

**PENGARUH KONDISI EKSTRIM TERHADAP STABILITAS INTERNAL
DINDING PENAHAN TANAH
(STUDI KASUS PADA JALAN NASIONAL III YOGYAKARTA-WONOSARI
KM 17, STA 00+060)**

Muhammad Rifqi Abdurrozak¹, Novi Agung Wibowo²

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam
Indonesia

email: rifqi_abdurrozak@uii.ac.id

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam
Indonesia

email: agungwibowo140@gmail.com

ABSTRACT

Yogyakarta-Wonosari road segment is a national road through hilly terrain with a relatively steep slope. This condition significantly contribute to the stability of road conditions. At the National Road III Yogyakarta-Wonosari, precisely at Km.17, Sta. 00 + 060, the settlement of road subgrade are occur of approximately 7-9 cm, which can be seen clearly by the difference in elevation between the road surface to the roadside. The settlement that occurred possible because of the overall slope stability are disrupted by external factors such as traffic loads, infiltration of rainwater, as well as loads of other dynamic.

This study aimed to analyze the influence of extreme conditions (maximum water level and earthquake loads) to the overall slope stability and internal stability of the retaining wall using Plaxis 8.2 software, by modeling the slopes with the burdens of both normal and extreme. It is to know the stress that occurs on a retaining wall when it receives load and extreme conditions on slope, so the presence of this study are expected to be obtained describe of the condition of slope stability.

The results of the analysis using Plaxis program shows that the slopes are in poor condition, both on the condition of normal water level and maximum water level. At normal water level conditions, overall safety factors of slope are 1,153 (without the earthquake load) and 1,145 (with earthquake loads). On the condition of the maximum water level, overall safety factor of slope are 1,105 (without the earthquake load) and 1,101 (with earthquake loads). The results of the analysis of internal stability of retaining wall showing the condition of retaining wall is still in safe criteria. In the cross section A-A', on the normal water level condition shows the effect of the earthquake will increase tension stress as a whole, which also resulted in tensile stress that occurs before, reducing and change into a tension stress, while the maximum water level condition, the seismic effect on that cross section are reducing the tension stress. The results show that the seismic caused the irregular effect into internal stress of retaining wall. It also can be seen in its influence on other cross sections (B-B' and C-C'), both in the normal stresses and shear stresses. Then, the influence of ground water to the stress that occurs shows irregular behavior. The results showed that in terms of internal stability in the areas reviewed (cross section A-A' to cross section C-C'), both under normal conditions and under extreme conditions, retaining wall is still in stable condition, as shown by the stresses that occurs in every cross section below the allowable maximum stress.

Keywords: Retaining Walls Stability, Extreme condition, Plaxis 8.2 software.

PENDAHULUAN

Latar Belakang Masalah

Ruas jalan Yogyakarta-Wonosari tepatnya di daerah perbukitan Piyungan (dapat dilihat pada Gambar 1) memiliki tanah yang sebagian besar lempung, lanau dan pada tanah keras berupa batuan cadas sehingga mengakibatkan tanah tersebut labil dan tidak terlalu kuat untuk menahan air hujan. Pada lokasi penelitian tersebut telah terjadi penurunan subgrade jalan sekitar 7-9 cm, penurunan tersebut dapat dilihat dari perbedaan tinggi dengan badan jalan di sebelahnya. Pada kondisi jenis tanah di atas maka apabila kemasukan air, tanah menjadi labil dan terjadi perlemahan, sehingga dengan adanya beban dinamis di atas lapisan tersebut akan mengakibatkan terjadi konsolidasi yang mengakibatkan terjadinya penurunan muka jalan. pengamatan di lapangan secara fisual bahwa dinding penahan tanah yang terbuat dari beton tidak mengalami perubahan bentuk maupun kedudukannya.



Gambar 1. Lokasi penelitian Jalan Nasional III Yogyakarta-Wonosari.
(sumber: google map, 2015)

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis stabilitas internal dan eksternal dinding penahan tanah akibat beban-beban dan kondisi ekstrim akibat naiknya muka air tanah menggunakan program plaxis 8.2, dengan memasukkan data kondisi tanah asli yang terbaca dari data hasil mesin bor berupa data propertis tanah dan menambahkan beban-beban ekstrim pada lereng yang diperkuat dinding penahan tanah. Hal ini

untuk memperoleh tegangan yang terjadi pada dinding penahan tanah ketika menerima beban dan pada kondisi ekstrim lereng, sehingga dengan adanya penelitian ini diharapkan akan diperoleh gambaran kondisi stabilitas internal dan eksternal dinding penahan tanah tersebut.

Batasan-batasan masalah dalam penelitian ini antara lain adalah: (1) lokasi studi kasus adalah jalan Nasional III Yogyakarta-Wonosari KM 17 Piyungan Kabupaten Gunung Kidul, (2) perencanaan didasarkan pada data sekunder, (3) data tanah keras memakai data lereng Sambipitu dari tugas akhir Pramusandi yang berjudul “Penentuan Sifat Teknis Tanah Jenuh Sebagian dan Analisis Deformasi Lereng Akibat Pengaruh Variasi Hujan”, pada tahun 2011, (4) dimensi dinding penahan tanah diasumsikan sesuai dengan estimasi awal dinding penahan tanah dan bentuk sesuai dengan data gambar potongan melintang lereng, (5) analisis tegangan yang terjadi dihitung dengan menggunakan program Plaxis 8.2, (6) stabilitas yang ditinjau hanya stabilitas *overall* lereng dan stabilitas dinding penahan tanah, tidak ditinjau stabilitas dinding penahan tanah terhadap guling, geser dan daya dukung tanah, dan (7) stabilitas internal dinding penahan tanah hanya ditinjau pada tiga potongan yang dianggap paling kritis.

TINJAUAN PUSTAKA & LANDASAN TEORI

Masa Tanah

Tanah merupakan material berbutir halus, keruntuhan yang terjadi terutama disebabkan oleh terguling dan tergelincirnya butiran-butiran dan bukan karena oleh tarikan atau tekanan antar butir-butir tanah. Oleh karena itu sifat keruntuhan yakni berdasarkan kuat geser tanah yang didukung oleh dua parapeter yaitu:

1. Bagian yang bersifat kohesi C yang tergantung dari jenisnya, dan
2. Bagian yang mempunyai sifat gesekan/frictional (σ) yang bekerja pada bidang geser.

Parameter kuat geser tanah yaitu sudut gesek dalam (ϕ) dan kohesi tanah (c) dapat diperoleh dengan uji geser langsung. Menurut Coulomb (1776) dalam Hardiyatmo (1992), kuat geser tanah didefinisikan seperti pada Persamaan 1.

$$\tau = c + \sigma \tan \phi \quad (1)$$

Dengan:

τ = kuat geser tanah (kN/m^2),

Σ = Tegangan total pada bidang geser (kN/m^2),

c = Kohesi tanah (kN/m^2), dan

ϕ = Sudut geser dalam tanah (derajat)

Stabilitas Lereng dan Angka aman

Lereng adalah suatu permukaan tanah yang miring dan membentuk sudut tertentu terhadap suatu bidang horisontal dan tidak terlindungi (Das 1994). Lereng yang ada dapat dikelompokkan kedalam lereng dengan tinggi terbatas (*finite slope*) dan lereng dengan tinggi tidak terbatas (*infinite slope*).

Lereng dengan tinggi terbatas adalah apabila harga Hcr mendekati tinggi lereng (Das 1994). Analisis terhadap lereng dengan tinggi terbatas yang berada pada tanah yang homogen, dilakukan dengan asumsi bidang longsor terjadi pada permukaan bidang yang lengkung.

Analisis stabilitas lereng umumnya didasarkan pada konsep keseimbangan plastis batas (*limit plastic equilibrium*). Maksud dari analisis stabilitas adalah untuk menentukan faktor aman dari bidang longsor yang potensial. Dalam analisis stabilitas lereng, beberapa anggapan dibuat yaitu (Hardiyatmo, 2006).

1. Kelongsoran lereng terjadi di sepanjang permukaan bidang longsor tertentu dan dapat dianggap sebagai masalah bidang 2 dimensi.
2. Massa tanah yang longsor dianggap sebagai benda pasif
3. Tahanan geser dari massa tanah, di sembarang titik sepanjang bidang longsor tidak tergantung dari orientasi permukaan

longsor, atau dengan kata lain, kuat geser tanah dianggap isotropis.

4. Faktor aman didefinisikan dengan memperhatikan tegangan geser rata-rata sepanjang bidang longsor potensial, dan kuat geser tanah rata-rata sepanjang permukaan longsor. Jadi, kuat geser tanah mungkin terlampaui di titik-titik tertentu pada bidang longsornya padahal faktor aman hasil hitungan lebih besar.

Faktor aman didefinisikan sebagai nilai banding antara gaya yang menahan dan gaya yang menggerakkan seperti pada Persamaan 2.

$$SF = \frac{\tau}{\tau_d} \quad (2)$$

Dengan:

τ = tahanan geser maksimum yang dapat dikerahkan oleh tanah (kN/m^2),

τ_d = tegangan geser yang terjadi akibat gaya berat tanah yang akan longsor (kN/m^2) dan

SF = faktor aman.

Bowles (1986) membedakan tingkat longsor berdasarkan faktor aman pada Tabel 1.

Tabel 1 Nilai Faktor Aman Terhadap Kelongsoran

Faktor aman	Kejadian
$FK \leq 1,07$	Longsor sering terjadi
$1,07 < FK < 1,25$	Longsor dapat terjadi
$FK \geq 1,25$	Longsor jarang terjadi

Sumber: Bowles (1984)

Stabilitas Internal Dinding Penahan Tanah

Dinding gravitasi umumnya dibuat dari pasangan batu, atau beton. Bila dinding penahan dibuat dari beton, sedikit tulangan dibutuhkan untuk menanggulangi perubahan temperatur (Hardiyatmo, 2011). Dimensi dinding penahan harus dibuat sedemikian hingga tidak terdapat tegangan tarik pada badan dinding. Untuk itu, pada setiap titik pada potongannya, tegangan-tegangan yang terjadi pada dinding dihitung dengan cara sebagai berikut ini.

1. Tinjauan Terhadap Tampak Badan Dinding Penahan Tanah
 - a. Tegangan vertikal maksimum (desak atau tarik) pada badan dinding, seperti pada Persamaan 3.

$$\sigma = \frac{V}{B} \left(1 + \frac{6e}{B} \right) \leq \text{kuat desak ijin} \quad (3)$$

- b. Tegangan vertikal minimum (desak atau tarik) pada dinding, seperti pada Persamaan 4.

$$\sigma = \frac{V}{B} \left(1 - \frac{6e}{B} \right) \geq 0 \quad (4)$$

- c. Gaya lintang (geser) pada badan dinding, seperti pada Persamaan 5 berikut:

$$\tau = \frac{H}{B} \leq \text{kuat geser ijin} \quad (5)$$

Dengan:

- V, H = komponen gaya vertikal dan horizontal
- B = berat tanah pada struktur yang ditinjau
- e = eksentisitas
- W = berat tanah

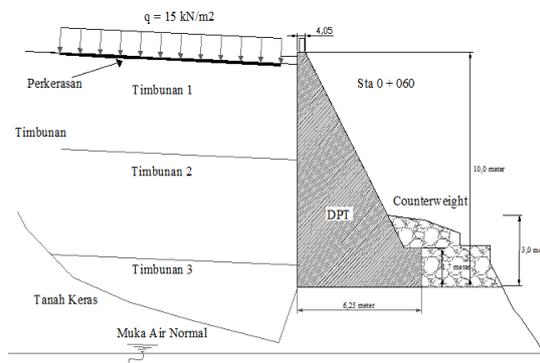
METODE PENELITIAN

Pemodelan dan Simulasi

Pemodelan dilakukan dengan menggunakan data melintang (profil potongan) lereng dengan perkuatan berupa dinding penahan tanah yang didapatkan dari Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia. Data potongan melintang lereng digunakan sebagai dasar pemodelan lereng untuk simulasi numeris yang dilakukan dengan perangkat lunak berbasis metode elemen hingga. Pemodelan lereng dengan perkuatan dinding penahan tanah dapat dilihat pada Gambar 3.

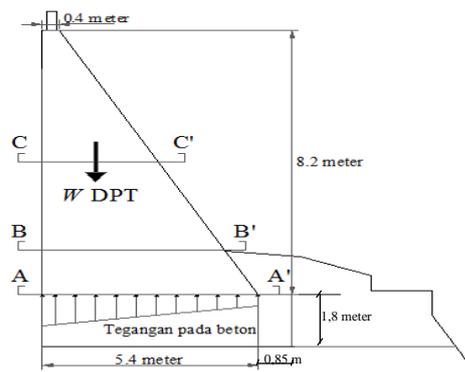
Simulasi dan analisis dilakukan dengan memodelkan kondisi lereng saat normal yakni pada saat muka air normal dengan beban kendaraan. Pada kondisi kedua yakni kondisi ekstrim saat muka air maksimum,

dengan beban kendaraan. Pada simulasi di kedua kondisi tersebut dilakukan pula analisis tanpa beban gempa maupun dengan beban gempa.



Gambar 3. Model Lereng dengan Dinding Penahan Tanah

Perhitungan stabilitas lereng dan tegangan pada internal dinding penahan tanah dilakukan dengan simulasi dengan Program Plaxis. Analisis stabilitas internal dinding penahan tanah ditinjau pada 3 potongan yakni A-A', B-B' dan C-C' seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Potongan untuk Stabilitas Internal Parameter Pemodelan

Lapisan tanah dimodelkan menjadi 3 lapis timbunan tanah yang berada diatas lapisan tanah keras. Parameter tanah dan dinding penahan yang menjadi input masukan pada program plaxis dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter Pemodelan

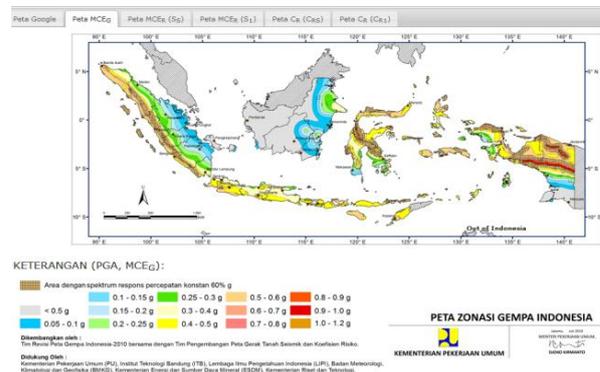
No Titik/ Lokasi	Model Tanah	Properties tanah		Parameter geser			
		Berat vol. Basah	Berat vol. kering	v(mu)	φ	c	E ref (1 kg/cm ²)
		γ, kN/m ³	γ _d , kN/m ³	°	kN/m ²	kN/m ²	
Tanah 3	Mohr Coloumb	17.42	16.99	0.40	7.99	10.98	4976.91
Tanah 2	Mohr Coloumb	15.97	15.56	0.40	7.99	10.98	4976.91
Tanah 1	Mohr Coloumb	17.60	17.15	0.40	4.54	17.65	5502.13
Tanah keras	Mohr Coloumb	20.00	20.00	0.30	15.0	50.00	50000.00
Tanah Granuler	Mohr Coloumb	20.00	17.00	0.30	30.0	10.00	15000
DPT	Linier Elastic	0.00	24.00	0.20	0.00	0.00	25742.96
Counter weight	Linier Elastic	0.00	24.00	0.25	0.00	0.00	19940.00

Data gempa didasarkan pada Peta Zonasi Gempa yang dikeluarkan Kementerian Pekerjaan Umum yang diterbitkan pada tahun 2010 untuk menentukan grafik hubungan antara waktu dan percepatan gempa. Berdasarkan Peta zonasi gempa tersebut, lokasi studi berada pada zona gempa ke-10 dengan percepatan puncak gempa (PGA) sebesar 0,6-0,7g. Data spektrum gempa didekati dengan data spektrum gempa pada gempa di daerah lain dengan percepatan gempa yang sama yakni gempa di kawasan *south napa* pada tahun 2014 yang memiliki percepatan gempa 0,611g (gambar 4.3). Waktu interval gempa yang dimasukkan dalam plaxis diambil sebesar 25 detik dengan anggapan telah melewati percepatan puncak. Peta zonasi Gempa dapat dilihat pada Gambar 5, dan Spektrum Gempa sebagai masukan (*input*) pada program Plaxis dapat dilihat pada Gambar 6.

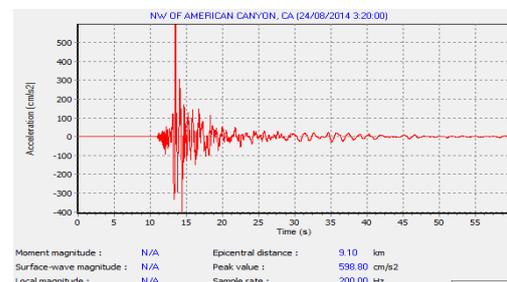
Spesifikasi dan data perencanaan dinding penahan tanah sebagai berikut ini.

1. DPT terbuat dari beton.
2. DPT adalah jenis tipe *Gravitasi Wall*.
3. Tinggi = 10 m, Lebar = 6,25 m.
4. Mutu beton pada dinding penahan tanah $f'_c = 30$ Mpa.
5. Didepan Fondasi DPT terdapat *Counterweight* yang terbuat dari tumpukan batu dengan bronjong kemudian di cor dengan mutu beton 18 Mpa.
6. Berat volume beton $\gamma_c = 24$ kN/m³
7. PBI 1971 :
 - a. σ desak pasangan = 3614.5 kN/m²
 - b. σ tarik pasangan = 361.4 kN/m²

c. τ geser pasangan = 180.7 kN/m²



Gambar 5. Peta Zonasi Gempa Indonesia Tahun 2010 (sumber: Kementerian Pekerjaan Umum, 2010)

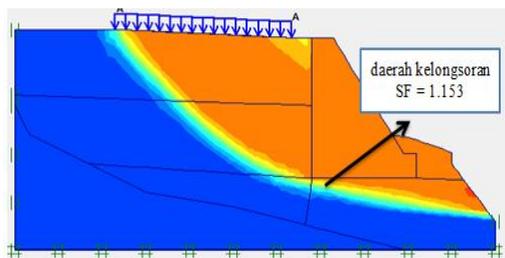


Gambar 6. Grafik Percepatan Gempa *south napa* 24 Agustus 2014 (sumber: www.usgs.gov, 2015)

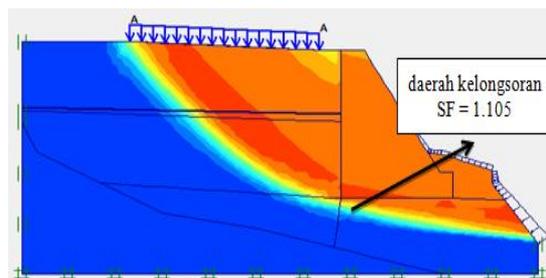
SIMULASI NUMERIS DAN ANALISIS STABILITAS

Simulasi Numeris dengan program Plaxis

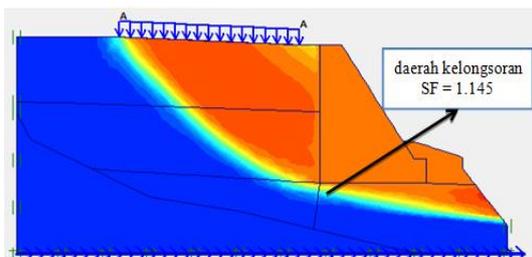
Analisis pada kondisi muka air normal memodelkan lereng dengan beban lalu lintas tanpa adanya beban gempa maupun dengan beban gempa. Simulasi pada kondisi muka air normal menunjukkan lereng memiliki angka aman (*Safety Factor*) sebesar 1,153 (tanpa gempa) dan 1,145 (dengan gempa) dengan daerah potensi kelongsoran dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8.



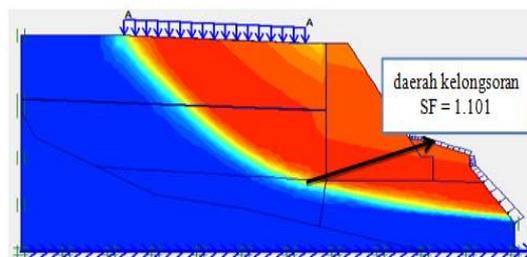
Gambar 7. Daerah Potensi Kelongsoran Kondisi Normal Tanpa Gempa



Gambar 9. Daerah Potensi Kelongsoran Kondisi Muka Air Ekstrim Tanpa Gempa



Gambar 8. Daerah Potensi Kelongsoran Kondisi Normal dengan Gempa

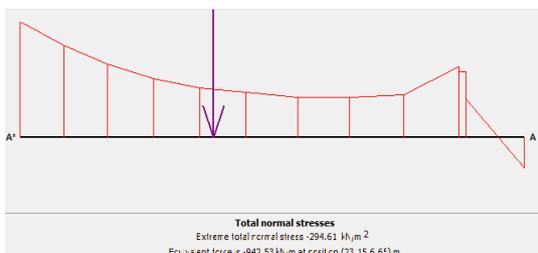


Gambar 10. Daerah Potensi Kelongsoran Kondisi Muka Air Ekstrim dengan Gempa

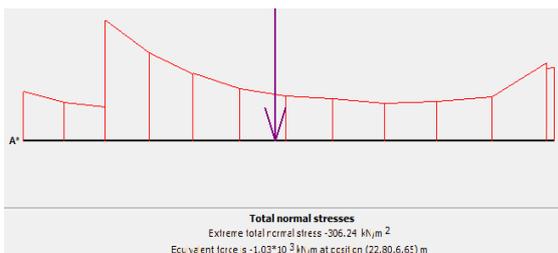
Analisis pada kondisi muka air ekstrim memodelkan lereng dengan beban lalulintas pada saat kondisi muka air maksimum tanpa beban gempa maupun dengan memperhitungkan adanya beban gempa. Simulasi pada kondisi muka air ekstrim menunjukkan lereng memiliki angka aman (Safety Factor) sebesar 1,105 (tanpa gempa) dan 1,101 dengan daerah potensi kelongsoran dapat dilihat pada Gambar 9 dan Gambar 10.

Analisis Perhitungan Tegangan Internal

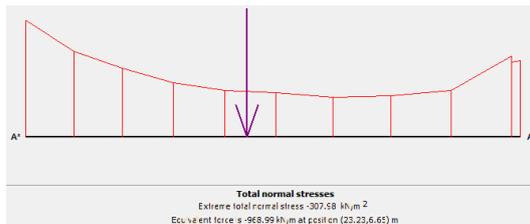
Analisis perhitungan stabilitas internal dilakukan dengan menampilkan hasil perhitungan tegangan yang terjadi pada internal dinding penahan tanah pada potongan yang telah ditentukan yakni potongan A-A', potongan B-B', dan potongan C-C'. Hasil perhitungan tegangan merupakan hasil perhitungan dari simulasi pada Program Plaxis. Diagram tegangan normal dan tegangan geser masing-masing potongan pada berbagai kondisi dapat dilihat pada Gambar 11 sampai Gambar 16, sedangkan rekapitulasi besarnya tegangan normal dan geser disajikan pada Tabel 3.



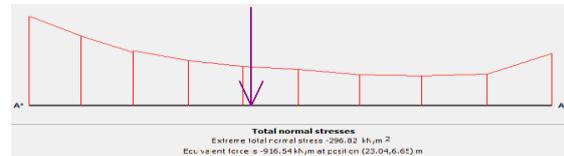
a. Muka Air Normal Tanpa Gempa (tekan 294,61 kN/m²) (tarik 78,13 kN/m²)



b. Muka Air Normal dengan Gempa (desak 306,24 kN/m²)

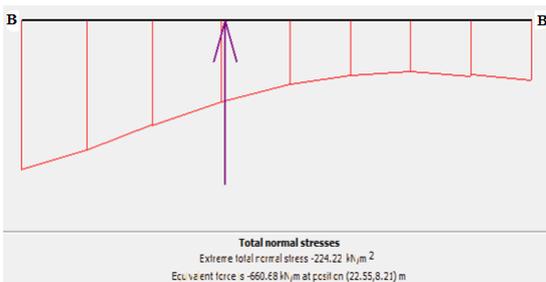


c. Muka Air Maksimum Tanpa Gempa (desak 307,58 kN/m²)

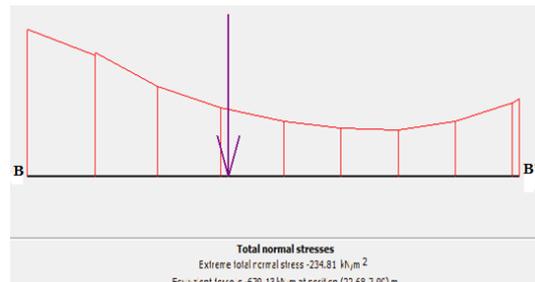


d. Muka Air Maksimum dengan Gempa (desak 285,77 kN/m²)

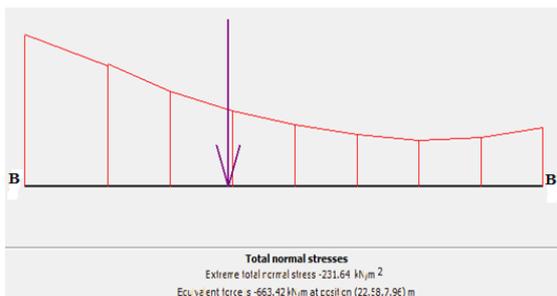
Gambar 11. Tegangan Normal Potongan A-A' pada Berbagai Kondisi



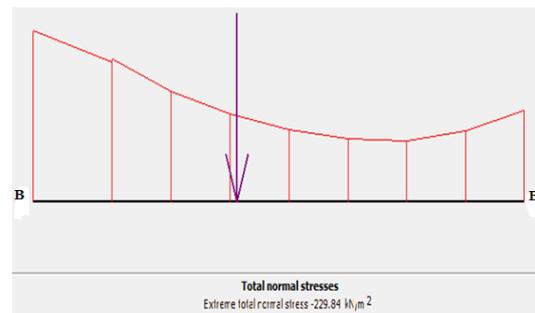
a. Muka Air Normal Tanpa Gempa (tarik max - 224,22 kN/m²)



b. Muka Air Normal dengan Gempa (desak 234,81 kN/m²)

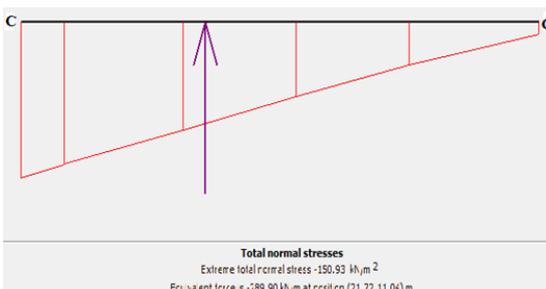


c. Muka Air Maksimum Tanpa Gempa (desak 229,84 kN/m²)

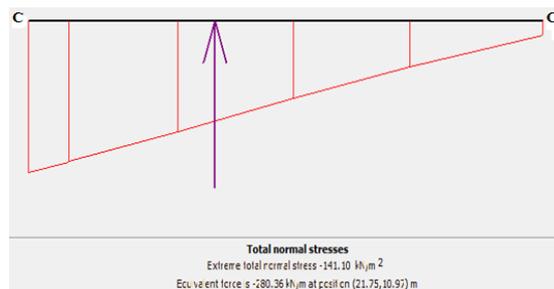


d. Muka Air Maksimum dengan Gempa (desak 231,64 kN/m²)

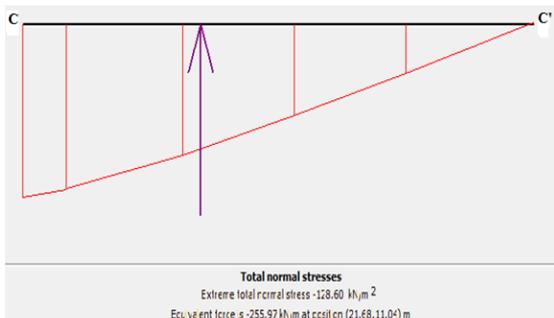
Gambar 12. Tegangan Normal Potongan B-B' pada Berbagai Kondisi



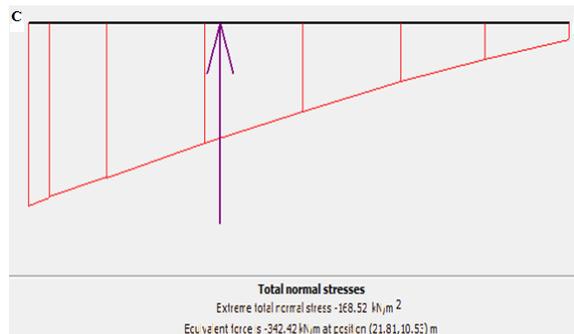
a. Muka Air Normal Tanpa Gempa (tarik max - 150,93 kN/m²)



b. Muka Air Normal dengan Gempa (tarik max 141,10 kN/m²)

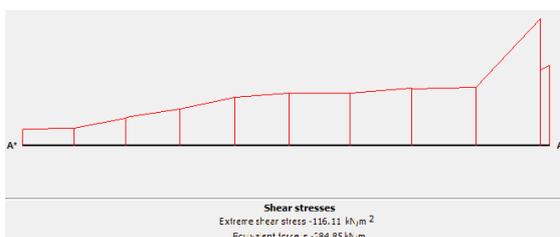


c. Muka Air Maksimum tanpa Gempa (tarik 168,52 kN/m²)

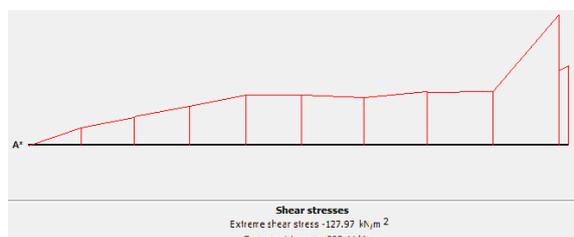


d. Muka Air Maksimum dengan Beban Gempa (tarik -128,60 kN/m²)

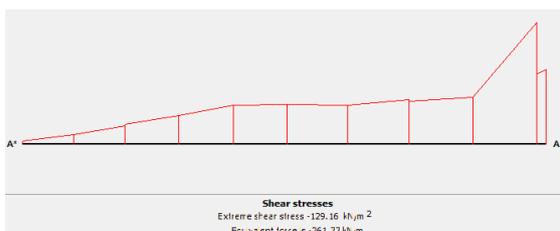
Gambar 13. Tegangan Normal Potongan C-C' pada Berbagai Kondisi



a. Muka Air Normal Tanpa Gempa (-116,11 kN/m²)



b. Muka Air Normal dengan Gempa (127,97 kN/m²)

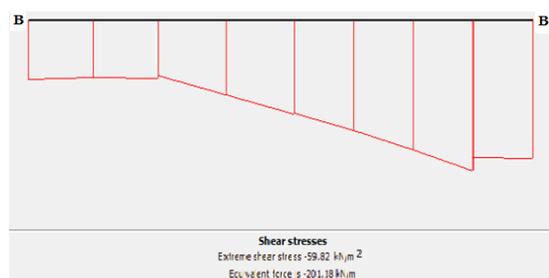


c. Muka Air Maksimum Tanpa Gempa (-129,16 kN/m²)

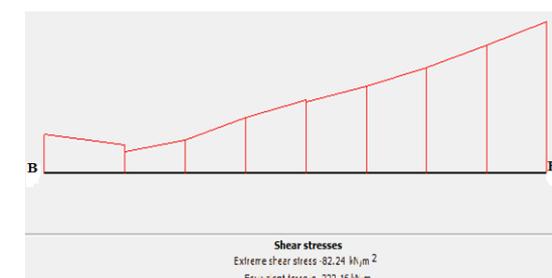


d. Muka Air Maksimum dengan Gempa (-105,68 kN/m²)

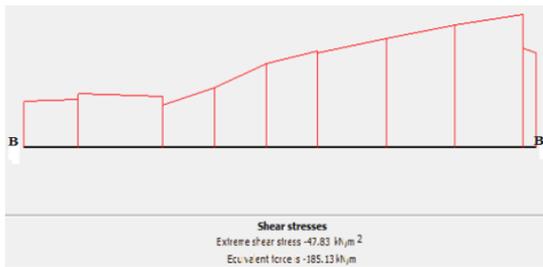
Gambar 14. Tegangan Geser Potongan A-A' pada Berbagai Kondisi



a. Muka Air Normal Tanpa Gempa (max - 59,82 kN/m²)



b. Muka Air Normal dengan Gempa (127,97 kN/m²)



c. Muka Air Maksimum tanpa Beban Gempa (-67,87 kN/m²)



d. Muka Air Maksimum dengan Gempa (-47,83 kN/m²)

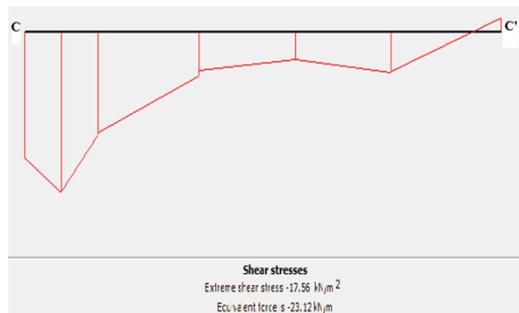
Gambar 15. Tegangan Geser Potongan B-B' pada berbagai kondisi



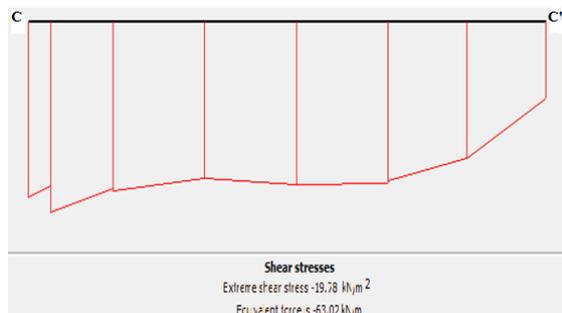
a. Muka Air Normal Tanpa Gempa (-19,79 kN/m²)



b. Muka Air Normal dengan Gempa (18,15 kN/m²)



c. Muka Air Maksimum tanpa Gempa (-19,78 kN/m²)



d. Muka Air Maksimum dengan Gempa (-17,56 kN/m²)

Gambar 16. Tegangan Geser Potongan C-C' pada Berbagai Kondisi

Tabel 3 Rekapitulasi Hasil Tegangan Internal Dinding Penahan Tanah

Tegangan Ditinjau	Potongan	Kondisi Muka Air	Tanpa Gempa		Dengan Gempa		Keamanan berdasar Tegangan Ijin:	Desak: 3614,5 kN/m ² Tarik: 361,5 kN/m ² Geser: 180,7 kN/m ²
			Desak (kN/m ²)	Tarik (kN/m ²)	Desak (kN/m ²)	Tarik (kN/m ²)		
Tegangan Normal	Potongan A-A'	Normal	294,61	78,13	306,24	-	Aman	
		Maksimum	307,58	-	285,77	-	Aman	
	Potongan B-B'	Normal	-	224,22	234,81	-	Aman	
		Maksimum	229,84	-	231,64	-	Aman	
	Potongan C-C'	Normal	-	150,93	-	141,1	Aman	
		Maksimum	-	168,52	-	128,6	Aman	
Tegangan Geser	Potongan A-A'	Normal	-116,11	-	127,97	-	Aman	
		Maksimum	-129,16	-	-105,68	-	Aman	
	Potongan B-B'	Normal	-59,82	-	127,97	-	Aman	
		Maksimum	-67,87	-	47,83	-	Aman	
	Potongan C-C'	Normal	-19,79	-	18,15	-	Aman	
		Maksimum	-19,78	-	-17,56	-	Aman	

PEMBAHASAN

Hasil analisis menggunakan program Plaxis menunjukkan bahwa lereng berada pada kondisi yang kurang stabil (menurut Bowles, 1984, masuk pada kriteria longsor dapat terjadi, $1,07 < FK < 1,25$), baik pada kondisi muka air normal maupun pada muka air ekstrim maksimum. Pada kondisi muka air normal, faktor aman lereng secara keseluruhan yakni sebesar 1,153 (tanpa beban gempa) dan 1,145 (dengan beban gempa). Pada kondisi muka air maksimum, faktor aman lereng secara keseluruhan yakni sebesar 1,105 (tanpa beban gempa) dan 1,101 (dengan beban gempa). Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa kondisi muka air dan dengan memperhitungkan beban gempa, tidak secara signifikan mempengaruhi nilai angka aman lereng keseluruhan (*overall stability*). Meskipun hasil simulasi menunjukkan bahwa kondisi ekstrim tidak sampai meruntuhkan lereng secara keseluruhan, akan tetapi hasil tersebut menunjukkan perlunya perhatian terhadap kondisi lereng tersebut untuk dilakukan perbaikan (tambahan perkuatan) yang dapat menaikkan nilai angka aman lereng yang secara fisik juga memperkuat kondisi lereng.

Stabilitas internal dinding penahan tanah dilakukan dengan melakukan analisis tegangan yang terjadi pada konstruksi dinding penahan tanah dari hasil simulasi pada program Plaxis. Analisis tegangan yang dilakukan pada tiga potongan yang berbeda

menunjukkan kondisi tegangan yang terjadi masih berada dibawah tegangan maksimum yang diijinkan, baik pada kondisi muka air normal tanpa gempa, muka air normal dengan gempa, muka air maksimum tanpa gempa, dan muka air maksimum dengan gempa.

Pada potongan A-A', pada kondisi muka air normal menunjukkan pengaruh gempa akan menambah tegangan desak secara keseluruhan, yang juga mengakibatkan tegangan tarik yang terjadi sebelumnya menjadi tereduksi hingga beralih menjadi tegangan desak, sedangkan pada kondisi muka air maksimum beban gempa memberikan pengaruh pada potongan tersebut yakni mengurangi tegangan desak yang terjadi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa beban gempa memberikan pengaruh yang bisa dikatakan tidak teratur pada tegangan internal dinding penahan tanah. Hal tersebut juga dapat dilihat pada pengaruhnya pada potongan-potongan yang lain (B-B' dan C-C'), baik pada tegangan-tegangan normal maupun tegangan-tegangan geser. Begitu juga pengaruh muka air tanah terhadap tegangan yang terjadi menunjukkan perilaku yang tidak teratur pula seperti dapat dilihat pada Gambar 11 hingga Gambar 16 dan Tabel 3.

Hasil-hasil tersebut menunjukkan bahwa dari segi stabilitas internal pada area-area yang ditinjau (Potongan A-A hingga Potongan C-C'), baik pada kondisi normal maupun dalam

kondisi ekstrim, dinding penahan tanah masih berada pada kondisi yang stabil, ditunjukkan dengan besarnya tegangan yang terjadi di setiap potongan masih berada dibawah tegangan maksimum yang diijinkan. Hal yang perlu lebih diperhatikan yakni terkait stabilitas lereng secara keseluruhan yakni bahwa perlu ada perkuatan tambahan untuk lereng. Perbaikan yang semestinya dilakukan yakni dengan memperkuat bagian kaki lereng dengan menahan lereng pada yang memotong bidang longsor yang ditunjukkan pada Gambar 7 hingga Gambar 10. Alternatif perkuatan yang dipandang dapat diterapkan yakni dengan memasang *sheet pile* ataupun *bor pile* di kaki lereng (perlu studi yang lebih lanjut untuk perkuatan kaki lereng ini).

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan studi kasus dan pembahasan yang telah diuraikan, dapat ditarik simpulan sebagai berikut ini.

1. Hasil permodelan lereng menggunakan program plaxis 8.2 pada kondisi muka air normal menunjukkan besar *safety factor* yang terjadi pada lereng tanpa beban gempa dan dengan beban gempa adalah sebesar 1,153 tanpa beban gempa dan sebesar 1,152 dengan beban gempa, sedangkan pada kondisi muka air ekstrim maksimum menunjukkan *safety factor* sebesar 1,105 tanpa beban gempa dan sebesar 1,078 dengan beban gempa. Nilai *safety factor* tersebut tidak memenuhi syarat *safety factor* lereng.
2. Dinding penahan tanah dapat dikatakan stabil ditinjau dari stabilitas internalnya, baik pada potongan A-A', B-B, maupun C-C'.
3. Pengaruh naiknya muka air tanah terhadap *safety factor* lereng, stabilitas internal dan stabilitas eksternal dinding penahan tanah adalah muka air ekstrim dapat mengurangi *safety factor* lereng.
4. Pada stabilitas internal dinding penahan tanah pengaruh kenaikan muka air tidak menyebabkan kondisi struktur dinding

penahan tanah mengalami kritis tetapi peningkatan tegangan desak maupun geser cukup signifikan terhadap kondisi muka air ekstrim.

Saran

Berdasarkan hasil studi kasus yang telah dilakukan, penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut.

1. Diperlukan penyelidikan tanah yang komprehensif terhadap tanah keras di lokasi penelitian, agar dapat di modelkan pada program plaxis 8.2 dan hasil permodelan dapat mendekati kondisi asli lereng untuk memperoleh analisis yang baik dan sesuai.
2. Penelitian selanjutnya diperlukan bangunan perkuatan di dasar lereng untuk lebih memperkuat lereng dengan menggunakan perkuatan *bor pile* ataupun *sheet pile*.
3. Perlu diberi bangunan drainase/pengaturan air di sekitar dinding penahan tanah dan lereng untuk mengalirkan air hujan, sehingga air tidak masuk ke dalam tanah timbunan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J.E., (1986), *Analisis dan Desain Pondasi jilid 2*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Das, B.M., (1994), *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) jilid 2*, Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Dirjend Cipta Karya DPU, (1971), *Peraturan Beton Indonesia 1971 (PBI 71)*, Jakarta.
- Google Map, 2015, (Diakses 1 November 2015).
- Hardiyatmo, H.C., (1992), *Mekanika Tanah 1*, Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C., (2011), *Analisis dan Perancangan Fondasi 1*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C., (2010), *Mekanika Tanah 2*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.

- Hardiyatmo, H.C., (2010), *Stabilitas Tanah untuk Perkerasan Jalan*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C., (2006), *Penanganan Tanah Longsor dan Erosi*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum, (2010), *Peta Hazard Gempa Indonesia 2010*, Jakarta.
- Laboratorium Mekanika Tanah, (2014), *Laporan Penyelidikan Tanah Jalan Nasional III Yogyakarta-Wonosari Km.17, Sta 00_060*. JTS, Yogyakarta FTSP, UII.
- Pramusandi, S., Rifa'i, A., Suryolelono, K.B., (2011). Penentuan Sifat Teknis Tanah Jenuh Sebagian dan Analisis Deformasi Lereng Akibat Pengaruh Variasi Hujan. Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta, (portalgaruda.org/article.php?article=144317&val=4031), Diakses 6 November 2015).
- www.usgs.gov, 2015 (Diakses 30 November 2015).