

PENGARUH PERUBAHAN PETA HAZARD GEMPA INDONESIA TERHADAP PERENCANAAN PERKUATAN LERENG MENGGUNAKAN GEOTEKSTIL

Rizky Eka Bachtiar¹⁾, Dio Alif Hutama²⁾, Isnaniati³⁾

¹⁾Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
Universitas Muhammadiyah Surabaya
Jl. Sutorejo No.59 Surabaya, Telp 031-3811966
Email: rizkyekabachtiar2395@gmail.com

²⁾Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
Universitas Muhammadiyah Surabaya
Jl. Sutorejo No.59 Surabaya, Telp 031-3811966
Email: dioalifhutama@ft.um-surabaya.ac.id

³⁾Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
Universitas Muhammadiyah Surabaya
Jl. Sutorejo No.59 Surabaya, Telp 031-3811966
Email: isnaniati65@gmail.com

Abstract

Revision of Indonesia seismic hazard maps would cause several changes in construction planning. In Pamekasan regency, there was an increasing in seismic load from maps of 2010 ($k_h=0,18$) to 2017 ($k_h=0,22$). So, it was necessary to be evaluated. Slope conditions with large loads and steep slopes can cause landslides so that slope reinforcement is needed. One of them is by using geotextile. This study aims to calculate the safety factor of slope (internal and external) with the influence of ratio between geotextile length and slope height (L/H) and vertical spacing of geotextile (Sv) which was done by using two calculations, namely manual calculation and Rocscience Slide 6.0 program. The results of the analysis show the decreasing of safety factor (SF) for unreinforced slope due to changes in the 2010 to 2017 seismic load of 5.263% calculated using Slide 6.0. Internal stability of pullout and rupture shows the decreasing of SF about 15,789%. External stability against sliding shows the decreasing of SF about 17,4% to 20,5%. External stability against overturning shows the decreasing of SF about 12,3% to 14,00%. External stability against bearing capacity failure shows the decreasing of SF about 35,2% to 36,6%. Global stability shows the decreasing of SF about 5,6% sampai dengan 6,4%.

Keywords: *Geotextile, Rocscience Slide 6.0, Slope, Horizontal Seismic Coefficient, Safety Factor*

Abstrak

Revisi peta *hazard* gempa Indonesia akan menyebabkan beberapa perubahan dalam perencanaan konstruksi. Di daerah Kabupaten Pamekasan terjadi kenaikan beban gempa pada peta *hazard* gempa Indonesia tahun 2010 dan 2017 sehingga perlu dievaluasi. Kondisi lereng dengan beban yang besar dan kemiringan yang curam dapat menyebabkan terjadinya kelongsoran sehingga diperlukan sebuah perkuatan lereng. Salah satunya dengan geotekstil. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya angka keamanan (internal dan eksternal) lereng dengan pengaruh rasio panjang geotekstil dan tinggi lereng (L/H) dan jarak vertikal geotekstil (Sv) yang dilakukan dengan menggunakan dua perhitungan yaitu perhitungan manual dan program Rocscience Slide 6.0. Hasil penelitian perhitungan Slide 6.0 lereng tanpa perkuatan menunjukkan adanya penurunan besarnya SF dari perubahan beban gempa 2010 ke 2017 sebesar 5,263%. Stabilitas internal cabut tulangan dan putus tulangan menunjukkan adanya penurunan besarnya faktor keamanan (SF) sebesar 15,789%. Stabilitas eksternal terhadap geser menunjukkan adanya penurunan besarnya SF berkisar antara 17,4% sampai dengan 20,5%. Stabilitas eksternal terhadap guling menunjukkan adanya penurunan besarnya SF berkisar antara 12,3% sampai dengan 14,00%. Stabilitas eksternal terhadap kegagalan daya dukung menunjukkan adanya penurunan besarnya SF berkisar antara 35,2% sampai dengan 36,6%. Stabilitas eksternal terhadap keruntuhan global menunjukkan adanya penurunan besarnya SF berkisar antara 5,6% sampai dengan 6,4%.

Kata kunci: Geotekstil, Rocscience Slide 6.0, Lereng, Koefisien Gempa Horizontal, Faktor Keamanan

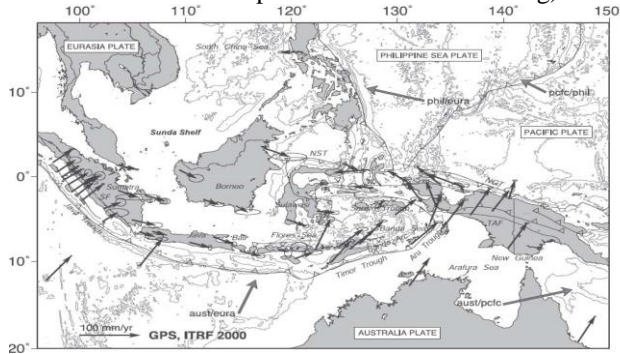
PENDAHULUAN

Pendirian konstruksi bangunan di atas lereng dapat memicu terjadinya kelongsoran. Bila gaya (beban) yang terjadi karena komponen gravitasi sedemikian besar, sehingga perlawanan geser total pada bidang gelincirnya terlampaui, maka akan terjadi longsoran (Hardiyatmo, 2002). Analisis stabilitas lereng mempunyai peran yang sangat penting pada perencanaan konstruksi sipil seperti dalam perencanaan timbunan jalan, bendung, maupun stabilitas lereng alami. Kondisi tanah asli yang tidak selalu sesuai dengan perencanaan yang diinginkan, sehingga diperlukan analisis stabilitas lereng yang lebih akurat agar diperoleh konstruksi lereng yang sesuai dengan syarat

keamanan. Selain itu kelongsoran bisa juga terjadi dikarenakan adanya pergerakan tanah atau biasa yang disebut dengan istilah gempa bumi.

Di Indonesia sering terjadi bencana gempa bumi yang diakibatkan pergerakan lempeng, dikarenakan Indonesia menempati zona tektonik yang sangat aktif karena tiga lempeng besar dunia dan sembilan lempeng kecil lainnya saling bertemu di wilayah Indonesia (Gambar 1) dan membentuk jalur-jalur pertemuan lempeng yang kompleks (Bird, 2003). Keberadaan interaksi antar lempeng-lempeng ini menempatkan wilayah Indonesia sebagai wilayah yang sangat rawan terhadap gempa bumi (Milson *et al.*, 1992). Pada tahun 1983 mulai digunakan

untuk peraturan perencanaan melalui PPTI-UG (Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia untuk Gedung).



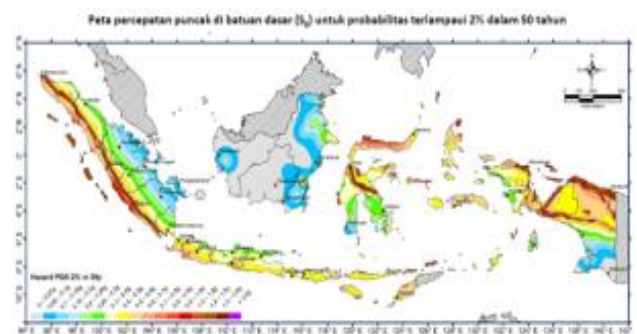
Gambar 1. Peta tektonik kepulauan Indonesia dan sekitarnya. Sumber : Bock *et al.*, (2003)

Standar perencanaan umumnya selalu diperbarui guna mengakomodir perkembangan iptek dan data-data kejadian gempa terbaru. Dengan adanya kejadian gempa-gempa besar seperti gempa Aceh tahun 2004 maka sudah selayaknya peta gempa yang ada perlu direvisi. Dalam upaya merevisi peta gempa Indonesia ini dan untuk mengintegrasikan berbagai keilmuan terkait bidang kegempaan, maka pada tahun 2009 di bawah koordinasi Kementerian Pekerjaan Umum telah dibentuk Tim Revisi Peta Gempa Indonesia 2010. Pada tahun 2017 Kementerian PUPR bersama para ahli pakar gempa melakukan kesiapsiagaan dalam menghadapi bencana gempa dengan menyiapkan pemutakhiran Peta Gempa setiap lima tahun yang menjadi acuan perencanaan, pelaksanaan, dan pengawasan bangunan gempa.

Kementerian PUPR bersama para ahli pakar gempa melakukan kesiapsiagaan dalam menghadapi bencana gempa dengan menyiapkan pemutakhiran Peta Gempa setiap lima tahun yang menjadi acuan perencanaan, pelaksanaan, dan pengawasan bangunan gempa. Penyusunan pembaharuan Peta Gempa 2017 dengan menggunakan semua data dan informasi serta metode terkini untuk wilayah Indonesia. Salah satu indikatornya, pada Peta Gempa Tahun 2010 hanya terdapat sesar aktif berjumlah 81 pada Gambar 2 dan sekarang ini ditemukan 295 sesar aktif pada Gambar 3. Dengan data terbaru ini, standar keselamatan yang digunakan akan semakin tinggi.

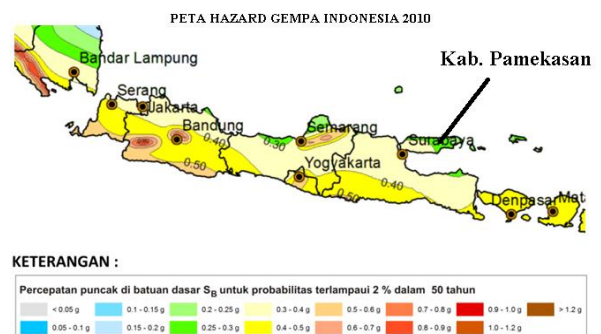


Gambar 2. Peta percepatan puncak di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun versi 2010
Sumber: Kementerian PUPR (2017)

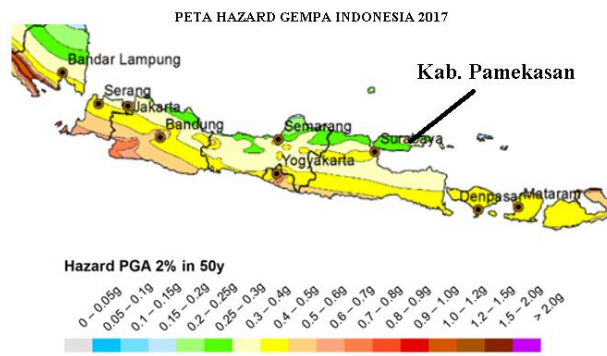


Gambar 3. Peta percepatan puncak di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun versi 2017.
Sumber: Kementerian PUPR (2017)

Di wilayah Kabupaten Pamekasan ini terjadi perbedaan perubahan beban gempa pada peta hazard Indonesia 2010 dan peta 2017. Percepatan puncak di batuan dasar (PGA) Kabupaten Pamekasan terletak pada 0,25-0,3g terlihat pada Gambar 4, sedangkan beban gempa yang terletak di wilayah yang sama pada tahun 2017 sebesar 0,3-0,4g terlihat pada Gambar 5. Dari data diatas menunjukkan bahwa PGA yang terjadi mengalami kenaikan sebesar 0,1g, sehingga dibutuhkan analisa stabilitas lereng terhadap penurunan beban gempa agar tidak terjadi peristiwa yang tidak diinginkan.



Gambar 4. Wilayah Kabupaten Pamekasan pada Peta Hazard Gempa Indonesia 2010.
Sumber: Kementerian PUPR (2017)



Gambar 5. Wilayah Kabupaten Pamekasan pada Peta Hazard Gempa Indonesia 2017.
Sumber: Kementerian PUPR (2017)

Perubahan peta hazard gempa Indonesia akan menimbulkan beberapa perubahan dalam perencanaan konstruksi. Kondisi lereng dengan beban yang besar dan kemiringan yang curam dapat menyebabkan terjadinya kelongsoran sehingga diperlukan sebuah perkuatan lereng, salah satunya dengan geotekstil. Geotekstil sering digunakan karena memiliki beberapa keunggulan, antara lain mudah dalam pelaksanaan, murah, dan dapat meningkatkan stabilitas lereng secara efektif. Di daerah Kabupaten Pamekasan terjadi kenaikan beban gempa pada tahun 2010 dan tahun 2017 sertakeadaan lereng yang tidak stabil sehingga perlu dievaluasi. Dalam penelitian ini akan dilakukan penelitian mengenai pengaruh perubahan beban gempa dalam peta hazard gempa Indonesia terhadap perencanaan perkuatan lereng menggunakan geotekstil.

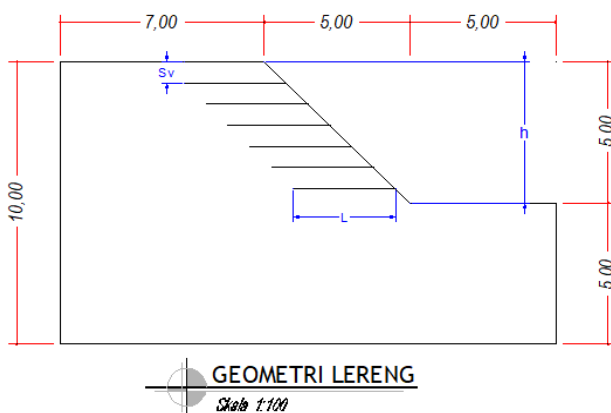
METODOLOGI PENELITIAN

Pemodelan Lereng

Pemodelan lereng ini meliputi geometri lereng, properti tanah, properti geotekstil.

Geometri Lereng

Geometri lereng terlihat pada Gambar 6



Gambar 6 Pemodelan Geometri Lereng
Sumber : Analisis Data (2018)

Dimana:

- Sv = Jarak vertikal antar geotekstil
- L= Panjang geotekstil
- H = Keringgian lereng

Properti Tanah

Properti tanah model lereng diberikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Properti Tanah

Properti	Lambang	Satuan
Berat Voume Tanah	γ	17 kN/m ³
Kohesi	c	10 kN/m ²
Sudut Geser	ϕ	30°

Sumber: Analisis Data (2018)

Properti Geotekstil

Kuat tarik Geotekstil (T) yang digunakan mencapai 50 kN/m.

Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian tersedia pada Tabel 2.

Tabel 2 Rancangan penelitian.

Peta gempa	Sv	L/H	SF
2010	0,5m	0,7	0,9
		1,1	0,7
	0,75m	0,9	1,1
		1,1	0,7
	1m	0,9	1,1
		1,1	0,7
2017	0,5m	0,7	0,9
		1,1	0,7
	0,75m	0,9	1,1
		1,1	0,7
	1m	0,9	1,1
		1,1	0,7

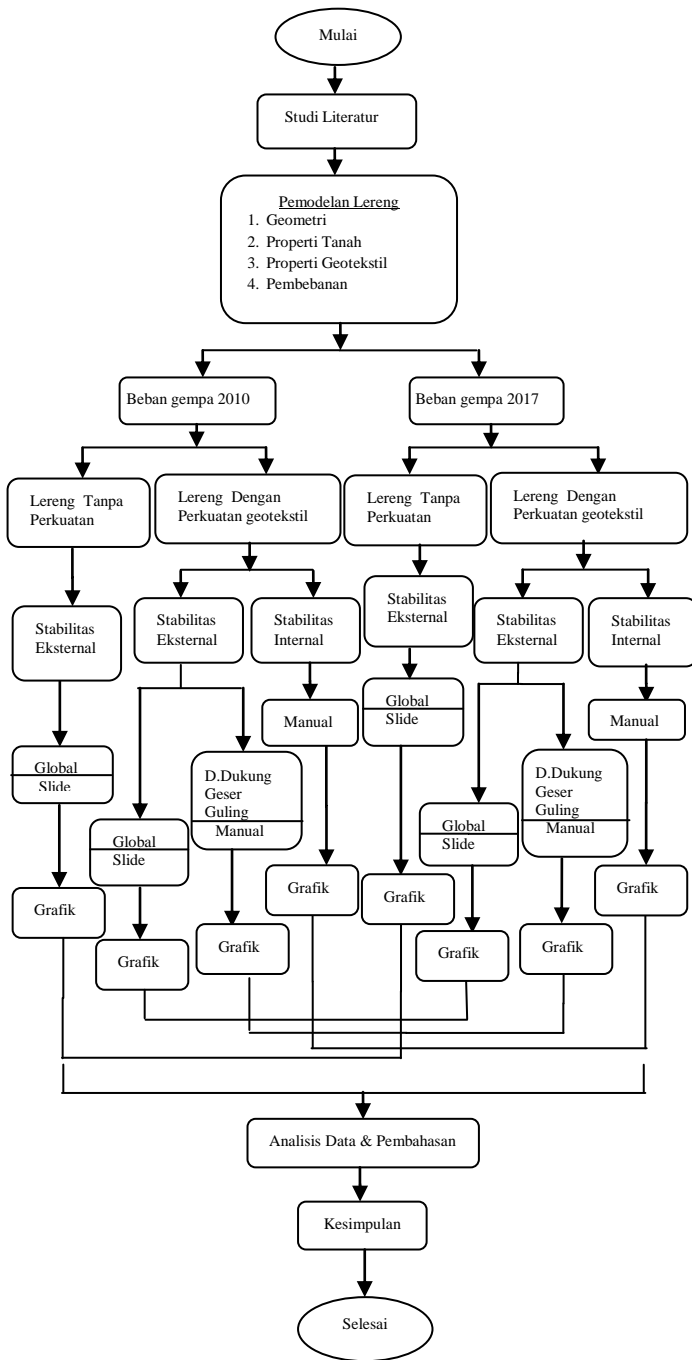
Sumber: Analisis Data (2018)

Dimana :

- Sv = Jarak vertical antar geotekstil
- L = Panjang geotekstil
- SF = Faktor keamanan

Diagram Alir Penelitian/Tahapan Penelitian

Tahapan pada penelitian ini digambarkan dalam bentuk diagram alir seperti terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Diagram Alir Penelitian.

Sumber: Analisis Data (2018)

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN
Perhitungan Koefisien Seismik Horizontal (kh)

1. Menentukan percepatan tanah puncak yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs F_{PGA} pada Tabel 3.

Tabel 3 Koefisien Situs F_{PGA}

Kelas Situs	$PGA \leq 0,1$	$PGA = 0,2$	$PGA = 0,3$	$PGA = 0,4$	$PGA \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	Lihat 6.9				

Sumber : Anonim, (2012)

Perolehan kelas situs SD (tanah sedang) :

Beban gempa tahun 2010, $PGA = 0,3 = 1,2$

Beban gempa tahun 2017, $PGA = 0,4 = 1,1$

2. Perhitungan $PGA_M 0,3$

$$PGA_M = F_{PGA} \times PGA$$

$$= 1,2 \times 0,3 = 3,6 \text{ g}$$

3. Perhitungan $PGA_M 0,4$

$$PGA_M = F_{PGA} \times PGA$$

$$= 1,1 \times 0,4 = 4,4 \text{ g}$$

4. Penentuan beban gempa (kh) : $0,5 \times PGA_M/g$

$$\text{Tahun 2010} = 0,5 \times 0,36g/g = 0,18$$

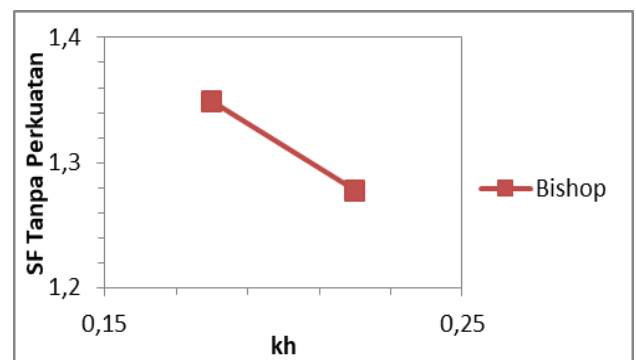
$$\text{Tahun 2017} = 0,5 \times 0,44g/g = 0,22$$

Diperoleh beban gempa tahun 2010 sebesar $kh = 0,18$ sedangkan pada tahun 2017 sebesar $0,22$

Grafik hasil perhitungan sbb:

1. Tanpa Perkuatan

Nilai faktor keamanan lereng tanpa perkuatan ditampilkan pada Gambar 8.



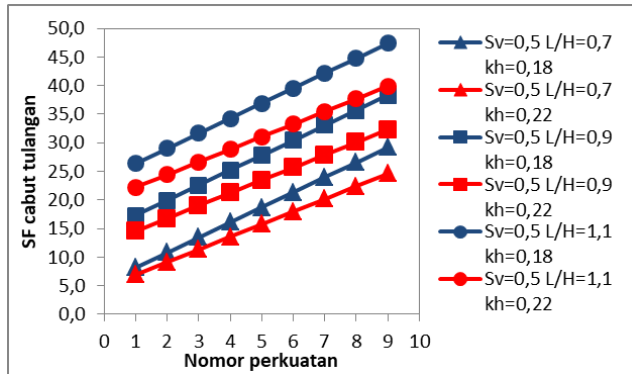
Gambar 8 Grafik faktor keamanan lereng tanpa perkuatan untuk beban gempa 2010 dan 2017 menggunakan Slide 6.0

Sumber: Analisis Data (2018)

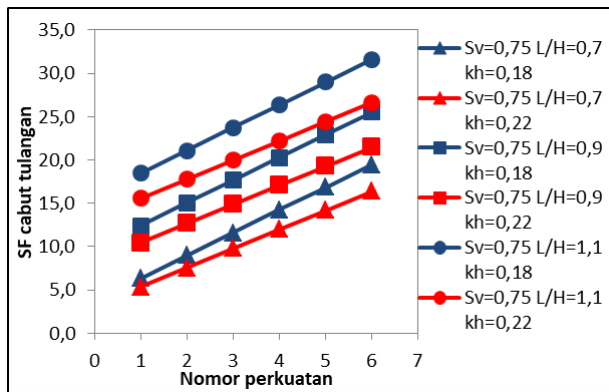
Dari hasil grafik analisis software Slide tanpa perkuatan pada Gambar 8 dapat dianalisa hasil SF sebesar 1,349 jika menggunakan beban gempa 2010 dan SF 1,278 jika menggunakan beban gempa 2017. Hal ini terjadi dikarenakan adanya perbedaan koefisien seismik horizontal (kh). Peningkatan kh dari 0,18 ke 0,22 mengakibatkan penurunan faktor keamanan.

2. Stabilitas Internal Cabut Tulangan

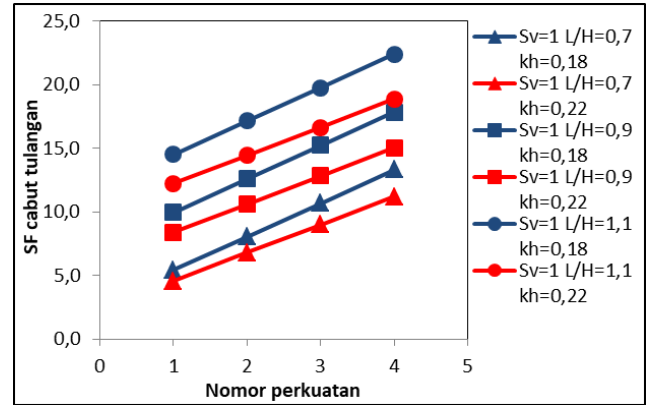
Nilai faktor keamanan dengan perkuatan terhadap stabilitas internal cabut tulangan ditampilkan pada Gambar 9, Gambar 10, dan Gambar 11.



Gambar 9 Grafik faktor keamanan terhadap cabut tulangan untuk Sv = 0,5 m
Sumber: Analisis data (2018)



Gambar 10 Grafik faktor keamanan terhadap cabut tulangan untuk Sv = 0,75 m
Sumber: Analisis data (2018)

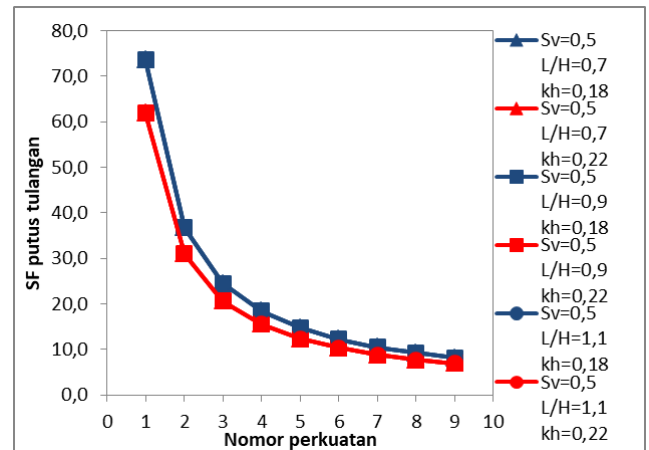


Gambar 11 Grafik faktor keamanan terhadap cabut tulangan untuk Sv = 1 m
Sumber: Analisis data (2018)

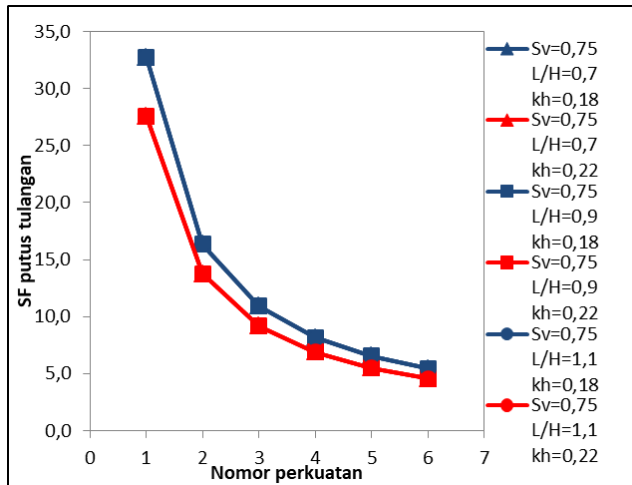
Dari Gambar 9, Gambar 10, dan Gambar 11 dapat dianalisis bahwa SF_{CT} untuk model lereng dengan beban gempa tahun 2010 (kh=0,18) lebih besar dibandingkan dengan model lereng dengan beban gempa tahun 2017 (kh=0,22). Selain itu, diperoleh bahwa semakin besar rasio L/H, semakin besar SF_{CT}. Hal ini dikarenakan panjang geotekstil (L) semakin besar. Hasil pada grafik tersebut juga menunjukkan bahwa semakin besar no. perkuatan, semakin besar SF_{CT}. Hal ini dikarenakan nilai Le setiap perkuatan semakin besar.

3. Stabilitas Internal Putus Tulangan

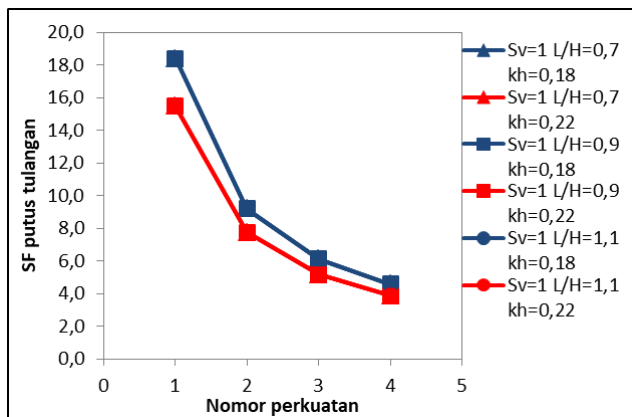
Nilai faktor keamanan dengan perkuatan terhadap stabilitas internal putus tulangan ditampilkan pada Gambar 12, Gambar 13, dan Gambar 14.



Gambar 12 Grafik faktor keamanan terhadap putus tulangan untuk Sv = 0,5 m
Sumber: Analisis Data (2018)



Gambar 13 Grafik faktor keamanan terhadap putus tulangan untuk Sv = 0,75 m
Sumber: Analisis data (2018)

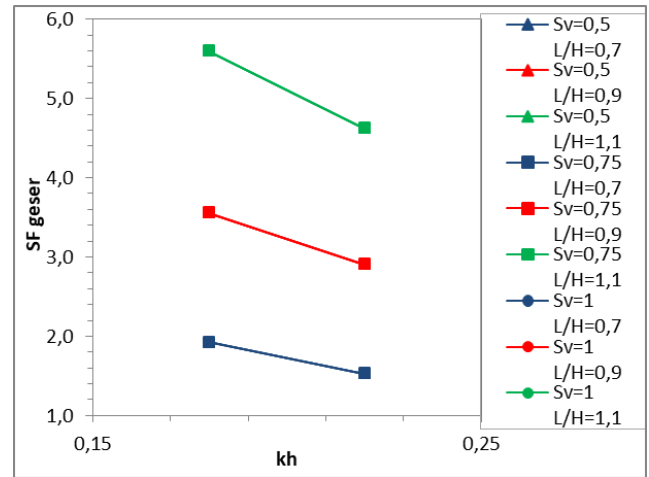


Gambar 14 Grafik faktor keamanan terhadap putus tulangan untuk Sv = 1 m
Sumber: Analisis data (2018)

Dari Gambar 12, Gambar 13, dan Gambar 14 dapat dianalisis bahwa SF_{PT} untuk model lereng dengan beban gempa tahun 2010 ($kh=0,18$) lebih besar dibandingkan dengan model lereng dengan beban gempa tahun 2017 ($kh=0,22$). Selain itu, diperoleh bahwa semakin besar rasio L/H, semakin besar SF_{PT} . Hal ini dikarenakan panjang geotekstil (L) semakin besar. Hasil pada grafik tersebut juga menunjukkan bahwa semakin besar no. perkuatan, semakin kecil SF_{PT} . Hal ini dikarenakan nilai z setiap perkuatan semakin besar.

4. Stabilitas Eksternal Terhadap Geser

Nilai faktor keamanan dengan perkuatan stabilitas eksternal terhadap geser ditampilkan pada Gambar 15.

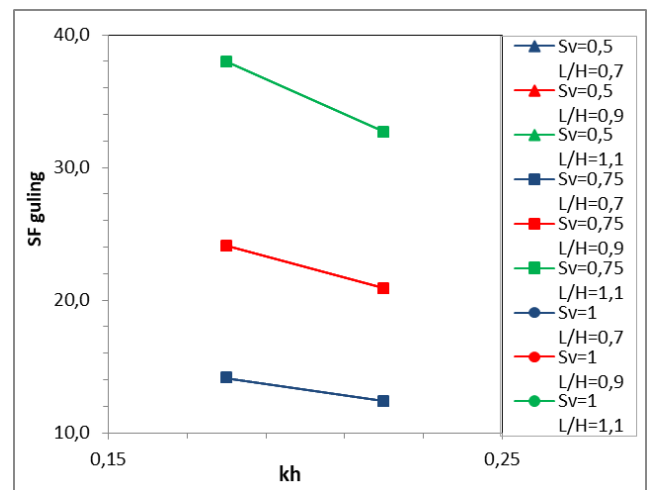


Gambar 15 Grafik faktor keamanan terhadap geser
Sumber: Analisis Data (2018)

Dari Gambar 15, Grafik hasil perhitungan hubungan antara koefisien gempa (kh) terhadap SF_{geser} dapat dianalisis bahwa SF_{geser} untuk model lereng dengan beban gempa tahun 2010 ($kh=0,18$) lebih besar dibandingkan dengan model lereng dengan beban gempa tahun 2017 ($kh=0,22$). Selain itu, hasil pada grafik tersebut juga menunjukkan bahwa semakin besar rasio L/H, semakin besar SF_{geser} . Hal ini dikarenakan panjang geotekstil (L) yang semakin besar. Pada perhitungan stabilitas geser, Sv tidak berpengaruh terhadap hasil grafik.

5. Stabilitas Eksternal Terhadap Guling

Nilai faktor keamanan dengan perkuatan stabilitas eksternal terhadap geser ditampilkan pada Gambar 16.

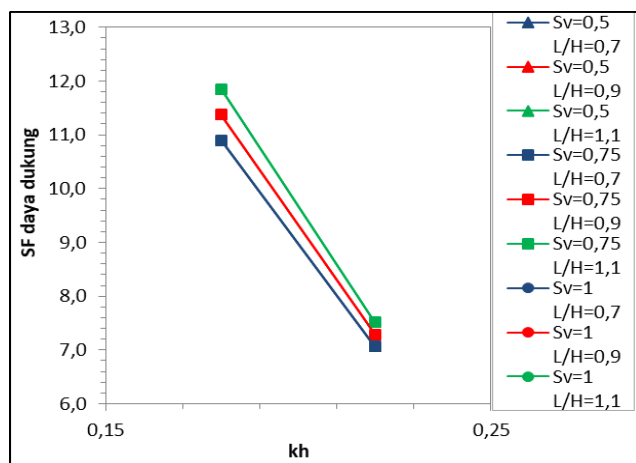


Gambar 16 Grafik faktor keamanan stabilitas terhadap guling
Sumber: Analisis Data (2018)

Dari Gambar 16 , Grafik hasil perhitungan hubungan antara koefisien gempa (kh) terhadap SF_{guling} dapat dianalisis bahwa SF_{guling} untuk model lereng dengan beban gempa tahun 2010 ($kh=0,18$) lebih besar dibandingkan dengan model lereng dengan beban gempa tahun 2017 ($kh=0,22$). Selain itu, diperoleh bahwa semakin besar rasio L/H , semakin besar SF_{guling} . Hal ini dikarenakan panjang geotekstil (L) yang semakin besar. Pada perhitungan stabilitas guling, S_v tidak berpengaruh terhadap hasil grafik.

6. Stabilitas Eksternal Terhadap Kegagalan Daya Dukung

Nilai faktor keamanan dengan perkuatan stabilitas eksternal terhadap geser ditampilkan pada Gambar 17.

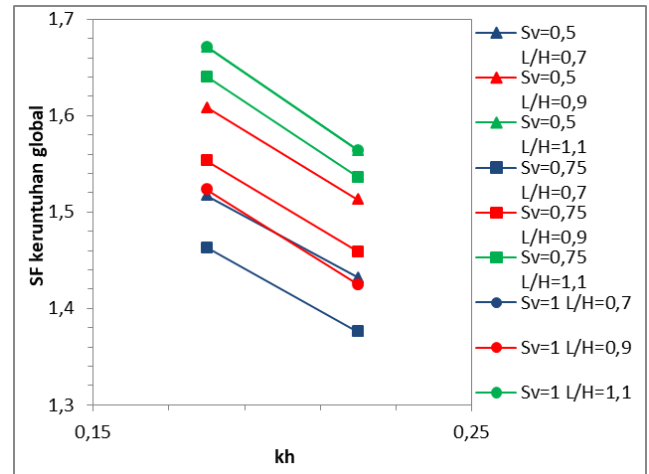


Gambar 17 Grafik faktor keamanan stabilitas terhadap daya dukung
Sumber: Analisis Data (2018)

Dari Gambar 17 , Grafik hasil perhitungan hubungan antara koefisien gempa (kh) terhadap $SF_{dayadukung}$ dapat dianalisis bahwa $SF_{dayadukung}$ untuk model lereng dengan beban gempa tahun 2010 ($kh=0,18$) lebih besar dibandingkan dengan model lereng dengan beban gempa tahun 2017 ($kh=0,22$). Selain itu, diperoleh bahwa semakin besar rasio L/H , semakin besar $SF_{dayadukung}$. Hal ini dikarenakan panjang geotekstil (L) yang semakin besar. Pada perhitungan stabilitas guling, S_v tidak berpengaruh terhadap hasil grafik.

7. Stabilitas Eksternal Terhadap Keruntuhan Global

Nilai faktor keamanan dengan perkuatan stabilitas eksternal terhadap geser ditampilkan pada Gambar 18.



Gambar 18 Grafik faktor keamanan stabilitas terhadap keruntuhan global menggunakan Slide 6.0
Sumber: Analisis Data (2018)

Dari Gambar 18, Grafik hasil perhitungan hubungan antara koefisien gempa (kh) terhadap $SF_{keruntuhan global}$ dapat dianalisis bahwa $SF_{keruntuhan global}$ untuk model lereng dengan beban gempa tahun 2010 ($kh=0,18$) lebih besar dibandingkan dengan model lereng dengan beban gempa tahun 2017 ($kh=0,22$). Hal ini terjadi dikarenakan adanya perbedaan koefisien seismik horizontal (kh). Peningkatan kh dari 0,18 ke 0,22 mengakibatkan penurunan faktor keamanan.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Perubahan beban gempa 2010 ke 2017 menyebabkan terjadinya penurunan angka keamanan (SF) baik untuk lereng tanpa perkuatan maupun lereng dengan perkuatan.
2. Besarnya penurunan SF lereng tanpa perkuatan akibat perubahan beban gempa 2010 ke 2017 sebesar 5,263% menggunakan perhitungan Slide 6.0. Besarnya SF tanpa perkuatan pada beban gempa tahun 2010 ($kh = 0,18$) lebih besar dari beban gempa tahun 2017 ($kh= 0,22$) menggunakan program Slide 6.0.
3. Besarnya penurunan SF cabut tulangan akibat perubahan beban gempa 2010 ke 2017 sebesar 15,789%. Besarnya SF cabut tulangan dalam kondisi stabilitas internal apabila S_v semakin besar tampak nilai SF cabut tulangan tahun 2017 ($kh=0,22$) dengan variasi rasio L/H semakin besar mengalami penurunan dibandingkan dengan SF cabut tulangan tahun 2010 ($kh=0,18$).
4. Besarnya penurunan SF putus tulangan akibat perubahan beban gempa 2010 ke 2017 sebesar 15,789%. Besarnya SF putus tulangan dalam kondisi stabilitas internal apabila S_v semakin besar tampak nilai SF putus tulangan tahun 2017

- ($kh=0,22$) dengan variasi rasio L/H semakin besar mengalami penurunan dibandingkan dengan SF putus tulangan tahun 2010 ($kh=0,18$).
5. Besarnya penurunan SF terhadap geser akibat perubahan beban gempa 2010 ke 2017 berkisar antara 17,4 sampai dengan 20,5%. Besarnya SF geser pada beban gempa tahun 2010 ($kh = 0,18$) lebih besar dari beban gempa tahun 2017 ($kh=0,22$) dengan variasi Sv semakin besar.
 6. Besarnya penurunan SF terhadap guling akibat perubahan beban gempa 2010 ke 2017 berkisar antara 12,3% sampai dengan 14,4%. Besarnya SF guling dengan variasi Sv dan rasio L/ H yang semakin besar mengakibatkan SF pada beban gempa tahun 2010 ($kh = 0,18$) lebih besar dari beban gempa tahun 2017 ($kh= 0,22$).
 7. Besarnya penurunan SF terhadap kegagalan daya dukung akibat perubahan beban gempa 2010 ke 2017 berkisar antara 35,2% sampai dengan 36,6%. Besarnya SF daya dukung pada beban gempa tahun 2010 ($kh = 0,18$) lebih besar dari beban gempa tahun 2017 ($kh= 0,22$) dengan variasi Sv dan dan rasio L/ H yang semakin besar.
 8. Besarnya penurunan SF terhadap keruntuhan global akibat perubahan beban gempa 2010 ke 2017 berkisar antara 5,6% sampai dengan 6,4%. Besarnya SF keruntuhan global pada beban gempa tahun 2010 ($kh = 0,18$) lebih besar dari beban gempa tahun 2017 ($kh= 0,22$) dengan menggunakan program Slide 6.0.
- Hilonside.<http://www.hilonsinside.com/blog/mengenal-4-langkah-sederhan-pemasangan-geo-textile/> diunduh pada 3 November (2017).
- Hutama, Dio Alif. (2017). Validasi Grafik Probabilitas Kestabilan lereng menggunakan Slide 6.0. Jurnal Agregat. vol
- International Code Council, Inc., (2009), *Internasional Building Code*.
- Isnaniati. (2017). Studi Komparatif Daya Dukung Pondasi Tiang Dengan Teori Meyerhoff Terhadap Teori L'Decourt Berdasar Hasil Uji N-SPT Di Surabaya Timur. Jurnal Agregat. Vol. 2, No. 2: 153-158
- Kementerian PUPR. <http://puskim.pu.go.id/launching-peta-sumber-dan-bahaya-gempa-indonesia-tahun-2017/> diunduh pada 2 November (2017).
- Milson, J., Masson D., Nichols G., Sikumbang N., Dwiyanto B., Parson L., Kallagher H., (1992), *The Manokwari Trough and The Western End of The New Guinea Trench*, Tectonics, 11, 145-153.
- Octovian Cherianto Parluhutan Rajagukguk. (2014). ANALISIS KESTABILAN LERENG DENGAN METODE BISHOP. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Standar Nasional Indonesia, (2002), *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung* (SNI 03-1726-2002), Badan Standardisasi Nasional.
- Sutarman E., (2013). *Konsep dan Aplikasi Pengantar Teknik Sipil*. ANDI. Bandung.
- Tencategeo. <https://www.tencategeo.asia/> diunduh pada 12 Agustus (2018).

DAFTAR PUSTAKA

- Bird, P., (2003), *An updated digital model of plate boundaries: Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, v. 4, no. 3, 1027, doi:10.1029/2001GC000252.
- BSN. (2017). Rancangan Standar Nasional Indonesia 3 Persyaratan Perancangan Geoteknik.
- Chasanah, Uswatun. (2012). Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Program Geoslope. Universitas Sebelas Maret. Semarang.
- DPU. (2009). *Pedoman Konstruksi Bangunan: Perencanaan dan Pelaksanaan Perkuatan tanah dengan Geosintetik* No. 003/BM/2009.
- Das , Braja M. (2009). *Shallow Foundations Bearing Capacity And Settlement*. Florida, USA: CRC Press.
- Ebrahimi, Sara. (2011). Extension of Mononobe-okabe Approach unstable Slopes. Thesis, Newark: University of Delawere
- Hardiyatmo, H.C. 2002. *Mekanika Tanah I*. Universitas Gadjah Mada, Bandung. 399 hal.