

PENGARUH PERUBAHAN PETA *HAZARD* GEMPA INDONESIA TERHADAP PERENCANAAN PERKUATAN LERENG MENGGUNAKAN *SOIL NAILING*

Rani Anggraini¹⁾, Dio Alif Hutama²⁾, Isnaniati³⁾

¹⁾ Progam Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
Universitas Muhammadiyah Surabaya
Jl. Sutorejo No.59 Surabaya, Telp 031-3811966
Email: rani300196@gmail.com

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

³⁾ Progam 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 is the improvement of the 2010 hazard maps. In this revision, it was found that the design seismic load has been changed for several regions, one of them was Bojonegoro regency. So it is necessary to evaluate the value of the safety factor (FS) of the slope. The aim of this study was to compare FS of slopes reinforced with soil nailing due to the 2010 and 2017 seismic loads on internal and external stability by using two calculation methods, namely manual calculation and Rocscience Slide 6.0 program. The variation used in this study was vertical spacing of reinforcement ($S_v = 1$), the ratio of the length of the reinforcement and the height of the slope (L/H), the reinforcement angle (θ). The results of the analysis show the decreasing of safety factor (FS) for unreinforced slope due to changes in the 2010 to 2017 seismic load of 4,0% calculated using Slide 6.0. Internal stability of pullout decreased about 13,04% - 17,08%. Internal stability of rupture decreased about 0,77% - 34,3%. External stability against sliding shows the decreasing of FS about 9,1% - 12,9%. External stability against bearing capacity failure shows the decreasing of SF about 10,8% - 11,0%. Global stability shows the decreasing of SF about 4,6% - 8,9%.

Keywords: Indonesia Seismic Hazard Maps, Slope, Soil Nailing, Slide 6.0

Abstrak

Revisi peta gempa hazard Indonesia 2017 merupakan penyempurnaan dari peta gempa hazard 2010. Pada revisi tersebut ditemukan perubahan beban gempa pada beberapa daerah dimana salah satunya adalah kabupaten Bojonegoro, sehingga perlu dilakukan evaluasi terhadap nilai faktor keamanan (FS) pada lereng. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan FS lereng dengan perkuatan *soil nailing* akibat beban gempa 2010 dan 2017 pada stabilitas internal dan stabilitas eksternal dengan menggunakan dua metode perhitungan yaitu perhitungan manual dan program Rocscience Slide 6.0. Variasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah jarak antar perkuatan ($S_v = 1$), rasio panjang perkuatan dan tinggi lereng (L/H), sudut perkuatan (θ). Hasil penelitian perhitungan Slide 6.0 lereng tanpa perkuatan menunjukkan adanya penurunan besarnya SF dari perubahan beban gempa 2010 ke 2017 sebesar 4,0%. Besarnya penurunan FS putus tulangan berkisar 13,04% - 17,08%. Besarnya penurunan FS cabut tulangan berkisar 0,77% - 34,3%. Besarnya penurunan FS terhadap geser berkisar 9,1% - 12,9%. Besarnya penurunan FS kegagalan daya dukung berkisar 10,8% - 11,0%. Besarnya penurunan FS keruntuhan global berkisar 4,6% - 8,9%.

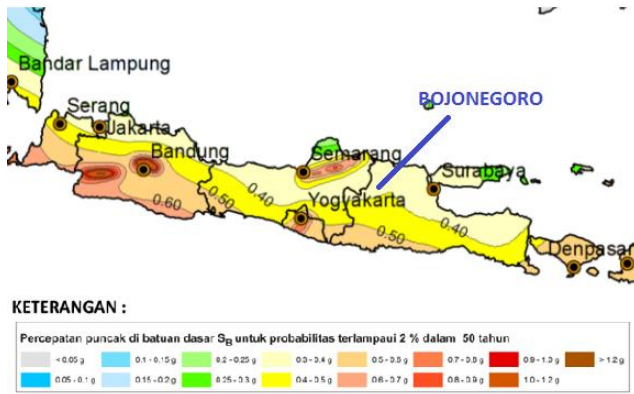
Kata Kunci : Peta *Hazard* Gempa, Lereng, *Soil Nailing*, slide 6.0

PENDAHULUAN

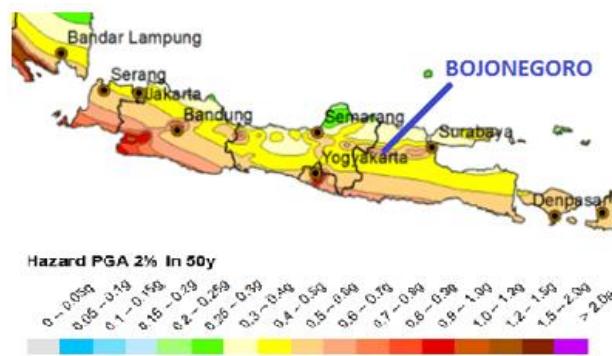
Lereng merupakan permukaan bumi yang membentuk sudut kemiringan tertentu dengan bidang horizontal. Sudut pada lereng tersebut dapat mempengaruhi kestabilan tanah dan dapat menyebabkan tanah kehilangan daya dukung sehingga terjadi ketidakseimbangan gaya yang bekerja pada lereng dan mengakibatkan kelongsoran. Selain itu jika terjadi perubahan beban gempa pada lereng, maka penentuan sudut merupakan faktor penting dalam perencanaan stabilitas seismik lereng.

Perubahan peta gempa hazard Indonesia 2017 merupakan perubahan penyempurna dari peta gempa hazard 2010. Jika pada peta gempa hazard 2010 hanya

ditemukan 81 sesar pemicu gempa aktif, pada peta gempa hazard 2017 ditemukan 295 sesar pemicu gempa aktif. Salah satu tempat yang memiliki perubahan beban gempa adalah di wilayah kabupaten Bojonegoro, dan wilayah kabupaten Bojonegoro inilah yang akan menjadi bahan penelitian ini. Dengan penemuan terbaru ini diharapkan dapat membantu mengantisipasi bencana gempa yang akan terjadi di kemudian hari.



Gambar 1 Wilayah Kabupaten Bojonegoro pada Peta Hazard Gempa Indonesia 2010.
Sumber: Kementerian PUPR



Gambar 0 Wilayah Kabupaten Bojonegoro pada Peta Hazard Gempa Indonesia 2017
Sumber: Kementerian PUPR

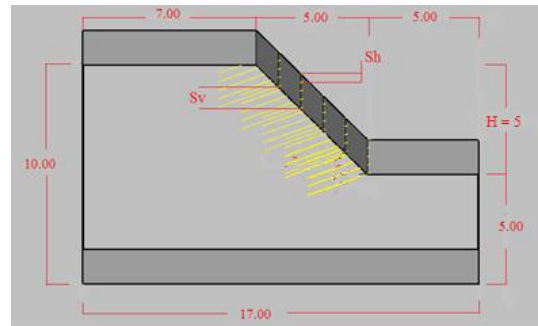
Perubahan yang terjadi pada peta hazard gempa Indonesia akan menyebabkan beberapa perubahan dalam perencanaan konstruksi. Salah satu perubahan yang terjadi adalah pada perubahan beban gempa. Pada lereng yang memiliki kemiringan dan beban yang besar memerlukan sebuah perkuatan pada lereng tersebut. *Soil Nailing* adalah salah satu jenis perkuatan pada lereng yang sering digunakan. Terjadinya kenaikan beban gempa pada tahun 2010 ke 2017 di kabupaten Bojonegoro menyebabkan perlunya dilakukan evaluasi. Dalam penelitian ini akan dilakukan penelitian mengenai pengaruh perubahan beban gempa pada peta hazard gempa Indonesia menggunakan perkuatan *soil nailing*.

METODOLOGI PENELITIAN
Pemodelan Lereng

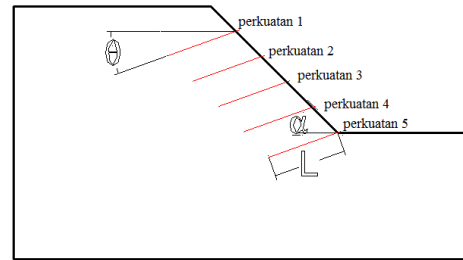
Pemodelan lereng ini meliputi geometri lereng, properti tanah, properti soil nailing.

Geometri Lereng

Geometri lereng terlihat pada gambar 3



Gambar 3 Geometri Lereng
Sumber: Analisis data (2018)



Gambar 4 Penomoran perkuatan
Sumber: Analisis data (2018)

Keterangan :

- H = tinggi lereng
- L = panjang perkuatan
- Sv = jarak vertikal antarperkuatan
- Sh = jarak horizontal antarperkuatan
- θ = sudut antar perkuatan dengan lereng
- α = sudut lereng

Properti Tanah

Properti tanah model lereng diberikan pada tabel 1.

Tabel 1 Properti Tanah

Properti	Lambang	Satuan
Berat Voume Tanah	γ	16,5 kN/m ³
Kohesi	c	15 kN/m ²
Sudut Geser	ϕ	30°
Sudut Lereng	α	45°

Properti Soil Nailing

Kuat tarik Soil Nailing (T) mencapai 100 kN/m

Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian tersedia pada Tabel 2.

Tabel 2 Rancangan penelitian

SV	θ°	L/h	Beban Gempa 2010	Beban Gempa 2017
1	10	0,6		
		0,9		
		1,2		

	0,6
15	0,9
	1,2
	0,6
20	0,9
	1,2

Sumber : Anonim (2012)

Perolehan kelas situs SD (tanah sedang) :

- Beban gempa tahun 2010, = 1,1
- Beban gempa tahun 2010, = 1,0

2. Perhitungan PGA_M 2010

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

$$= 1,1 \cdot 0,4 = 0,44 \text{ g}$$

3. Perhitungan PGA_M 2017

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

$$= 1,0 \cdot 0,5 = 0,5 \text{ g}$$

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

$$\text{Tahun 2010} = 0,5 \times 0,44/g = 0,22$$

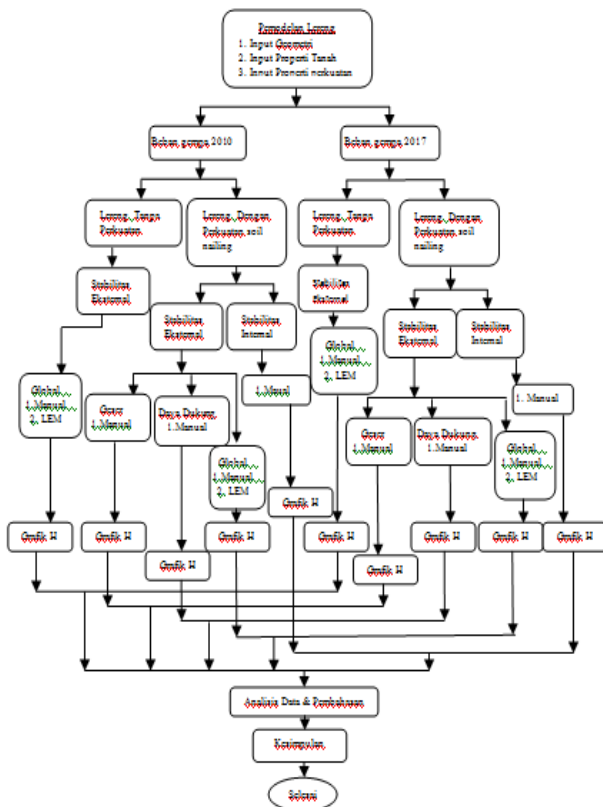
$$\text{Tahun 2017} = 0,5 \times 0,5/g = 0,25$$

Sumber : Analisis Data

Berdasarkan R3 SNI Persyaratan Perancangan Geoteknik (2017) disyaratkan kemiringan Soil Nailing berkisar antara 10° sampai 20° . Untuk panjang Soil Nailing berkisar antara 0,6H sampai 1,2H.

Diagram Alir Penelitian/Tahapan Penelitian

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



Gambar 5 Diagram Alir Penelitian.

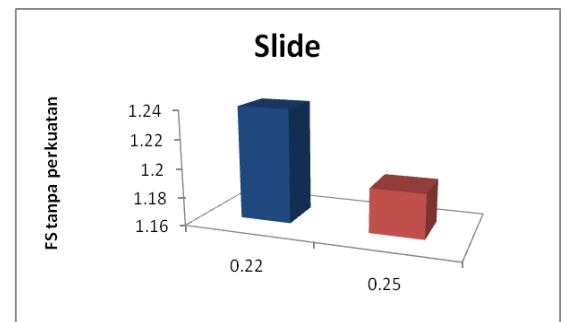
Sumber : Analisis data

Dari hasil perhitungan di atas diperoleh koefisien seismic horizontal pada tahun 2010 sebesar 0,22 dan pada tahun 2017 sebesar 0,25.

Grafik Hasil Perhitungan

1. Tanpa perkuatan

Hasil faktor keamanan pada lereng tanpa perkuatan akan disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6 grafik stabilitas lereng tanpa perkuatan.

Sumber: Analisis data (2018)

Dari hasil grafik analisis software Slide tanpa perkuatan pada Gambar 6 dapat analisis apabila menggunakan beban gempa 2010 diperoleh FS sebesar 1,240, dan pada analisis menggunakan beban gempa 2017 diperoleh sebesar 1,191. Dari hasil perhitungan FS menggunakan software Slide tersebut menunjukkan penurunan hasil FS. Hal ini diakibatkan karena penambahan nilai Kh yang mengakibatkan bertambahnya momen dorong sehingga FS makin kecil.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Koefisien Seismik Horizontal

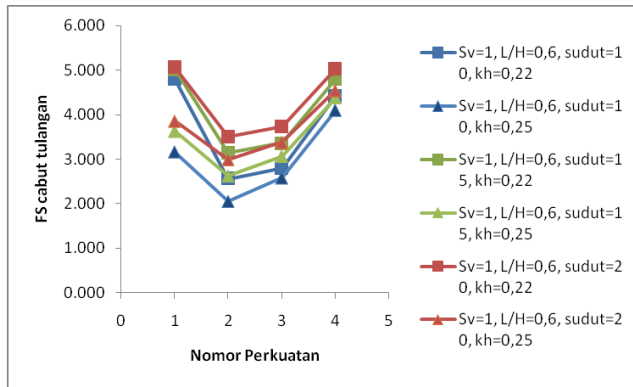
1. Menentukan percepatan tanah puncak yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs F_{PGA} pada tabel 3.

Tabel 3 Koefisien Situs F_{PGA}

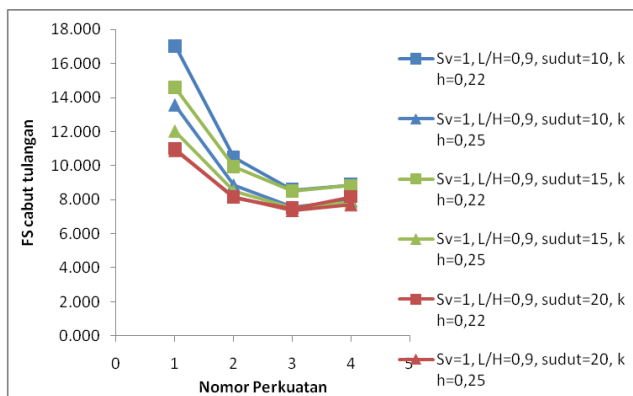
Kelas Situs	$PGA \leq 0,1$	$PGA = 0,2$	$PGA = 0,3$	$PGA = 0,4$	$PGA \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	Lihat 6.9				

2. Stabilitas Internal Cabut Tulangan

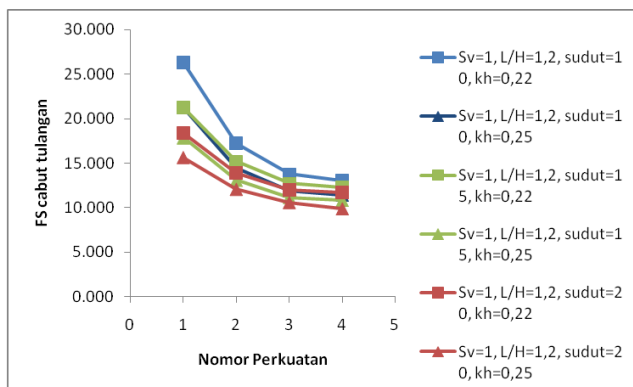
Hasil faktor keamanan stabilitas internal cabut tulangan akan disajikan pada Gambar 7, Gambar 8, Gambar 9.



Gambar 7 Grafik faktor keamanan terhadap cabut tulangan untuk Sv = 1 dan L = 0,6
Sumber: Analisis data



Gambar 8 Grafik faktor keamanan terhadap cabut tulangan untuk Sv = 1 dan L = 0,9
Sumber: Analisis data

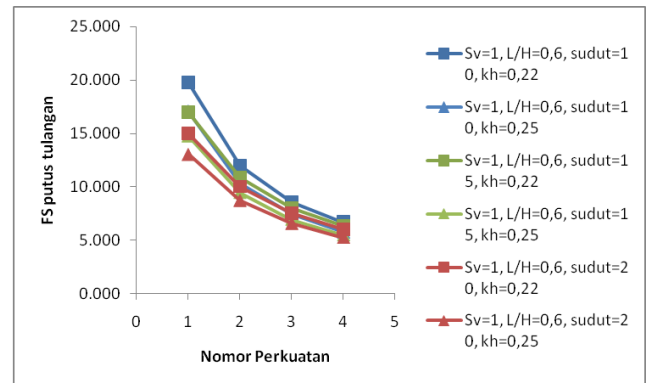


Gambar 9 Grafik faktor keamanan terhadap cabut tulangan untuk Sv = 1 dan L = 1,2
Sumber: Analisis data

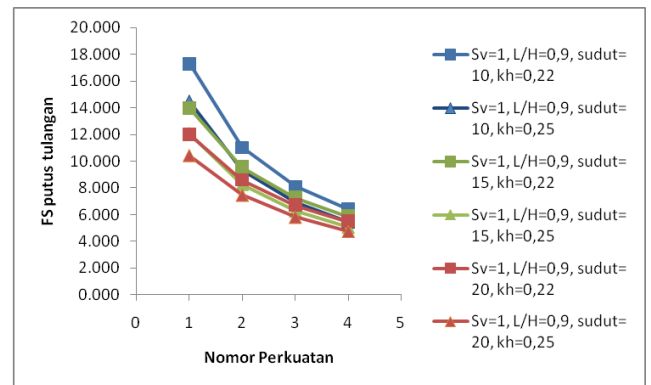
Dari Gambar 8, Gambar 9, Gambar 10 Grafik hasil perhitungan hubungan antara nomor perkuatan dan FS cabut tulangan pada beban gempa 2010 menunjukkan nilai FS yang lebih besar dibandingkan pada beban gempa. Hal ini dikarenakan nilai K_a pada tahun 2010 lebih kecil dari K_a pada tahun 2017 sehingga nilai FS tiap perkuatan pada tahun 2010 lebih besar dari FS pada 2017.

3. Stabilitas Internal Putus Tulangan

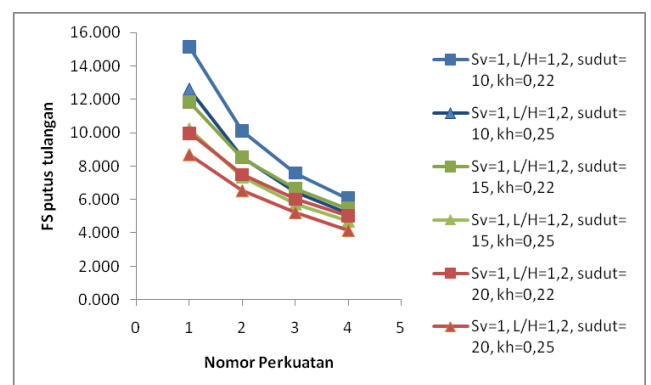
Hasil faktor keamanan stabilitas internal putus tulangan akan disajikan pada Gambar 10, Gambar 11, Gambar 12.



Gambar 10 Grafik faktor keamanan terhadap putus tulangan untuk Sv = 1 dan L = 0,6
Sumber: Analisis data



Gambar 11 Grafik faktor keamanan terhadap putus tulangan untuk Sv = 1 dan L = 0,9
Sumber: Analisis data



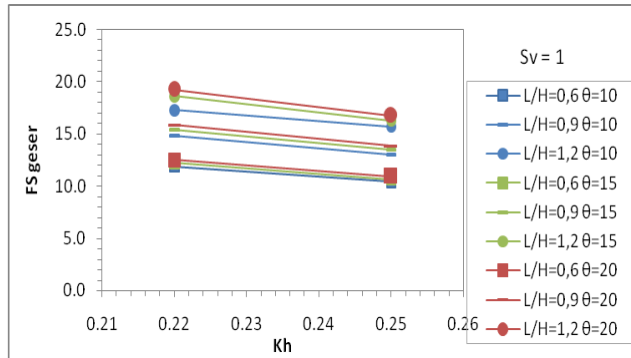
Gambar 12 Grafik faktor keamanan terhadap putus tulangan untuk Sv = 1 dan L = 1,2
Sumber: Analisis data

Dari Gambar 11, Gambar 12, Gambar 13 Grafik hasil perhitungan hubungan antara nomor perkuatan dan FS putus tulangan pada beban gempa 2010 menunjukkan nilai FS yang lebih besar dibandingkan pada beban gempa. Hal ini dikarenakan nilai K_a pada tahun 2010 lebih kecil dari

Ka pada tahun 2017 sehingga nilai FS tiap perkuatan pada tahun 2010 lebih besar dari FS pada 2017.

4. Stabilitas Eksternal Terhadap Geser

Hasil faktor keamanan stabilitas eksternal terhadap geser akan disajikan pada Gambar 13.

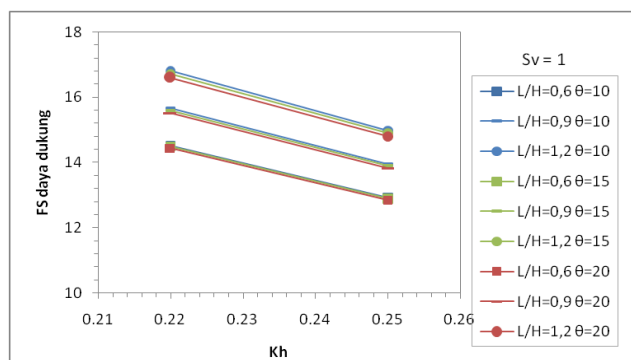


Gambar 13 Grafik faktor keamanan Stabilitas Terhadap Geser untuk Sv = 1
Sumber: Analisis data (2018)

Dari Gambar 14 Grafik hasil perhitungan hubungan antara Kh dan FS geser pada beban gempa 2010 menunjukkan nilai FS yang lebih besar dibandingkan pada beban gempa 2017. Hal ini dikarenakan nilai Ka pada tahun 2010 lebih kecil dari Ka pada tahun 2017 sehingga nilai FS tiap perkuatan pada tahun 2010 lebih besar dari FS pada 2017.

5. Stabilitas Eksternal Terhadap Kegagalan Daya Dukung

Hasil faktor keamanan stabilitas eksternal terhadap kegagalan daya dukung akan disajikan pada Gambar 14.

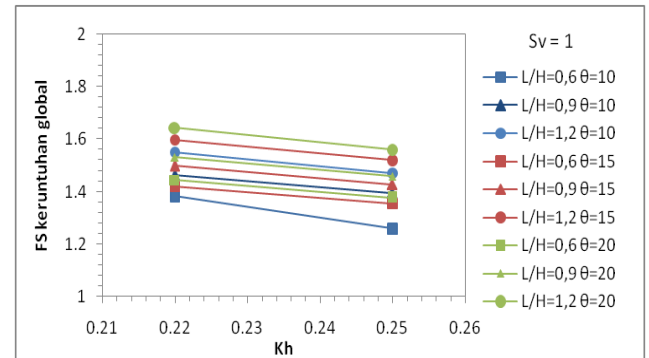


Gambar 14 Grafik faktor keamanan Stabilitas Terhadap Kegagalan Daya Dukung untuk Sv = 1
Sumber: Analisis data

Dari Gambar 15 Grafik hasil perhitungan hubungan antara Kh dan FS daya dukung pada beban gempa 2010 menunjukkan nilai FS yang lebih besar dibandingkan pada beban gempa 2017. Hal ini dikarenakan nilai N_{CE}, N_{QE} dan N_{YE} pada tahun 2010 lebih besar dari N_{CE}, N_{QE} dan N_{YE} pada tahun 2017 sehingga nilai FS tiap perkuatan pada tahun 2010 lebih besar dari FS pada 2017.

6. Stabilitas Eksternal Terhadap Keruntuhan Global

Hasil faktor keamanan stabilitas eksternal terhadap kegagalan daya dukung akan disajikan pada Gambar 15.



Gambar 15 Grafik faktor keamanan Stabilitas Terhadap Keruntuhan Global untuk Sv = 1
Sumber: Analisis data

Dari Gambar 16 Grafik hasil perhitungan hubungan antara Kh dan FS keruntuhan global pada beban gempa 2010 menunjukkan nilai FS yang lebih besar dibandingkan pada beban gempa 2017 Hal ini diakibatkan karena penambahan nilai Kh yang mengakibatkan bertambahnya momen dorong sehingga FS makin kecil. Selain itu, Pada L/H semakin panjang menunjukkan hasil Fs yang lebih besar. Ini dikarenakan apabila L/H semakin panjang maka momen dorong makin meningkat sehingga Fs yang dihasilkan semakin besar. Dan apabila sudut (θ) yang di pakai semakin besar maka FS yang dihasilkan akan semakin besar.

Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Besar FS yang dihasilkan oleh lereng tanpa perkuatan pada beban gempa 2010 ($kh = 0,22$) lebih besar dibandingkan pada beban gempa 2017 ($kh = 0,25$) baik menggunakan Slide 6.0.
2. Pada perhitungan FS terhadap cabut tulangan menunjukkan adanya penurunan, lereng dengan beban gempa 2010 ($kh = 0,22$) menunjukkan nilai FS yang lebih besar dibandingkan pada beban gempa 2017 ($kh = 0,25$) dengan variasi yang sama. Besarnya penurunan FS cabut tulanga berkisar 8,9% - 24,6%. Dan pada perhitungan ini juga menunjukkan apabila sudut perkuatan semakin besar maka FS yang akan dihasilkan akan semakin kecil.
3. Pada perhitungan FS terhadap putus tulangan menunjukkan adanya penurunan, lereng dengan beban gempa 2010 ($kh = 0,22$) menunjukkan nilai FS yang lebih besar dibandingkan pada beban gempa 2017 ($kh = 0,25$) dengan variasi yang sama. Besarnya penurunan FS cabut tulanga berkisar 8,9% - 24,6%. Dan pada perhitungan ini juga menunjukkan apabila sudut perkuatan semakin besar maka FS yang akan dihasilkan akan semakin kecil.
4. Pada perhitungan FS stabilitas terhadap geser menunjukkan adanya penurunan, lereng dengan beban gempa 2010 ($kh = 0,22$) menunjukkan nilai FS

- yang lebih besar dibandingkan pada beban gempa 201 (kh = 0,25) dengan variasi yang sama. Besarnya penurunan FS terhadap geser berkisar 9,1% - 13,3%.
5. Pada perhitungan FS stabilitas terhadap kegagalan daya dukung menunjukkan adanya penurunan, lereng dengan beban gempa 2010 (kh = 0,22) menunjukkan nilai FS yang lebih besar dibandingkan pada beban gempa 2017 (kh = 0,25) dengan variasi yang sama. Besarnya penurunan FS kegagalan daya dukung berkisar 10,7% - 11,0%.
 6. Pada perhitungan FS stabilitas terhadap keruntuhan global menunjukkan adanya penurunan, lereng dengan beban gempa 2010 (kh = 0,22) menunjukkan nilai FS yang lebih besar dibandingkan pada beban gempa 201 (kh = 0,25) dengan variasi yang sama. %. Besarnya penurunan FS keruntuhan global berkisar 10,7% - 11,0%.
- DARTAR PUSTAKA**
- BSN. 2017. *Rancangan Standart Nasional Indonesia 3 Persyaratan Perancangan Geoteknik*.
- Chasanah, Uswatun. 2012. Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Program Geoslope. Universitas Sebelas Maret. Semarang.
- 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.
- Hanggoro Tri Cahyo A. 2013. Prediksi Kedalaman Dan Bentuk Bidang Longsoran Pada Lereng Jalan Raya Sekaran Gunungpati Semarang Berdasarkan Pengujian Sondir(147g. (<http://sipil.ft.uns.ac.id/konteks7/prosiding/147G.pdf>) diakses pada tanggal 11 Desember 2017.
- Hanif, Fawwas. 2017. Analisis Perkuatan Soil Nailing Sebagai Metode Perbaikan Stabilitas Lereng. (<http://matriks.sipil.ft.uns.ac.id/index.php/MaTekSi/arti cle/download/754/664>) diakses pada tanggal 10 Desember 2017
- Hutama, Dio Alif. 2017. Validasi Grafik Probabilitas Kestabilan lereng menggunakan Slide 6.0. Jurnal Agregat. Vol
- 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
- Kemantapan lereng. 2012. (<https://wingmanarrows.wordpress.com/2012/10/05/kemantapan-lereng/>) diakses pada tanggal 5 November 2017.
- Kumalasari, Vitriana. 2012. Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Soil Nailing Meggunakan Program Geoslope. Surakarta : Universitas Sebelas Maret.
- Makmur, Akhmad S. (<https://achmadsya.wordpress.com/2010/04/23/ap-a-itu-peta-gempa/>) diakses pada tanggal 6 November 2017.
- Maulana, Hamzah. 2017. (<https://id.scribd.com/doc/32682570/s-Geoteknik-Tutorial-Rocscience-Slide>) diakses pada tanggal 8 November 2017.
- Pujianto, Heru. 2017. Analisis Pengaruh Beban Gempa Terhadap Stabilitas Lereng Di Desa Sendangmulyo, Tirtomoyo, Wonogiri. (<http://matriks.sipil.ft.uns.ac.id/index.php/MaTekSi/article/view/File/716/627>) diakses pada tanggal 11 Desember 2017.
- Rajagukguk, Octovian Cherianto Perluhan. 2014. Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Bishop (Studi kasus: Kawasan Citraland sta.1000m) *Jurnal Sipil Statik*, Vol.2, No.3: 139-147.
- Rekayasa UNHAS.2011. (<http://geologirekayasaunhas.blogspot.co.id/2011/04/analisis-stabilan-lereng.html>) diakses pada tanggal 5 November 2017.