

Analisis stabilitas lereng timbunan dengan perkuatan dinding penahan tanah kantilever menggunakan program plaxis 8.6

Jovindian Nico Damara¹, Muhammad Rifqi Abdurrozak¹, Anisa Nur Amalina¹

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

Article Info

Available online

Keywords:

Slope stability
Safety factor
Retaining wall
Settlement
Plaxis 8.6

Corresponding Author:

Jovindian Nico Damara
Muhammad Rifqi Abdurrozak
Anisa Nur Amalina
17511062@students.uii.ac.id

Abstract

In 2021, the Yogyakarta Special Region Government through the Yogyakarta Special Region Public Works, Housing and Energy Mineral Resources Office carried out the construction of the Tawang-Ngalang road section which is an access road connecting Sleman Regency with Gunungkidul Regency as an effort to unravel the traffic density that has the potential to cause congestion. This research will analyse the stability of the existing slope and the slope reinforced with a cantilever retaining wall on the Tawang-Ngalang road section located in Ngalang Village, Gedangsari Subdistrict, Gunungkidul Regency segment V Sta 8+400 to determine the potential collapse that occurs on the slope.

The methods used in this research are manual calculation analysis with Fellenius method on the existing slope, analysis with Plaxis 8.6 software program on the existing slope and slope reinforced cantilever retaining wall, and manual calculation with Rankine method to calculate stability against overturning, shifting, and soil bearing capacity against collapse on the slope reinforced cantilever retaining wall. The purpose of the analysis is to determine the safety factor, as well as the settlement that occurs on the original slope and the slope reinforced by the cantilever retaining wall.

The results of the analysis using the Plaxis 8.6 programme on the original slope obtained a safe number (SF) value without earthquake load of 1,0970 and with earthquake load of 0,9348. While the results of manual calculation of the Fellenius method obtained SF value without earthquake load of 1,0427. For slopes reinforced with cantilever retaining walls, the SF value without earthquake load is 1,4702 and with earthquake load is 1,4694. For the decrease in the original slope without earthquake load, it was obtained at 0,01191 m and with earthquake load of 0,01575 m. Then the slope reinforced cantilever retaining wall without earthquake load is 0,00695 m and with earthquake load of 0,0958 m.

Copyright © 2023 Universitas Islam Indonesia
All rights reserved

PENDAHULUAN

Program strategis yang dicanangkan oleh Pemerintah Daerah Istimewa Yogyakarta memberikan dampak yang signifikan bagi keterbatasan akses serta dapat meningkatkan perekonomian suatu daerah. Sistem transportasi yang efisien dan terintegrasi tidak hanya meningkatkan daya saing, tetapi juga dapat meningkatkan kegiatan ekonomi yang berarti penciptaan lapangan kerja baru yang

dampaknya tentu bermuara untuk meningkatkan kesejahteraan kehidupan masyarakat luas. Kabupaten Gunungkidul yang terletak di selatan Daerah Istimewa Yogyakarta ini berada posisi yang sangat strategis bagi setiap kendaraan jalur darat yaitu menjadi penghubung daerah Jawa Tengah bagian barat dan timur, karena dilalui oleh lalu lintas perdagangan, pertanian,

perkebunan, pariwisata, pertambangan, maupun industri.

Untuk mengurangi beban lalu lintas di ruas Jalan Jogja-Wonosari, maka peningkatan infrastruktur pembangunan ruas jalan Tawang-Ngalang yang menghubungkan wilayah Kabupaten Gunungkidul dengan Kabupaten Sleman terus dilaksanakan karena selain jalur alternatif Piyungan-Patuk, jalur tersebut tersambung dengan program Kawasan Strategis Pariwisata Nasional (KSPN) Candi Prambanan. Ruas jalan Tawang-Ngalang sepanjang 9,5 km sebagaimana perencanaan dari DPUESDM DIY terbagi menjadi 5 segmen. Segmen I dari Tawang-Jembatan Kedungkandang (1,9 km), segmen II dari Kedungkandang-Kepil (1,85 km), segmen III dari Kepil-Bobung (0,975 km), segmen IV dari Bobung-Ngalang 1 (3,40 km), segmen V dari Ngalang 1-Ngalang 2 (1,375 km). Dan pada tahun 2021 direncanakan akan dibangun untuk segmen I dan segmen V.

Dalam proyek pembangunan infrastruktur, pasti terdapat beberapa kendala dan tantangan yang dihadapi. Hal tersebut dikarenakan faktor topografi yaitu daerah perbukitan dan jenis tanah kapur di beberapa wilayah Indonesia yang beragam. Salah satu kendala dan tantangan yang muncul terdapat pada ruas jalan Tawang-Ngalang V. Ruas jalan ini dihubungkan dengan sebuah jembatan yang berdiri dengan panjang 40 meter dan melalui daerah pegunungan dan lembah, sehingga untuk mencapai pada elevasi yang direncanakan membutuhkan timbunan yang tinggi. Kemudian terjadinya longsoran pada timbunan tanah untuk jembatan karena terletak pada lereng dengan kemiringan yang cukup curam. Dalam menjaga kestabilan suatu tanah dari suatu kelongsoran tanah dengan daya dukung tanah yang kurang baik maka harus dilakukan suatu sistem perkuatan tanah. Kelongsoran suatu tanah dapat diartikan sebagai akibat dari peningkatan tegangan geser tanah atau menurunnya kekuatan geser

suatu massa tanah. Kekuatan geser dari massa suatu tanah tidak mampu untuk memikul beban kerja yang terjadi di atasnya (Hardiyatmo, 2010).

Dalam penelitian ini dilakukan analisis terhadap perkuatan dinding penahan tanah (tipe kantilever) pada lereng timbunan yang digunakan dalam proyek tersebut. Untuk mengetahui faktor keamanan tersebut maka peneliti akan menggunakan program komputer Plaxis. Sehingga dalam segi permodelan akan disesuaikan dengan kondisi lapangan, dan akan didapatkan hasil analisis yang ideal. Lokasi pembangunan proyek jembatan ruas jalan Tawang-Ngalang V Gunungkidul dapat dilihat pada Gambar (1) berikut.



Gambar 1. Lokasi Jembatan Ruas Jalan Tawang-Ngalang V Gunungkidul

(Sumber: DPUESDM DIY)

METODE PENELITIAN

Tahapan penelitian ini terbagi dalam beberapa tahapan yaitu sebagai berikut.

Tahap pengumpulan data. Meliputi tahap pengambilan data tanah (data uji lapangan dan laboratorium) dan data gambar yang diperlukan untuk analisis dari Laporan Penyelidikan Tanah Proyek Jembatan Ruas Jalan Tawang-Ngalang V Gunungkidul.

Tahap analisis dan pengolahan data. Pada tahap ini data yang terkumpul (data uji lapangan dan data laboratorium) pada lereng asli, dianalisis dengan program *Plaxis* dan

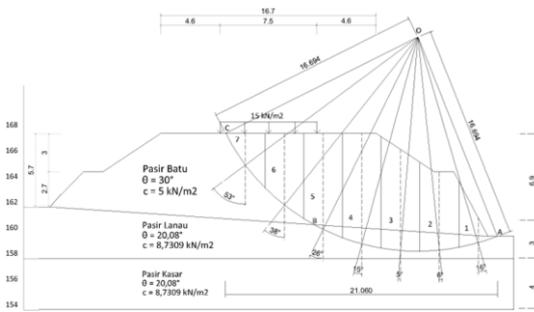
perhitungan manual dengan metode *Fellenius*, kemudian jika nilai angka aman (*safety factor*) tidak lebih dari 1,25, maka diperlukan perkuatan lereng dengan dinding penahan tanah dengan tipe kantilever. Dan selanjutnya dapat ditentukan dengan hasil dari perhitungan analisis stabilitas lereng dengan perkuatan dinding penahan tanah kantilever dan menggunakan program *Plaxis*.

Tahap pembahasan dan penarikan kesimpulan. Pada tahap ini, hasil yang diperoleh pada tahap analisis akan ditulis ke dalam laporan, solusi dari permasalahan yang muncul, dan akan ditarik kesimpulan berdasarkan teori yang ada.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

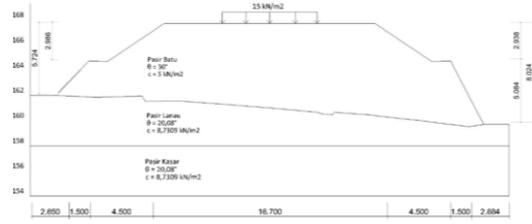
Analisis Lereng Asli

Tujuan dari analisis lereng asli adalah untuk mengetahui angka aman (*Safety Factor*) lereng terhadap beban tanah itu sendiri dan pengaruhnya terhadap gempa. Perhitungan analisis dilakukan dengan menggunakan program *Plaxis 8.6*, sedangkan perhitungan manual menggunakan metode *Fellenius* yang ditunjukkan seperti pada Gambar (2) berikut.



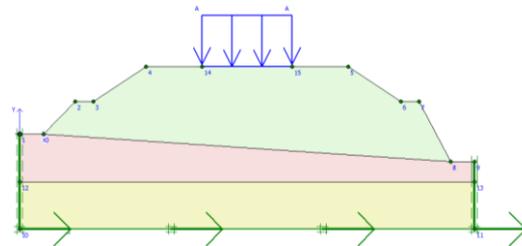
Gambar 2. Penampang dan Sudut Irisan pada Lereng Asli

Di bawah ini adalah tampilan penampang lereng asli, ditunjukkan pada Gambar (3) berikut.

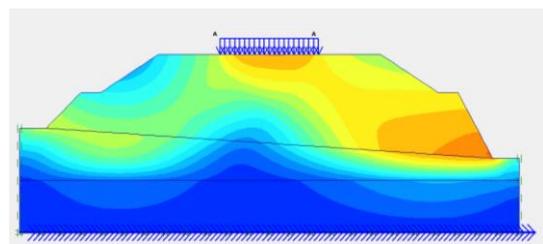


Gambar 3. Potongan Melintang Lereng Asli (Sumber: PT. Wastu Anopama, 2020)

Nilai angka aman (*safety factor*) lereng asli yang dihitung secara manual dengan metode *Fellenius* tanpa memperhitungkan pengaruh gempa adalah sebesar 1,0427. Hasil ini mendekati analisis yang dilakukan dengan menggunakan program *Plaxis 8.6* yaitu 1,0970 seperti yang ditunjukkan pada Gambar (4), (5), dan (6) berikut.



Gambar 4. Permodelan Potongan Lereng Asli pada Plaxis 8.6



Gambar 5. Daerah Potensial Keruntuhan pada Lereng Asli

Peningkatan faktor pengali		Faktor pengali total	
Mdisp:	0,0000	Σ -Mdisp:	0,0000
MloadA:	0,0000	Σ -MloadA:	1,0000
MloadB:	0,0000	Σ -MloadB:	1,0000
Mweight:	0,0000	Σ -Mweight:	1,0000
Maccel:	0,0000	Σ -Maccel:	0,0000
Msf:	0,1000	Σ -Msf:	1,0970

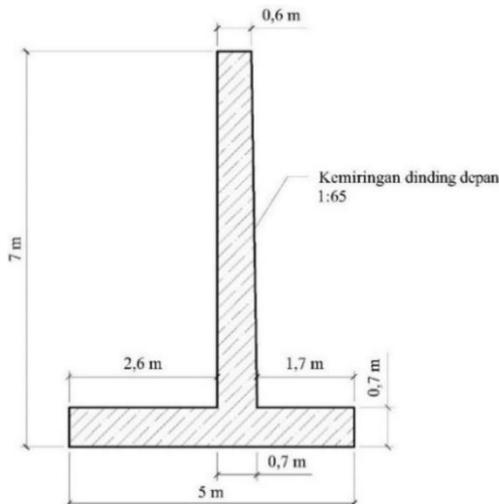
Gambar 6. Nilai SF Lereng Asli Tanpa Beban Gempa

Berdasarkan hasil yang diperoleh, lereng tergolong kritis dan runtuh karena nilai angka aman $< 1,25$. Maka dari itu lereng perlu perkuatan.

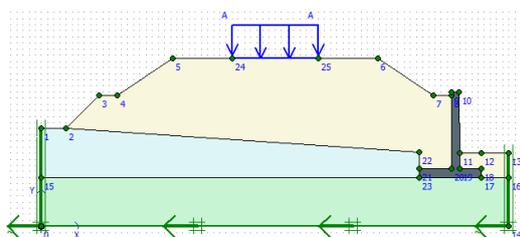
Analisis Dinding Penahan Tanah Kantilever

Analisis dinding penahan tanah kantilever dilakukan untuk memperoleh hasil kekuatan dan kinerja dalam menahan beban yang bekerja pada dinding penahan tanah kantilever. Analisis dilakukan dengan menggunakan dua metode yaitu perhitungan manual yang meliputi perhitungan stabilitas geser, guling dan daya dukung tanah dan program *Plaxis 8.6*.

Dinding penahan tanah diasumsikan dalam permodelan *Plaxis 8.6* dengan tinggi 7 m dari permukaan tanah lapis kedua, seperti pada Gambar (7) dan (8) berikut.

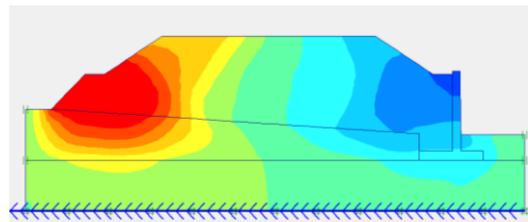


Gambar 7. Dimensi Dinding Penahan Tanah



Gambar 8. Permodelan Potongan Melintang Lereng dengan Perkuatan Dinding Penahan Tanah Pada *Plaxis 8.6*

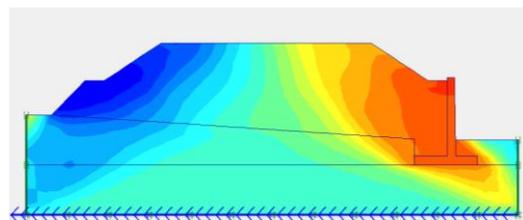
Berdasarkan hasil analisis lereng yang diperkuat dinding penahan tanah kantilever tanpa gempa menggunakan *Plaxis 8.6* diperoleh angka aman yaitu 1,4702 yang ditunjukkan pada Gambar (9) dan (10), dan dengan gempa diperoleh angka aman yaitu 1,4694 yang ditunjukkan pada Gambar (11) dan (12) berikut.



Gambar 9. Daerah Potensial Keruntuhan Lereng dengan Perkuatan Dinding Penahan Tanah Kondisi Asli tanpa Beban Gempa

Peningkatan faktor pengali		Faktor pengali total	
Mdisp:	0,0000	Σ -Mdisp:	0,0000
MloadA:	0,0000	Σ -MloadA:	1,0000
MloadB:	0,0000	Σ -MloadB:	1,0000
Mweight:	0,0000	Σ -Mweight:	1,0000
Maccel:	0,0000	Σ -Maccel:	0,0000
Msf:	0,1000	Σ -Msf:	1,4702

Gambar 10. Nilai SF Lereng dengan Perkuatan Dinding Penahan Tanah Kondisi Asli tanpa Beban Gempa



Gambar 11. Daerah Potensial Keruntuhan Lereng dengan Perkuatan Dinding Penahan Tanah Kondisi Asli dengan Beban Gempa

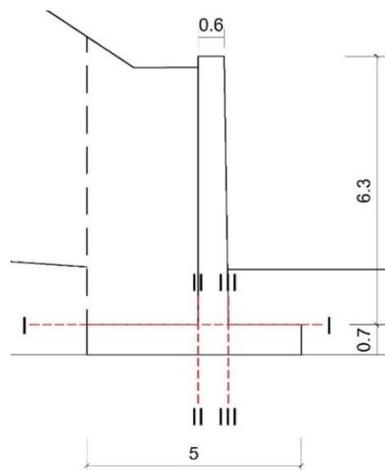
Peningkatan faktor pengali		Faktor pengali total	
Mdisp:	0,0000	Σ -Mdisp:	0,0000
MloadA:	0,0000	Σ -MloadA:	1,0000
MloadB:	0,0000	Σ -MloadB:	1,0000
Mweight:	0,0000	Σ -Mweight:	1,0000
Maccel:	0,0000	Σ -Maccel:	0,0000
Msf:	0,1000	Σ -Msf:	1,4694

Gambar 12. Nilai SF Lereng dengan Perkuatan Dinding Penahan Tanah Kondisi Asli dengan Beban Gempa

Berdasarkan hasil yang didapat, lereng dianggap dalam keadaan aman dari keruntuhan karena angka aman $> 1,25$.

Selain itu, perhitungan manual dilakukan melalui tinjauan stabilitas eksternal dan internal. Stabilitas eksternal dinding penahan tanah tanpa gempa diperoleh angka aman terhadap geser yaitu $3,0023 < 1,5$, maka angka aman terhadap geser dinyatakan aman. Kemudian nilai aman terhadap stabilitas guling yaitu $5,1971 > 1,5$, maka angka aman terhadap guling dinyatakan aman. Kemudian didapatkan angka aman terhadap stabilitas keruntuhan daya dukung tanah adalah $q_{maks} = 119,3076 \text{ kN/m}^2 < q_{all} = 322,2972 \text{ kN/m}^2$, maka hasil tersebut dinyatakan aman, dan hasil $q_{min} = 82,1284 \text{ kN/m}^2 > 0$ (aman).

Pada perhitungan stabilitas internal dinding penahan tanah terbagi menjadi 3 tinjauan bidang. Pada masing-masing tinjauan duhitung terhadap kekuatan tegangan tarik, geser, dan desak yang kemudian dilakukan perbandingan dengan kuat Tarik, kuat geser dan kuat tekan beton $f_c' = 20 \text{ Mpa}$. Pembagian tinjauan pias-pias pada dinding penahan tanah dapat dilihat pada Gambar (13) sebagai berikut.



Gambar 13. Pembagian Pias Potongan Stabilitas Internal

Sedangkan untuk stabilitas internal, hasil untuk tinjauan I-I terhadap tegangan desak

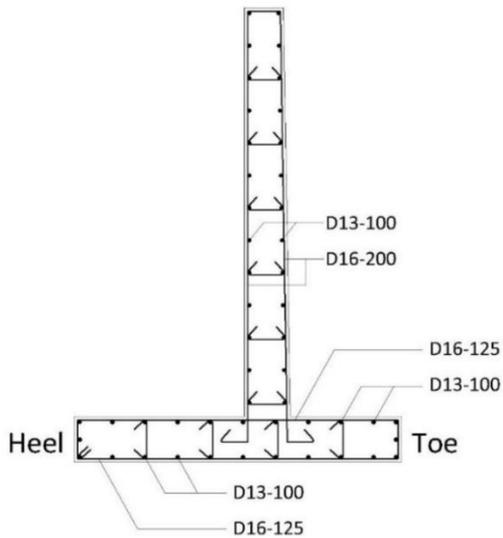
sebesar $(-38,4917 \text{ kN/m}^2 < 9000 \text{ kN/m}^2)$, terhadap tegangan Tarik sebesar $(366,0917 \text{ kN/m}^2 < 670,8204 \text{ kN/m}^2)$, dan untuk tegangan geser sebesar $(135,1084 \text{ kN/m}^2 < 4472,1360 \text{ kN/m}^2)$. Untuk Tinjauan II-II terhadap tegangan desak sebesar $(4755,6196 \text{ kN/m}^2 < 9000 \text{ kN/m}^2)$, dan terhadap tegangan Tarik sebesar $(334,1282 \text{ kN/m}^2 < 670,8204 \text{ kN/m}^2)$. Untuk Tinjauan III-III terhadap tegangan desak sebesar $(1919,012 \text{ kN/m}^2 < 9000 \text{ kN/m}^2)$, dan terhadap tegangan Tarik sebesar $(20,6382 \text{ kN/m}^2 < 670,8204 \text{ kN/m}^2)$.

Kemudian untuk kebutuhan tulangan pada dinding penahan tanah kantilever digunakan asumsi tulangan pokok dengan diameter 16 mm dan tulangan susut 13 mm. Rekapitulasi kebutuhan tulangan dari hasil perhitungan stabilitas internal dapat dilihat pada Tabel (1) berikut.

Tabel 1. Rekapitulasi Tulangan Dinding Penahan Tanah

Bagian	Tulangan
Tulangan Lentur	D16-200
Tulangan Horizontal	D13-100
Tulangan Bagian <i>Toe</i>	D16-125
Tulangan Bagian <i>Heel</i>	D16-125
Tulangan Horizontal <i>Toe</i> dan <i>Heel</i>	D13-100

Untuk lebih jelas mengenai detail penulangan pada dinding penahan tanah dapat dilihat pada Gambar (14) berikut.



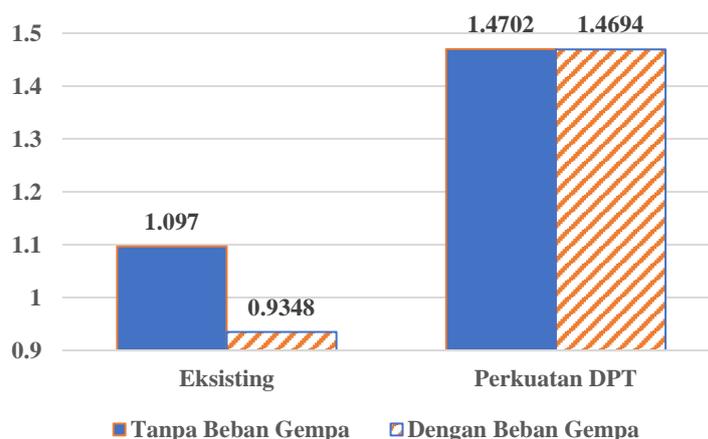
Gambar 14. Detail Penulangan Dinding Penahan Tanah

Hasil yang didapat dari analisis program perangkat lunak *Plaxis* dapat ditunjukkan bagaimana perilaku penurunan yang terjadi terhadap tanah. Nilai penurunan lereng asli tanpa gempa sebesar 0,01191 m, dan lereng asli dengan gempa sebesar 0,01575 m. Kemudian nilai penurunan lereng yang diperkuat dinding penahan tanah kantilever tanpa gempa sebesar 0,00695 m, dan nilai penurunan lereng yang diperkuat dinding penahan tanah kantilever dengan gempa sebesar 0,0958 m.

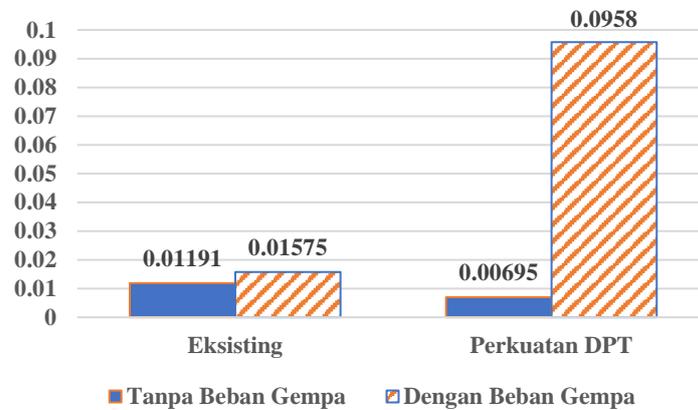
Perbandingan terhadap angka aman dan penurunan antara lereng asli dan lereng yang diperkuat dinding penahan tanah kantilever ditunjukkan pada Tabel (2), Gambar (15) dan Gambar (16) berikut.

Tabel 2. Perbandingan Angka Aman dan Penurunan Tanah

Parameter	Plaxis 8.6		Penurunan	
	Tanpa Gempa	Dengan Gempa	Tanpa Gempa	Dengan Gempa
Lereng Asli	SF = 1,097 < 1,25 (Lereng Kritis)	SF = 0,9348 < 1,25 (Lereng Labil)	0,01191 m	0,01575 m
Lereng dengan Perkuatan DPT Kantilever	SF= 1,4702 > 1,25 (Lereng Stabil)	SF = 1,4694 > 1,25 (Lereng Stabil)	0,00695 m	0,0958 m



Gambar 15. Perbandingan Nilai Angka Keamanan Tanah Eksisting dan Dengan Dinding Penahan Tanah



Gambar 16. Perbandingan Nilai Penurunan Tanah Eksisting dan Dengan Dinding Penahan Tanah

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

Hasil perhitungan terhadap angka aman lereng asli tanpa gempa menggunakan program *Plaxis 8.6* didapatkan 1,0970 (Lereng Kritis) dan pada lereng asli dengan gempa didapatkan 0,9348 (Lereng Labil). Sedangkan untuk hasil perhitungan manual menggunakan metode *Fellenius* didapatkan angka aman sebesar 1,0427. Dengan angka aman < 1,25, maka lereng dalam kondisi kritis dan labil.

Hasil perhitungan terhadap penurunan tanah pada lereng asli tanpa gempa sebesar 0,01191 m, dan dengan gempa sebesar 0,01575 m.

Hasil perhitungan angka aman menggunakan *Plaxis 8.6* pada lereng dengan perkuatan dinding penahan tanah tipe kantilever tanpa beban gempa didapatkan 1,4702 dan pada lereng dengan perkuatan dinding penahan tanah kantilever dengan beban gempa didapatkan 1,4694. Dengan angka aman > 1,25, maka lereng stabil. Sedangkan dengan perhitungan manual pada lereng dengan perkuatan dinding penahan tanah kantilever tanpa beban gempa dengan tinjauan stabilitas eksternal didapatkan

angka aman $SF_{Geser} = 3,0023 > 1,5$ (Aman dari pergeseran), $SF_{Guling} = 5,1971 > 1,5$ (Aman dari penggulingan), dan $SF_{Daya Dukung Terhadap Runtuh} = 3,0031 > 3$ (Aman dari runtuh).

Hasil perhitungan terhadap penurunan tanah pada lereng yang diperkuat dinding penahan tanah kantilever tanpa gempa sebesar 0,00695 m, dan lereng diperkuat dinding penahan tanah kantilever dengan gempa sebesar 0,0958 m.

Hasil perbandingan yang diperoleh dari analisis stabilitas terhadap lereng asli dan lereng yang telah diberi perkuatan dinding penahan tanah tipe kantilever dengan menggunakan *Plaxis 8.6* adalah angka aman (SF) pada lereng asli tanpa beban gempa dan dengan beban gempa diasumsikan runtuh karena keduanya diperoleh $SF < 1,25$. Kemudian untuk lereng dengan perkuatan dinding penahan tanah kantilever tanpa beban gempa dan dengan beban gempa diasumsikan aman terhadap runtuh karena keduanya diperoleh $SF > 1,25$. Untuk perbandingan besar penurunan pada lereng asli tanpa gempa dan dengan gempa terdapat peningkatan pada lereng dengan perkuatan dinding penahan tanah kantilever.

DAFTAR PUSTAKA

- Annisa, N. (2018). *Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah dan Perencanaan Perkuatan Lereng Menggunakan Geotekstil Pada Bantaran Sungai Gajah Putih*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Anopama, P. W. (2020). *Laporan Akhir DED Jembatan Ruas Tawang - Ngalang V*. Yogyakarta: DPUESDM DIY.
- Bowles, J. E. (1997). *Analisis dan Desain Pondasi Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Brinkgreve, R. (2007). *Plaxis 2D-Versi 8*. Belanda: Delft University of Technology and Plaxis.
- Budi Santosa, H. S. (1998). *Seri Diktat Kuliah Dasar Mekanika Tanah*. Jakarta: Gunadarma.
- Hansen, J. B. (1970). *A Revised and Extended Formula for Bearing Capacity*. Copenhagen: Danish Geotechnical Institute.
- Hardiyatmo, H. C. (1994). *Mekanika Tanah 2*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Hardiyatmo, H. C. (2002). *Mekanika Tanah 1*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. C. (2010). *Mekanika Tanah 1*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. C. (2011). *Analisis dan Perancangan Fondasi I*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. C. (2012). *Tanah Longsor dan Erosi: Kejadian dan Penanganan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. C. (2014). *Analisis dan Perencanaan Fondasi I Edisi ke Tiga*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hediyanto, R. (2018). *Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Dinding Kantilever Dan Sheeppile Pada Bantaran Sungai Code (Analysis Of Slope Stability With Cantilever Retaining Wall And Sheet Pile In Code Riverbank)*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Kurniawan, D. (2019). *Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah dan Sheet Pile Baja Lereng Jalan Tol Balikpapan-Samarinda Sta 2+850-3+050*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Nugraha, A. (2013). *Perencanaan Dinding Penahan Tanah Dengan Menggunakan Program GEO5*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah.
- Nurrohman. (2017). *Analisis Dinding Penahan Tanah Tipe Gravitasi Pada Lereng Di Desa Summersari, Tirtomoyo, Wonogiri*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Nurtanti, E. Z. (2019). *Analisis Perkuatan Tanah Dengan Menggunakan Dinding Penahan Tanah Beton Bertulang dan Dinding Turap Baja Dengan Program Plaxis 8.6 Pada Sungai Pabelan*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Prasetyo, R. (2020). *Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Dengan Menggunakan Dinding Penahan Tanah Beton Bertulang Dan Dinding Turap Baja Dengan Program Plaxis 8.6 Pada Sungai Pabelan*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Santoso, B. (1998). *Mekanika Tanah Lanjutan*. Yogyakarta.

- Saputra, A. S. (2017). *Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Dinding Penahan Tanah Kantilever dan Geotekstil pada Ruas Jalan Lintas Liwa-Simpang Gunung Kemala KM.268+550*. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Setiawan, W. H. (2019). *Perencanaan Ulang Perkuatan Tanah Tebing Kali Code Menggunakan Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever dan Geotekstil*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- SNI 4153. (2008). *Cara uji penetrasi lapangan dengan SPT*.
- Suyono, S. (2000). *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. Malang: Pradnya Paramita.
- Terzaghi, K. (1943). *Theoretical Soil Mechanics*. New York: John Wiley and Son.
- Vesic, A. (1975). *Foundation Engineering Handbook*. New York: Van Nostrand Reinhold Company, Inc.
- Wesley, L. D. (1977). *Mekanika Tanah, cetakan VI*. Jakarta Pusat: Erlangga.
- Winanda, R. A. (2017). *Perencanaan Dinding Penahan Tanah Concrete Cantilever Dengan Menggunakan Program Plaxis (Studi Kasus : Jalan Liwa – Simpang Gunung Kemala Krui KM.264+600)*. Bandar Lampung: Universitas Lampung.