

Analisis Stabilitas Lereng dan Penanggulangannya Menggunakan Metode Elemen Hingga (Studi Kasus : CitraLand Bandar Lampung -C10)

M. Desyan Ichsani¹⁾
Iswan²⁾
Aminudin Syah³⁾
Ahmad Zakaria⁴⁾

Abstract

Citraland is a modern residence that has a characteristic views because it is located in a hilly area, besides Citraland has different contours and elevations. It can be concluded that the location of CitraLand has the potential for landslides. This study aims to analyze the value of the slope safety factor and calculate slope stability using concrete sheet piles with the finite element method program. From the results of the analysis of the finite element method program, the slope safety factor value for the existing condition is 1 or is in unstable condition ($F_k < 1.5$) for conditions influenced by earthquake factors of 0.859 or is in unstable condition ($F_k < 1.5$). After countermeasures using concrete sheeting with dimensions of 3 meters high sheet pile, 1.7 meters embedded sheet pile, and 0.2 meter thick sheet pile, the existing slope safety factor value is $1.971 > 1.5$. 1.7772 or in a stable condition ($F_k > 1.5$). In this study, the countermeasures for the stability of slopes that have the potential for landslides use concrete sheeting which increases the value of the safety factor, so that it affects the stability of the soil when applied at the research site.

Keywords: Slope stability, Safety factor, finite element method, Sheet pile

Abstrak

Citraland merupakan hunian modern yang memiliki ciri khas viewnya karena terletak di wilayah perbukitan, selain itu CitraLand mempunyai kontur dan elevasi yang berbeda – beda. Bisa disimpulkan lokasi CitraLand berpotensi terhadap longsor. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis nilai faktor aman lereng dan menghitung stabilitas lereng menggunakan turap beton dengan program metode elemen hingga. Dari hasil analisis program metode elemen hingga, didapatkan nilai faktor aman lereng kondisi eksisting sebesar 1 atau berada pada kondisi labil ($F_k < 1,5$) untuk kondisi yang dipengaruhi faktor gempa sebesar 0,859 atau berada pada kondisi labil ($F_k < 1,5$). Setelah dilakukan penanggulangan menggunakan turap beton dengan dimensi tinggi turap dipermukaan tanah 3 meter, turap tertanam 1,7 meter, dan tebal turap 0,2 meter didapat nilai faktor aman lereng eksisting sebesar $1,971 > 1,5$ untuk nilai faktor aman dipengaruhi gempa didapat nilai sebesar 1,7772 atau berada pada kondisi stabil ($F_k > 1,5$). Pada penelitian ini penanggulangan stabilitas lereng yang berpotensi longsor menggunakan turap beton yang meningkatkan nilai faktor aman, sehingga berpengaruh terhadap kestabilan tanah ketika diterapkan di lokasi penelitian.

Kata Kunci: Stabilitas lereng, Faktor aman, Metode elemen hingga, Turap

¹⁾ Mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Surel: icandesyan@gmail.com

²⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

³⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

⁴⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

1. PENDAHULUAN

Lereng adalah permukaan bumi yang membentuk sudut kemiringan terhadap bidang horisontal. Lereng terbentuk berdasarkan 2 proses, secara alamiah (proses geologi) atau sengaja dibuat oleh manusia. Lereng yang terbentuk secara alamiah contohnya tebing sungaidan lereng bukit, sedangkan lereng yang sengaja dibuat manusia yaitu galian dan timbunan untuk membuat jalan raya, bendungan, tanggul sungai dan tambang terbuka. Jika kita membahas mengenai lereng atau dataran tinggi terdapat hal-hal yang wajib diperhitungkan khususnya bidang Geoteknik yaitu longsor.

Bencana tanah longsor merupakan salah satu bencana alam yang berdampak terhadap kerugian harta benda bahkan tak jarang memakan korban jiwa, dan menimbulkan banyak sekali kerusakan sarana dan prasarana umum. Untuk lereng yang rawan longsor seperti pada pembangunan ruas jalan C.10 Perumahan Citra Land -Bandar Lampung perlu ada penanggulangan untuk mengantisipasi ketika terjadi longsor. Hal yang perlu diperhatikan adalah longsor yang terjadi, karena longsor dapat terjadi sewaktu-waktu dengan tanda-tanda maupun tidak.

Penelitian kali ini, penulis menggunakan perangkat lunak atau *software* berbasis Metode Elemen Hingga untuk membantu dalam menganalisis kestabilan lereng pada pembangunan ruas jalan C.10 Perumahan Citra Land -Bandar Lampung. Program ini merupakan metode antarmuka grafis yang mudah digunakan sehingga pengguna dapat dengan cepat membuat model geometri dan jaring elemen berdasarkan penampang melintang dari kondisi lereng yang akan dianalisis.

2. DASAR TEORI

2.1 Lereng dan Longsor

Kelongsoran bisa terjadi pada macam – macam jenis lereng, akibat berat tanah sendiri ditambah pengaruh yang besar dari rembesan air tanah atau gaya lain yang berasal dari luar lereng. (Wesley, 1977 dalam Permana, 2016) membagi lereng menjadi 3 macam ditinjau dari segi terbentuknya, yaitu :

1. Lereng alam
2. Lereng yang dibuat manusia
3. Lereng timbunan tanah

Menurut (Craig, 1989 dalam Permana, 2016), gaya-gaya gravitasi dan rembesan (*seepage*) cenderung menyebabkan ketidakstabilan (*instability*) pada lereng alami (*natural slope*), pada lereng yang dibentuk dengan cara penggalian, dan pada lereng tanggul serta bendungan tanah (*earth dams*).

Ada 3 tipe utama dari kelongsoran tanah, yaitu sebagai berikut :

1. Kelongsoran rotasi (*rotational slips*)
2. Kelongsoran translasi (*translational slips*)
3. Kelongsoran gabungan (*compound slips*)

2.2 Analisis Stabilitas Lereng

Lereng dapat dianalisis melalui perhitungan faktor keamanan lereng dengan melibatkan data sifat fisik tanah, mekanika tanah, dan bentuk geometri lereng. Tujuan analisis stabilitas lereng adalah mendapatkan faktor aman dari bidang longsor potensial. Faktor aman (SF) didefinisikan sebagai nilai banding antara gaya yang menahan dan gaya yang menggerakkan.

Kelongsoran tanah merupakan akibat meningkatnya tegangan geser dari suatu massa tanah atau menurunnya kekuatan geser suatu massa tanah. Kekuatan geser dari suatu massa tanah tidak mampu memikul beban kerja yang terjadi. Gangguan terhadap stabilitas lereng dapat disebabkan oleh berbagai kegiatan manusia maupun kondisi alam. Lereng yang tidak stabil sangat berbahaya bagi lingkungan sekitarnya, oleh sebab itu analisis stabilitas lereng sangat diperlukan.

2.3 Mengatasi Kelongsoran Lereng

Dalam menghadapi persoalan bagaimana caranya memperbaiki atau menstabilkan lereng pada suatu daerah yang terjadi kelongsoran. Menurut (Wesley, 1977 dalam Permana, 2016) ada dua cara untuk membuat lereng supaya menjadi lebih aman dan mantap, yaitu :

- a. Memperkecil gaya penggerak atau momen penggerak.
- b. Memperbesar gaya melawan.

2.4 Tegangan Efektif

(Terzaghi, K., Peck, 1987) mengemukakan prinsip tegangan efektif yang didasarkan pada data hasil percobaan. Prinsip tersebut hanya berlaku untuk tanah jenuh sempurna. Tegangan – tegangan yang berhubungan dengan prinsip - prinsip tersebut adalah :

1. Tegangan normal (σ)
2. Tekanan air pori (u)
3. Tegangan normal efektif (σ')

2.5 Dinding Turap (*Sheet Pile*)

Konstruksi dinding turap terdiri dari beberapa lembaran turap yang dipancangkan ke dalam tanah, serta membentuk formasi dinding menerus vertikal yang berguna untuk menahan timbunan tanah. Dinding turap terdiri dari bagian-bagian yang dibuat terlebih dahulu (*prefabricated*) atau dicetak terlebih dahulu (*pre-cast*). (Respati, 1996).

Adapun tipe-tipe dinding turap yaitu :

1. *Sheet Pile* Kantilever
2. *Sheet Pile* Diangker
3. *Sheet Pile* dengan Landasan
4. *Sheet Pile* Bendungan Elek Selular

2.6 Tekanan Tanah Aktif dan Tekanan Tanah Pasif

Adapun langkah yang dipakai untuk tanah urugan di belakang tembok apabila berkohesi (kohesi adalah lekatan antara butir-butir tanah, sehingga kohesi mempunyai pengaruh mengurangi tekanan aktif tanah sebesar $2c\sqrt{K_a}$), maka tegangan utama arah horizontal untuk kondisi aktif adalah:

$$Pa = 1/2 \gamma H^2 Ka - 2c \cdot \sqrt{Ka} \cdot H \quad (1)$$

Jika suatu gaya mendorong dinding penahan ke arah tanah urug, tekanan tanah dalam kondisi ini disebut tekanan tanah pasif (*passive earth pressure*). Adapun langkah yang dipakai untuk tanah berkohesi, maka tegangan utama arah horizontal untuk kondisi pasif adalah:

$$Pp = 1/2 \gamma H^2 Kp - 2c \cdot \sqrt{Ka} \cdot H \quad (2)$$

2.7 Modulus Elastisitas Tanah

Nilai modulus young menunjukkan besarnya nilai elastisitas tanah yang merupakan perbandingan antara tegangan yang terjadi terhadap regangan. Nilai ini secara empiris dapat ditentukan seperti tabel berikut ini :

Tabel 1. Nilai E Tanah

Referensi	Hubungan	Digunakan
Heukolom dan Klomp (1998)	$E = 10 \text{ CBR (Psi)}$	$\text{CBR} < 10\%$
Croney dan Croney 1991)	$E = 6.6 \text{ CBR (MPa)}$	$\text{CBR} = 5 \%$
NAASRA (1950)	$E = 16.2 \text{ CBR}^{0.7} \text{ (MPa)}$	$\text{CBR} < 5\%$
	$E = 22.4 \text{ CBR}^{0.5} \text{ (MPa)}$	$\text{CBR} > 5 \%$
Powel, Potter, Mayhew and Nunn (1984)	$E = 15.6 \text{ CBR}^{0.64} \text{ (MPa)}$	$\text{CBR} < 12\%$
Angell (1998)	$E = 19 \text{ CBR}^{0.68} \text{ (MPa)}$	$\text{CBR} < 15\%$

2.8 Poisson Ratio Tanah

Nilai poisson ratio ditentukan sebagai rasio kompresi poros terhadap regangan permukaan lateral. Nilai poisson ratio dapat terlihat tabel berikut ini :

Tabel 2. Hubungan antara jenis tanah dan poisson ratio

Jenis Tanah	Poisson Ratio (v)
Lempung Jenuh	0,4 - 0,5
Lempung tak jenuh	0,1 - 0,3
Lempung berpasir	0,2 - 0,3
Lanau	0,3 - 0,35
Pasir	0,1 - 1
Batuan	0,1 - 0,4
Umum dipakai untuk tanah	0,3 - 0,4

2.9 Permeabilitas Tanah

Permeabilitas tanah adalah kecepatan air menembus tanah pada periode tertentu dan dinyatakan dalam cm/jam (Foth, 1978):

Tabel 3. Nilai permeabilitas tanah

Jenis Tanah	Permeabilitas (cm/dt)
- Kerikil bersih	1,00 – 100
- Pasir kasar	1,00 – 0,01
- Pasir Halus	0,01 – 0,001
- Lanau	0,001 – 0,00001
- Lempung	< 0,000001

2.10 Kuat Geser Tanah

Kuat geser tanah adalah kemampuan tanah melawan tegangan geser yang terjadi pada saat terbebani. Parameter kuat geser tanah diperlukan untuk analisis-analisis kapasitas dukung tanah, stabilitas lereng, dan gaya dorong pada dinding penahan tanah. Menurut teori Mohr (Hardiyatmo, 2002) kondisi keruntuhan suatu bahan terjadi akibat adanya kombinasi keadaan kritis dan tegangan normal dan tegangan geser.

2.11 Angka Keamanan (*Safety Factor*)

Lereng dapat dianalisis melalui perhitungan *Faktor Keamanan Lereng* dengan melibatkan data sifat fisik tanah, mekanika tanah (geoteknis tanah) dan bentuk geometri lereng. Tujuan utama dari analisis stabilitas lereng adalah menentukan Angka Keamanan (*safety factor*).

Tabel 4. Faktor Keamanan Minimum Kemantapan Lereng

Resiko	Kondisi Beban	Parameter Kekuatan Geser			
		Maksimum		Sisa	
		Teliti	Kurang Teliti	Teliti	Kurang Teliti
Tinggi	Dengan Gempa	1,5	1,75	1,35	1,5
	Tanpa Gempa	1,8	2	1,6	1,8
Menengah	Dengan Gempa	1,3	1,6	1,2	1,4
	Tanpa Gempa	1,5	1,8	1,35	1,5
Rendah	Dengan Gempa	1,1	1,25	1	1,1
	Tanpa Gempa	1,25	1,4	1,1	1,2

2.12 Metode Elemen Hingga

Metode elem hingga merupakan suatangkaian program elemen hingga yang telah dikembangkan untuk menganalisis deformasi dan stabilisasi geoteknik dalam perencanaan-perencanaan sipil.

Dalam penelitian ini data yang dibutuhkan adalah mengenai nilai-nilai parameter pada tanah yang didapat dari hasil penyelidikan tanah dalam hal ini adalah tanah di ruas jalan C.10 Perumahan Citra Land, Kota Bandar Lampung.

3. METODE PENELITIAN



Gambar 1. Lokasi penelitian.

Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini hanya menggunakan data sekunder yaitu menggunakan hasil data uji laboratorium yang sudah dilakukan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Tanah

Hasil uji laboratorium tanah yang didapatkan dari Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung

Tabel 5 Data *Test Result* perkuatan lereng C.10 Citra Land

No.	Deskripsi	Data Uji	
		BOREHOLE 1	BOREHOLE 2
1	Kadar Air (%)	25,55	21,35
2	Massa Jenis (gr/cm^3)	1,568	1,654
3	Specific Gravity (GS)	2,626	2,662
4	Lolos Saringan No. 200 (%)	73,56	79,36
	Batas Atterberg		
5	LL (%)	52,47	37,70
	PL (%)	35,41	21,25
	PI (%)	17,06	16,45
	Uji Kuat Geser		
6	Kohesi (c) (kg/cm^2)	0,080	0,117
	Sudut Geser ($^\circ$)	22,0	25,8

4.2 Beban Aspal

Tabel 6. Perhtiungan Beban Aspal

No.	Vol. Laston AC-Base	Vol. Laston AC-BC	Vol. AC-WC
1	23,65 Ton	18,92 Ton	12,61 Ton
Total Beban		541,12 kN	

4.3 Beban Drainase

Tabel 7. Perhtiungan Beban Aspal

P drainase	E drainase	EA	EI
7,497 kN/m	Kn/m^2	12.633.299,25kN/m	684.566,90 kN/m

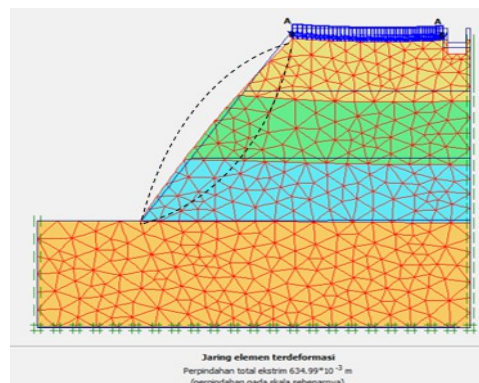
4.4 Beban Kendaraan

Tabel 7. Perhtiungan Beban Aspal

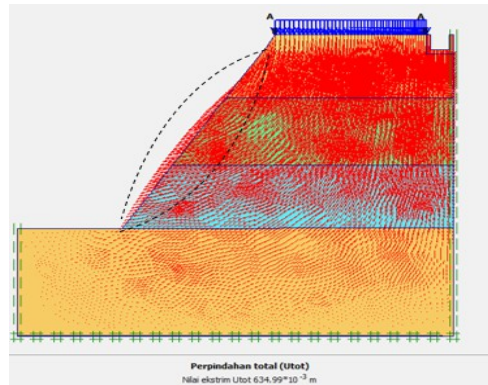
Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat (MST-Ton)
Arteri	I	>10
	II	10
	IIIA	8
Kolektor	IIIA	8
	IIIB	8
Lokal	IIIC	8

4.5 Analisis Jalan Timbunan Kondisi *Existing* (Normal)

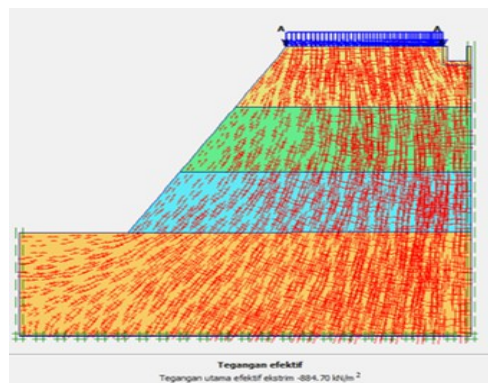
Perhitungan analisis stabilitas lereng dengan menggunakan program elemen hingga dilokasi penelitian untuk mendapatkan nilai faktor aman, deformasi, perpindahan, tegangan efektif pada kondisi tanah tidak jenuh.



Gambar 2. *Output* hasil perhitungan



Gambar 3. Perpindahan total



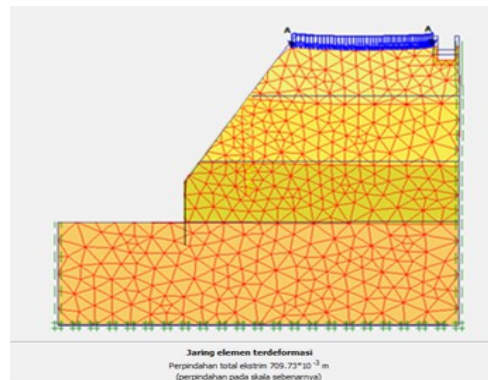
Gambar 4. Tegangan efektif

Gambar 5. Faktor keamanan

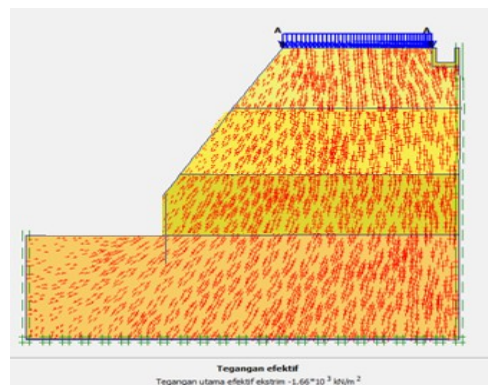
Hasil perhitungan yang dilakukan pada kondisi tanah miring tidak jenuh memiliki nilai faktor aman F_k sebesar 1 atau berada pada kondisi labil ($F_k < 1,5$). Berdasarkan hasil analisis nilai faktor aman yang dilakukan nilai faktor aman masih berada pada kondisi labil, hal ini dikarenakan kondisi sudut kemiringan

4.6 Solusi Untuk Meningkatkan Faktor Aman (Perhitungan)

Pada hasil analisis output didapatkan nilai $F_k < 1,5$ yaitu sebesar 1 dalam hal ini diperlukan solusi untuk meningkatkan nilai faktor aman agar mencapai batas aman yaitu 1,5. Pada solusi penampang melintang akan dipasang dinding penahan tanah dengan jenis turap datar.



Gambar. 6. Hasil perhitungan jaring elemen terdeformasi



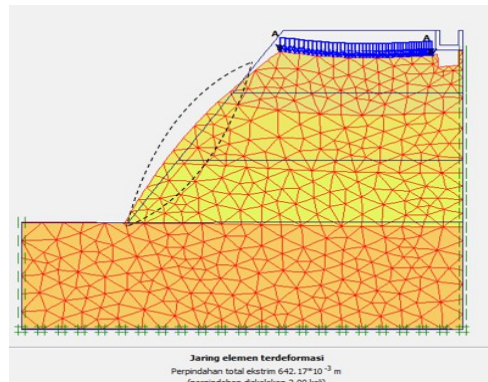
Gambar. 7. Hasil perhitungan tegangan efektif

Informasi perhitungan			
Pengali Informasi tambahan Informasi langkah			
Informasi langkah			
Langkah	100 dari 100	Faktor ekstrapolasi	1.000
Langkah Plastis		Kekakuan relatif	0.000
Pengali			
	Peningkatan faktor pengali	Faktor pengali total	
Perpendahan tertentu	Mdisp: 0.000	Σ Mdisp:	1.000
Sistem beban A	MoadA: 0.000	Σ MoadA:	1.000
Sistem beban B	MoadB: 0.000	Σ MoadB:	1.000
Berat tanah	Mweight: 0.000	Σ Mweight:	1.000
Percepatan	Maccel: 0.000	Σ Maccel:	0.000
Faktor reduksi kekuatan	Msf: 0.000	Σ Msf:	1.971
Waktu	Peningkatan:	Waktu akhir:	0.000
Waktu dinamis	Peningkatan:	Waktu akhir:	0.000

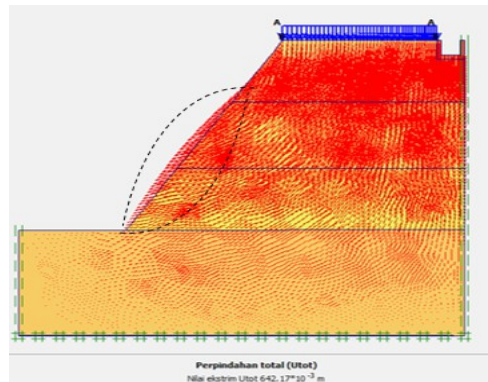
Gambar 8. Nilai faktor keamanan potongan melintang

Pada perhitungan pengecekan dimensi turap, dimensi yang digunakan pada solusi ini tidak mengharuskan memperbesar dimensi. Nilai faktor keamanan sebesar $1,971 > 1,5$, dalam hal ini tanah dapat dikatakan sebagai tanah relatif stabil. Dari hasil perhitungan nilai faktor aman sudah mencapai angka aman yaitu 1,971.

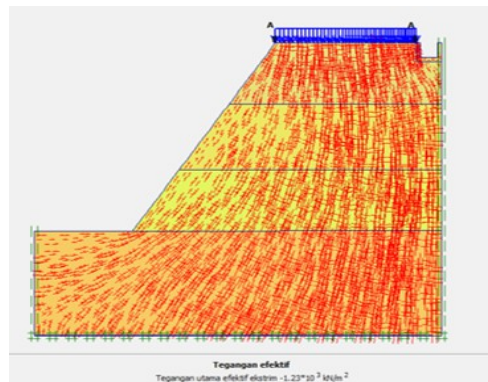
4.7 Analisis Jalan Timbunan Kondisi Gempa (Program)



Gambar 9. *Output* hasil perhitungan



Gambar 10. Perpindahan total



Gambar 11. Tegangan efektif

Informasi perhitungan

Pengali

Informasi tambahan

Informasi langkah

Informasi langkah

Langkah	252 dari 252	Faktor ekstrapolasi	1.000
Langkah Plastik		Kekakuan relatif	0.000

Pengali

	Peningkatan faktor pengali	Faktor pengali total
Perpindahan tertentu	Mdop: 0.000	ΣMdop: 0.026
Sistem beban A	MoadA: 0.046	ΣMoadA: 1.446
Sistem beban B	MoadB: 0.046	ΣMoadB: 1.446
Berat tanah	Mweight: 0.092	ΣMweight: -1.109
Percapatan	Maccel: 0.250	ΣMaccel: -1.772
Faktor reduksi kekuatan	Mrf: 0.000	ΣMrf: 0.859
Waktu	Peningkatan: 0.500	Waktu akhir: -5.545
Waktu dinamis	Peningkatan: 0.000	Waktu akhir: 7.560

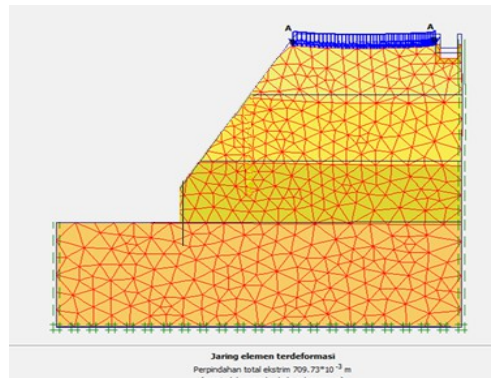
Cetak

OK

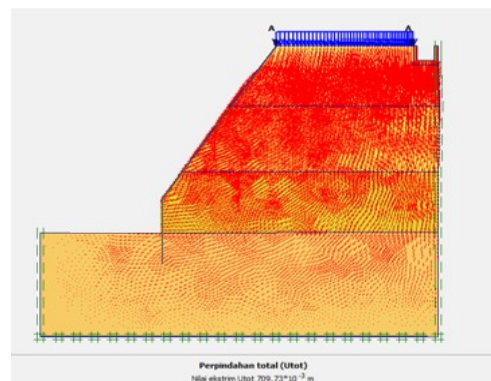
Gambar 12. Faktor keamanan

Berdasarkan hasil analisis nilai faktor aman yang dilakukan nilai faktor aman masih berada pada kondisi labil, hal ini dikarenakan kondisi sudut kemiringan tanah yang cukup curam yaitu 54° . Pada kondisi ini tanah harus dilakukan penguatan pada lereng, salah satu solusinya yaitu *sheet pile*.

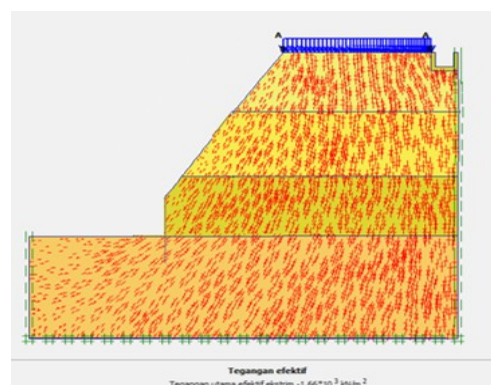
4.8 Analisis Jalan Timbunan Kondisi Gempa (Program)



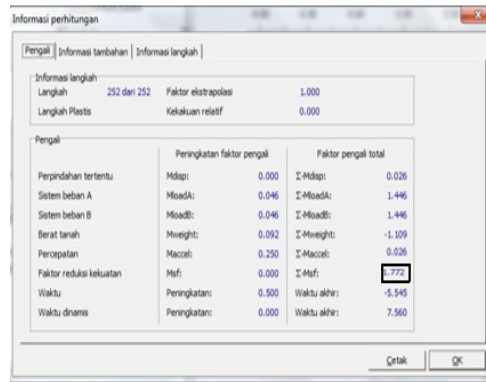
Gambar 13. *Output* hasil perhitungan



Gambar 14. Perpindahan total



Gambar 15. Tegangan efektif



Gambar 16. Faktor keamanan

Hasil perhitungan yang dilakukan pada kondisi tanah miring tidak jenuh dan kondisi gempa memiliki nilai faktor aman F_k sebesar 1,7772 atau berada pada kondisi stabil ($F_k > 1,5$). Berdasarkan hasil analisis nilai faktor aman yang dilakukan nilai faktor aman berada pada kondisi stabil, dan aman terhadap beban gempa yang bekerja.

Dibandingkan dengan Skripsi (Permana, 2016) yang mempunyai hasil pembahasan pada penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa output dari program metode elemen hingga hanya menganalisis pengaruh beban statis terhadap stabilitas lereng, yang dimana pengaruh beban dinamis pada stabilitas lereng tidak dianalisis seperti stabilitas lereng akibat beban kendaraan, beban aspal dan beban gempa. Dari hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa hasil output program metode elemen hingga pada skripsi ini lebih baik dibandingkan dengan hasil output program metode elemen hingga yang didapatkan oleh saudara Giwa Wibawa Permana.

5. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari hasil analisis adalah sebagai berikut :

- Karakteristik dan parameter tanah sangat berpengaruh terhadap hasil analisis stabilitas tanah dikarenakan karakteristik dan parameter merupakan nilai ukur yang digunakan program berbasis elemen hingga dalam menganalisis kestabilan tanah.
- Analisis plaxis dilakukan pada kondisi eksisting dan kondisi gempa, potongan melintang 7-7 pada jalan timbunan C.10. Pada analisis kondisi eksisting normal didapat nilai
 1. Deformasi : 0,63499 m
 2. Tegangan Efektif : 884,70 kN/m²

3. Faktor Aman : 1
- Dimensi turap yang digunakan dengan tinggi 4,7 m, lebar atas 0,2 m. Pada analisis plaxis dengan turap dengan kondisi normal didapat :
1. Deformasi : 0,70973 m
 2. Tegangan Efektif : -1660 kN/m²
 3. Faktor Aman : 1,971
- Pada analisis kondisi eksisting gempa didapat nilai
1. Deformasi : 1,2843 m
 2. Tegangan Efektif : 1230 kN/m²
 3. Faktor Aman : 0,859
- Hasil analisis pada kondisi eksisting tidak memenuhi persyaratan kestabilan tanah yaitu faktor keamanan >1,5.
- Pada analisis turap kondisi gempa didapat nilai :
4. Deformasi : 0,7097 m
 5. Tegangan Efektif : -660 kN/m²
 6. Faktor Aman : 1,772
- Hasil analisis turap kondisi gempa memenuhi persyaratan kestabilan tanah yaitu faktor keamanan >1,5.

DAFTAR PUSTAKA

- Foth, D.H., 1978. Fundamental of Soil Science. General Publishing Company, Ltd, 30 Lesmill Road, Don Mill, Toronto, Ontario. Canada., 1–12.
- Hardiyatmo, H.C., 2002. Mekanika Tanah I, 6 (2017), 7–27.
- Permana, G.W., 2016. Analisis Stabilitas Lereng dan Penanganan Longsoran Menggunakan Metode Elemen Hingga Plaxis V.8.2. *Jurnal Rekayasa*, 20 (2), 119–138.
- Respati, 1996. Pengertian Tanah, 5–13.
- Terzaghi, K., Peck, R.B., 1987. Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa, 1–11.

