. Canada.
- Gouw Tjie Liong (2012). *Analisa Stabilitas Lereng dengan Limit Equilibrium dan Finite Element Method*. Jakarta : Binus University.
- Hary Christady Hardiyatmo, (2011). *Analisis dan Perancangan Fondasi I*, Edisi Kedua. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Hary Christady Hardiyatmo (2011). *Analisis dan Perancangan Fondasi II*, Edisi Kedua. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Steven L. Kramer (1996). *Geotechnical Eartquake Engineering*. New Jersey : Prentice Hall inc Upper Saddel River.