Analisis Stabilitas Lereng dan Penanganan Longsoran Menggunakan Metode Elemen Hingga *Plaxis V.8.2* (Studi Kasus : Ruas Jalan Liwa – Simpang Gunung Kemala STA.263+650)

Setyanto[1)]
Ahmad Zakaria[2)]
Giwa Wibawa Permana[3)]

Abstract

The downpour in most of Taman Nasional Bukit Barisan Selatan (TNBBS) Lampung areas caused landslide on a cliff in Liwa – Simpang Gunung Kemala STA.263+650 roadside so that a part of the roadside covered by the landslide. For this case, it takes slope stability analysis to determine safety factors of the slope in research site that can figuring accordance with the real conditions on the field in order to enable the approaches condition on the result of analysis and to simplify the process of figuring the handling, one of them is through the using of manual formulas and Plaxis program.

The result of this research shows that soil parameters greatly affect the stability of slope. Partially saturated slope condition has the smallest stability compared to other conditions. Based on the analysis conducted before handling condition, it is acquired the deformed mesh = 885x10-3 m; active pore pressures = -168.89 m; effective stress = -535.76 kN / m²; safety factor = 0.2847. On the condition after handling, it is obtained values of deformed mesh = 818x10-3 m; active pore pressures = -132.36 m; effective stress = -209.77 kN / m²; safety factor = 1.3548.

Keywords*: analysis, slope, safety factor, plaxis, soil.*

Abstrak

Hujan deras yang mengguyur sebagian besar wilayah Taman Nasional Bukit Barisan Selatan (TNBBS) Lampung telah mengakibatkan jurang di tepi ruas jalan Liwa - Simpang Gunung Kemala STA.263+650 mengalami kelongsoran dan mengikis sebagian bahu jalan. Dibutuhkan suatu analisis stabilitas lereng untuk mengetahui faktor keamanan lereng di lokasi penelitian yang dapat memodelkan sesuai dengan kondisi asli di lapangan agar terjadi kondisi pendekatan dalam hasil analisis dan memudahkan dalam memodelkan penanganannya, salah satunya dengan menggunakan rumus manual dan program *Plaxis*.

Dari hasil penelitian menunjukan bahwa parameter tanah sangat berpengaruh terhadap stabilitas lereng. Kondisi lereng dengan kondisi jenuh sebagian memiliki stabilitas paling kecil dibandingkan dengan kondisi lainnya. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan pada kondisi sebelum penanganan didapat nilai deformasi = 885×10^{-3} m; *active pore pressures* = -168,89 m; tegangan efektif tanah = -535,76 kN/m²; faktor aman = 0,2847. Pada kondisi setelah penanganan didapat nilai nilai deformasi = 818×10^{-3} m; *active pore pressures* = -132,36 m; tegangan efektih tanah = -209,77 kN/m²; faktor aman = 1,3548.

Kata kunci : analisis, lereng, faktor aman, *plaxis*, tanah.

[1)] Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar lampung. 35145. Surel : setyanto@eng.unila.ac.id

[2)] Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar lampung. 35145. Surel : ahmad.zakaria@eng.unila.ac.id

[3)] Mahasiswa dari Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35415. Surel : permanagiwa@gmail.com.

1. PENDAHULUAN

Hujan deras yang mengguyur sebagian besar wilayah Taman Nasional Bukit Barisan Selatan (TNBBS) Lampung telah mengakibatkan jurang di tepi ruas jalan Liwa - Simpang Gunung Kemala STA.263+650 mengalami kelongsoran dan mengikis sebagian bahu jalan. Ruas jalan Liwa – Simpang Gunung Kemala terletak di wilayah TNBBS Lampung yang memiliki kondisi geografis yang terdiri dari perbukitan serta terdapat lereng dan jurang yang cukup tinggi, curam yang rawan mengalami kelongsoran sehingga diperlukan pencegahan untuk mengurangi kelongsoran yang sering terjadi di titik tersebut.

Untuk mengetahui faktor keamanan lereng di lokasi penelitian dibutuhkan suatu analisis stabilitas lereng yang dapat memodelkan sesuai dengan kondisi asli di lapangan agar terjadi kondisi pendekatan dalam hasil analisis dan memudahkan dalam memodelkan penanganannya, salah satunya dengan menggunakkan program *Plaxis*.

Plaxis merupakan program komputer berdasarkan metode elemen hingga dua dimensi yang digunakan secara khusus melakukan analisis deformasi dan stabilitas untuk bebagai aplikasi dalam bidang geoteknik. 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 (*Plaxis*, 2012).

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Tegangan Efektif

Craig (1989) mengemukakan prinsip tegangan efektif yang didasarkan pada data hasil percobaan. Prinsip tersebut hanya berlaku untuk tanah jenuh sempurna.

Tegangan-tegangan yang berhubungan dengan prinsip tersebut adalah :

1. Tegangan normal total (σ) pada bidang di dalam tanah, yaitu gaya per satuan luas yang ditransmisikan pada arah normal bidang, dengan menganggap bahwa tanah adalah maerial pada saja (fase tunggal).
2. Tekanan air pori (u), yaitu tekanan air pengisi pori-pori di antara partikel-partikel padat.
3. Tegangan normal efektif (σ') pada bidang, yang mewakili tegangan yang dijalarkan hanya melalui kerangka tanah saja.

B. Kuat Geser

Kuat geser tanah adalah kemampuan tanah melawan tegangan geser yang terjadi pada saat terbebani. Keruntuhan geser (*shear failur*) tanah terjadi bukan disebabkan karena hancurnya butir-butir tanah tersebut tetapi karena adanya gerak relatif antara butir-butir tanah tersebut (Santosa dkk, 1998).

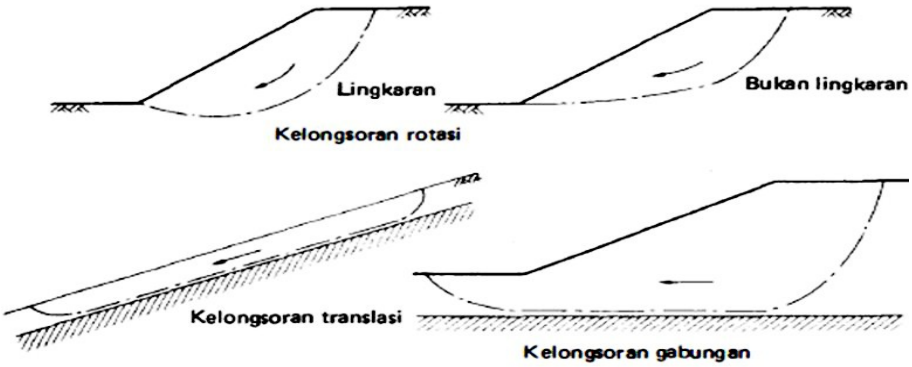
C. Tekanan Air Pori

Tanah terbagi menjadi dua zona yaitu zona tekanan pori positif dan negatif (Hardiyatmo, 2006c). Garis yang membagi kedua zona adalah garis permukaan air tanah, dimana tekanan hidrostatiknya sama dengan tekanan atmosfer. Dibawah muka air tanah, tanah dalam kondisi jenuh air dan tekanan air pori adalah positif. Di atas muka air tanah, di dalam zona tanah tidak jenuh, tekanan pori adalah negatif. Sembarang perubahan tekanan pori akan merubah kuat geser tanah yang akan mempunyai pengaruh besar pada stabilitas lereng.

D. Lereng dan Longsoran

Kelongsoran dapat terjadi pada setiap macam lereng, akibat berat tanah sendiri, ditambah dengan pengaruh yang besar dari rembesan air tanah, serta gaya lain dari luar lereng. Menurut Craig (1989), 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 seperti pada Gambar 1, yaitu sebagai berikut :
a. Kelongsoran rotasi (*rotational slips*), yaitu kelongsoran yang bentuk permukaan runtuh pada potongannya dapat berupa busur lingkaran atau kurva bukan lingkaran.
b. Kelongsoran translasi (*translational slips*), cenderung terjadi bila lapisan tanah yang berbatasan berada pada kedalaman yang relatif dangkal di bawah permukaan lereng.
c. Kelongsoran gabungan (*compound slips*), terjadi bila lapisan tanah yang berbatasan berada pada kedalaman yang lebih dalam. Hal ini umumnya terjadi karena runtuhnya terdiri dari potongan kurva dan bidang.



Gambar 1. Tipe-tipe keruntuhan lereng (Craig, 1989).

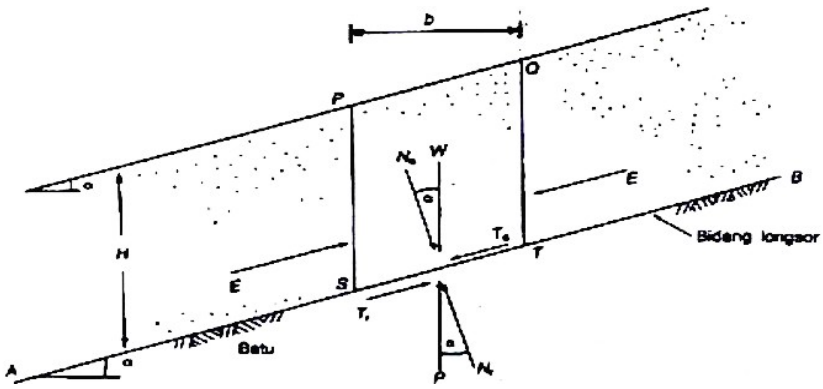
E. Mengatasi Kelongsoran Lereng

Dalam menghadapi persoalan bagaimana caranya memperbaiki atau menstabilkan lereng pada suatu daerah yang terjadi kelongsoran. Menurut (Wesley, 1977) ada dua cara untuk membuat lereng supaya menjadi lebih aman dan mantap, yaitu :
1. Memperkecil gaya penggerak atau momen penggerak, yaitu dengan mengubah bentuk lereng. Cara yang dilakukan yaitu :
a. Membuat lereng lebih datar, yaitu dengan mengurangi sudut kemiringan.
b. Memperkecil ketinggian lereng, cara ini hanya dapat dipakai pada lereng yang ketinggiannya terbatas, yaitu dalam hal kelongsoran yang bersifat "*rational slide*".
2. Memperbesar gaya melawan, yang dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu :
a.Dengan memakai *counterweight* yaitu tanah timbunan pada kaki lereng.
b. Dengan mengurangi tegangan air pori di dalam lereng, seperti terlihat pada.
c. Dengan cara injeksi, yaitu dengan menambah tanah timbunan pada kaki lereng, membuat selokan secara teratur pada lereng dengan mengurangi tegangan air pori pada tanah, dengan menambahn bahan kimia atau semen dipompa melalui pipa suapaya masuk ke dalam lereng.
d. Dengan cara mekanis, yaitu dengan membuat dinding penahan atau dengan memancang tiang. Cara ini dilakukan jika lereng tersebut mempunyai tingkat kelongsoran yang kecil.

F. Analisis Stabilitas Lereng untuk Lereng tak Terhingga

1. Kondisi Tanpa Rembesan (Tanah tak Jenuh)

Ditinjau suatu lereng tak terhingga dalam kondisi tanpa rembesan, akan ditentukan faktor aman lereng setebal *H* pada bidang longsor *AB* (lihat Gambar 2), dalam lereng yang tidak terdapat aliran air tanah.



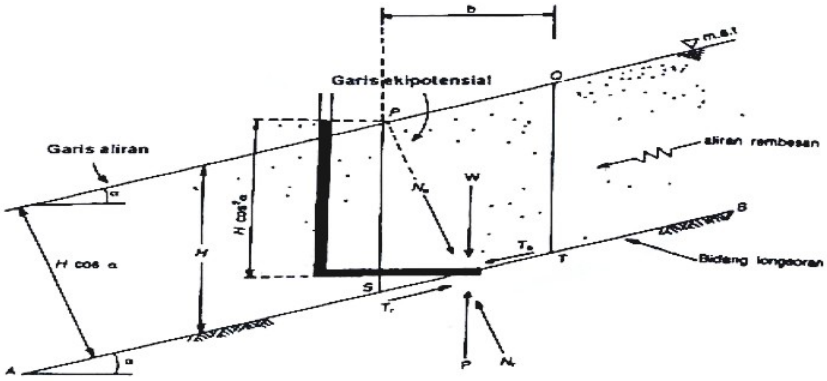
Gambar 2. Lereng tak terhingga tanpa aliran rembesan (Hardiyatmo, 2006c).

$$F = \frac{c}{\gamma\, H \cos^2\alpha \tan\alpha} + \frac{\tan\varphi}{\tan\alpha} \qquad [1]$$

Dengan,
F = Faktor aman
c = Kohesi (kN/m^2)
φ = Sudut geser dalam tanah (°)
α = Sudut kemiringan lereng (°)
γ = Berat volume tanah (kN/m^3)

2. Kondisi Tanpa Rembesan (Tanah tak Jenuh)

Suatu lereng tak terhingga dengan kemiringan lereng sebesar α, dengan muka air tanah dianggap terdapat pada permukaan tanah, diperlihatkan pada Gambar 3. Ditinjau elemen *PQTS*, gaya-gaya yang bekerja pada permukaan-permukaan *PS* dan *QT* besarnya sama, jadi saling meniadakan. Selanjutnya akan dievaluasi faktor aman terhadap kemungkinan longsor di sepanjang bidang *AB* yang terletak pada kedalaman *H* di bawah permukaan tanah.

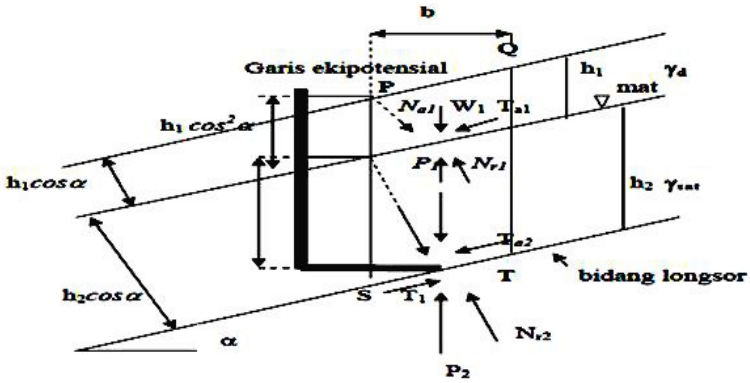


Gambar 3. Lereng tak terhingga dengan aliran rembesan (Hardiyatmo, 2006c).

$$F = \frac{c}{\gamma_{sat} H \cos^2\alpha \tan\alpha} + \frac{\gamma' \tan\varphi}{\gamma_{sat} \tan\alpha} \qquad [2]$$

Dengan,
F = Faktor aman
c = Kohesi (kN/m^2)
φ = Sudut geser dalam tanah (°)
α = Sudut kemiringan lereng (°)
γ_{sat} = Berat volume jenuh tanah (kN/m^3)
γ' = Berat volume efektif tanah (kN/m^3)

3. Kondisi dengan Rembesan sebagian Tanah Jenuh dan Sebagian Tanah tidak Jenuh



Gambar 4. Lereng tak terhingga dengan kondisi aliran rembesan sebagian (Hardiyatmo, 2006c).

$$F = \frac{c + [(\gamma_d h_1 + \gamma' h_2)\cos^2\alpha]\tan\varphi}{(\gamma_d h_1 + \gamma_{sat} h_2)\cos\alpha \tan\alpha} \qquad [3]$$

Dengan
F = Faktor aman
c = Kohesi (kN/m^2)
φ = Sudut geser dalam tanah (°)
α = Sudut kemiringan lereng (°)
γ_{sat} = Berat volume jenuh tanah (kN/m^3)
γ_d = Berat volume kering tanah (kN/m^3)
γ' = Berat volume efektif tanah (kN/m^3)

G. Metode Elemen Hingga *Plaxis*

Plaxis (*Finite Elemen Code for Soil and Rock Analyses*) merupakan suatu rangkuman program elemen hingga yang telah dikembangkan untuk menganalisis deformasi dan stabilisasi geoteknik dalam perencanaan-perencanaan sipil. Grafik prosedur-prosedur input data (*soil properties*) yang sederhana mampu menciptakan model-model elemen hingga yang kompleks dan menyediakan *output* tampilan secara detail berupa hasil-hasil perhitungan. Perhitungan program ini seluruhnya secara otomatis dan berdasarkan pada prosedur-prosedur penulisan angka yang tepat. Konsep ini dapat dikuasai oleh pengguna baru dalam waktu yang relatif singkat setelah melakukan beberpa latihan (*Plaxis*, 2012).

3. METODE PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini berada di ruas jalan lintas Liwa - Simpang Gunung Kemala STA.263+650, Taman Nasional Bukit Barisan Selatan (TNBBS) Kabupaten Lampung Barat, Provinsi Lampung.

B. Tahapan Pengumpulan Data

1. Data Primer

Data ini diperoleh secara langsung dari lapangan, data yang diperoleh antara lain :

a. Pengukuran lereng secara langsung di lapangan untuk mendapatkan tinggi lereng serta sudut lereng kajian.

b. Pengujian sampel tanah di laboratorium Teknik Sipil Universitas Lampung untuk mendapatkan nilai sudut geser (φ) dan kohesi (c) yang didapatkan dengan pengujian secara langsung, yaitu dengan melakukan uji geser langsung (*direct shear test*).

2. Data Sekunder

Pengumpulan data sekunder dilakukan dengan mengumpulkan informasi dan dokumentasi yang berasal dari :

a. Data *properties* tanah terkait dengan hasil uji laboratorium yang telah dilakukan sebelumnya.

b. Data tambahan berupa kontur dan potongan melintang lereng kajian untuk dianalisis kestabilannya.

C. Tahapan Pengujian Laboratorium

Percobaan laboratorium untuk mendapatkan data tanah yang belum diketahui dengan menggunakan percobaan uji geser langsung. Pengambilan sampel tanah di lokasi penelitian diambil dari titik pengeboran STA.263+650 pada kedalaman tanah 17 m dari permukaan tanah.

D. Tahapan Analisis Stabilitas Lereng

1. Cara Analisis Data dengan Menggunakan Program *Plaxis V.8.2*

a. *Plaxis Input*

Dalam analisis pekerjaan yang akan menggunakan program plaxis, haruslah membuat pemodelan sesuai kondisi di lapangan.

b. *Plaxis Calculations*

Plaxis Calculation program digunakan setelah proses *input* pada pekerjaan yang kita tinjau telah selesai. Program ini dapat secara otomatis terbuka setelah memilih *toolbar calculate* pada akhir *input* program, Jika kalkulasi tidak dilakukan langsung setelah proses input, kita dapat membuka program ini dengan memilih *Calculation Program* pada *start menu*.

c. *Plaxis Output*

Plaxis output dapat dipanggil dengan mengklik *toolbar Plaxis output*, atau dari *start menu* yang bersesuaian dengan program *plaxis*. *Toolbar Calculation* pada *Calculation Program* pun dapat juga dipakai untuk masuk ke *output program*, jika inputnya selesai dan telah memiliih titik yang akan ditinjau.

d. *Plaxis Curves*

Plaxis Curves Program dapat dipakai untuk menggambar kurva hubungan beban atau waktu terhadap *displacement*, diagram tegangan-tegangan dari lokasi yang sebelumnya dipilih pada *Calculation Program* (*select point for curve*). Pemiliihan *point* ini dibatasi sejumlah 10 buah nodal dan 10 buah untuk *stress point*.

2. Cara Analisis Data dengan Menggunakan Rumus

Rumus analisis stabilitas lereng dengan metode tak terhingga dengan meninjau kondisi lereng pada saat kondisi tanah tak jenuh, tanah jenuh air (jenuh penuh), serta kondisi tanah jenuh sebagian.

E. Validasi Program

Untuk mengecek validasi dari program *Plaxis V.8.2*, maka dilakukan perbandingan perhitungan stabilitas lereng dengan rumus analisis lereng tak terhingga yaitu metode lereng tak terhingga. kemudian membandingkan faktor keamanan dari kedua perhitungan tersebut.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Stabilitas Lereng Metode Rumus

Berikut merupakan uraian perhitungan analisis stabilitas lereng dengan menggunakan rumus stabilitas lereng tidak terhingga di lokasi penelitian STA.263+650 untuk mendapatkan nilai faktor aman lereng tersebut :

Data properties tanah :

Kohesi (c) = 0,09 kg/cm² = 8,829 kN/m²
Sudut lereng (α) = 59,0367°
Sudut geser (φ) = 6,5°
Tinggi lereng (H) = 10 m
Berat tanah jenuh (γ_{sat}) = 1,754 gr/cm³ = 17,2067 kN/m³
Berat tanah tak jenuh (γ_d) = 1,2021 gr/cm³ = 11,7926 kN/m³
Berat tanah efektif (γ') = $\gamma_{sat} - \gamma_w$ = 17,2067 kN/m³ - 10 kN/m³ = 7,2067 kN/m³
Tinggi tanah tak jenuh (h_1) = 3 m
Tinggi tanah jenuh (h_2) = 7 m

1. Kondisi Tanah tak Jenuh

$$F = \frac{8{,}829}{17{,}2067 \,.\, 10 \,.\, \cos^2 59{,}0367° \,.\, \tan 59{,}0367°} + \frac{\tan 6{,}5°}{\tan 59{,}0367°}$$

F = 0,308

2. Kondisi Tanah Jenuh Air (Jenuh Penuh)

$$F = \frac{8{,}829}{17{,}2067 \,.\, 10 \,.\, \cos^2 59{,}0367° \,.\, \tan 59{,}0367°} + \frac{7{,}2067 \,.\, \tan 6{,}5°}{17{,}2067 \,.\, \tan 59{,}0367°}$$

F = 0,268

3. Kondisi Tanah Jenuh Sebagian

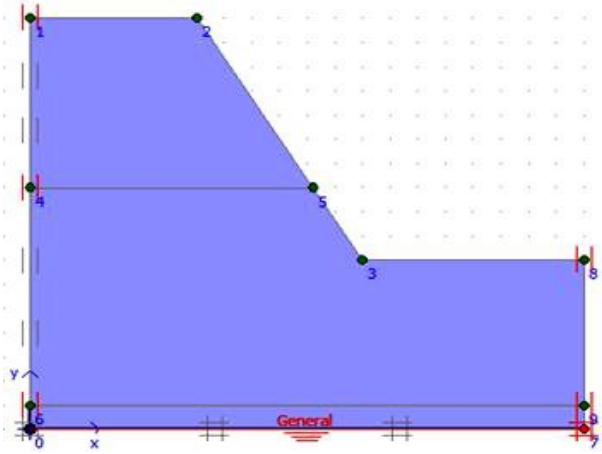
$$F = \frac{8{,}829 + \left[\left(11{,}7926 \,.\, 3 + 7{,}2067 \,.\, 7\right) \cos^2 59{,}0367°\right] \tan 6{,}5°}{\left(11{,}7926 \,.\, 3 + 17{,}2067 \,.\, 7\right) \cos 59{,}0367° \,.\, \sin 59{,}0367°}$$

F = 0,147

B. Analisis Stabilitas Lereng Metode Program *Plaxis*

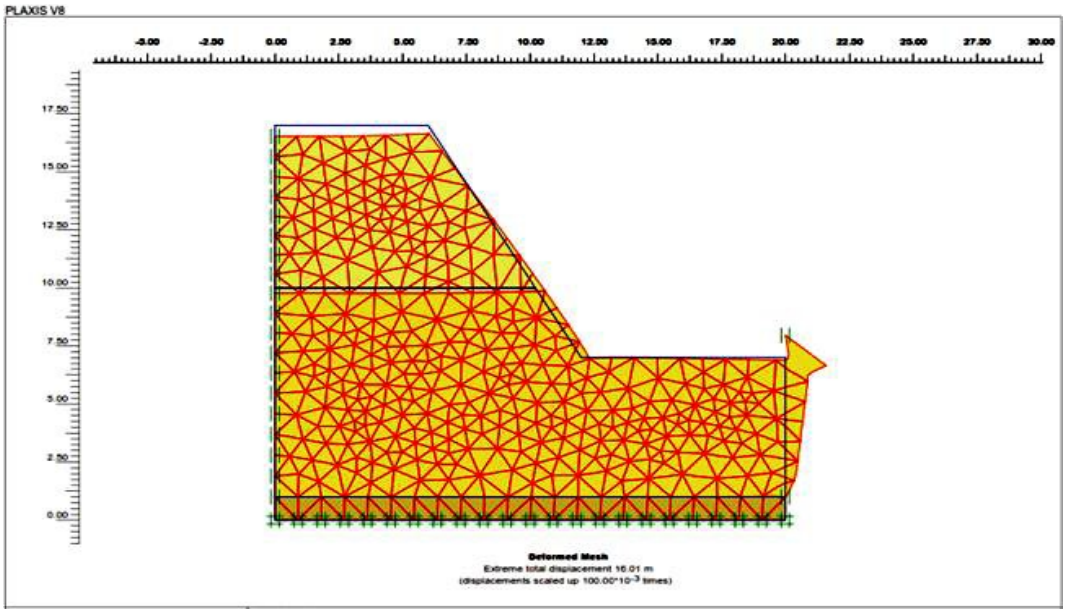
Perhitungan analisis stabilitas lereng dengan menggunakan program *Plaxis V.8.2* di lokasi penelitian STA.263+650 untuk mendapatkan nilai faktor aman, deformasi, perpindahan, dan tegangan efektif lereng pada kondisi tanah tidak jenuh, tanah jenuh air (jenuh penuh), serta tanah jenuh sebagian.

1. Kondisi Tanah Lereng tidak Jenuh



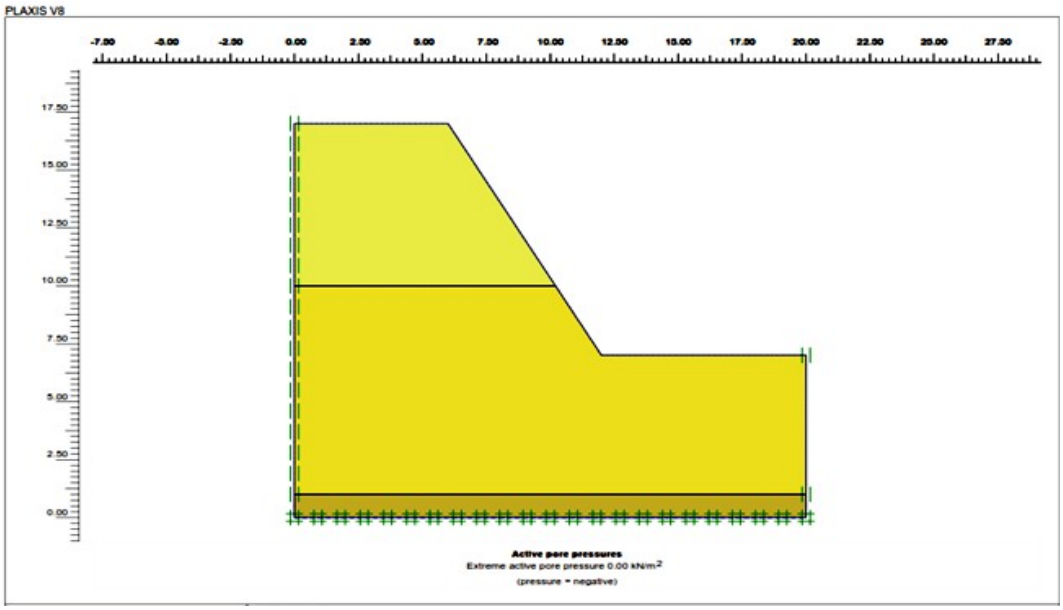
Gambar 5. Tampilan lereng pada kondisi tidak jenuh.

Muka air tanah (MAT) berada di bawah lereng dikarenakan pemodelan lereng dalam kondisi tidak jenuh. Pemodelan dilakukan dengan pendekatan keadaan lereng di lapangan, dengan kondisi general muka air tanah berada di bawah permukaan lereng, kondisi tanah lereng di atas muka air tanah berada dalam kondisi tidak jenuh.



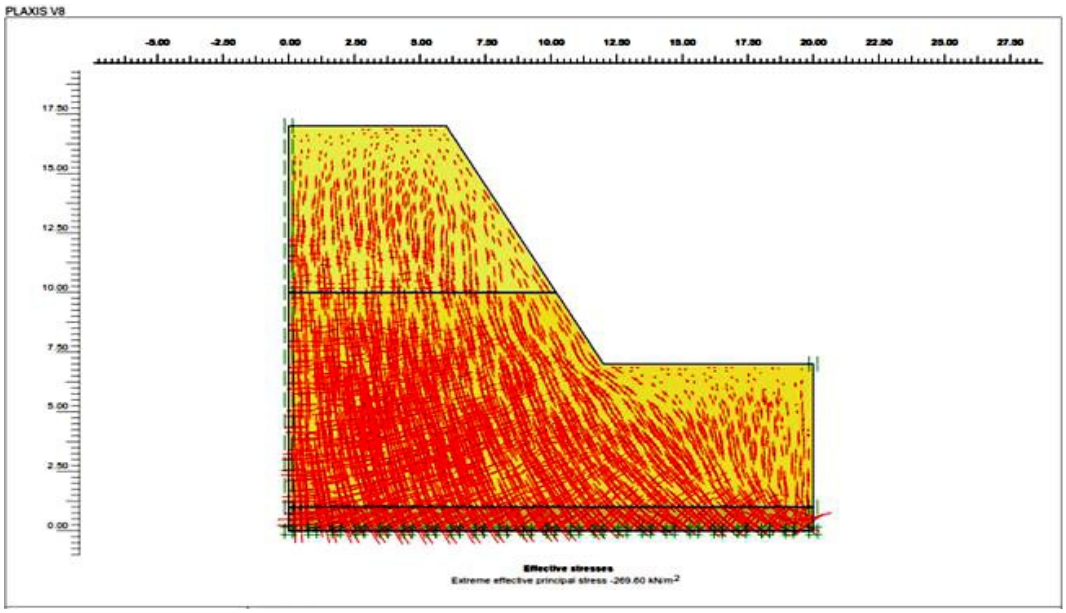
Gambar 6. Tampilan *Deformed Mesh* kondisi lereng tidak jenuh.

Pada potongan lereng ini, deformasi yang terjadi sebesar 1601×10^{-3} m, semakin besar nilai deformasi maka kemungkinan terjadi kelongsoran semakin besar akibat deformasi tanah yang terjadi pada lereng secara vertikal maupun horizontal. Besarnya deformasi yang terjadi dipengaruhi oleh besarnya sudut kemiringan lereng dan level muka air tanah lereng.



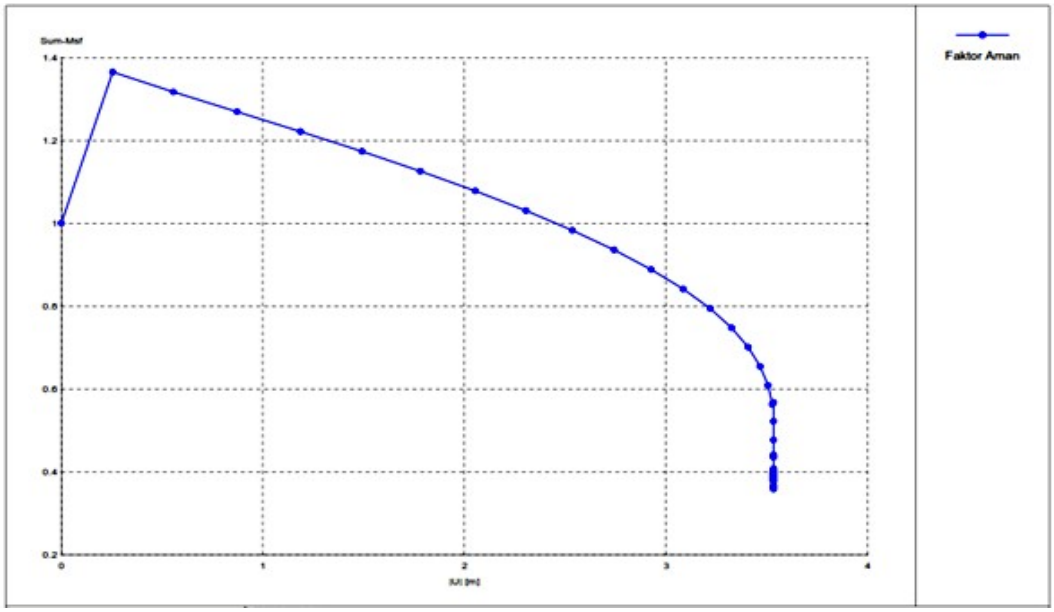
Gambar 7. Tampilan *Active Pore Pressures* kondisi lereng tidak jenuh.

Nilai *active pore pressures* pada kondisi ini tidak mempengaruhi tegangan efektif tanah sehingga daya dukung tanah cukup besar dalam menahan kelongsoran lereng.



Gambar 8. Tampilan *Effective Stresses* kondisi lereng tidak jenuh.

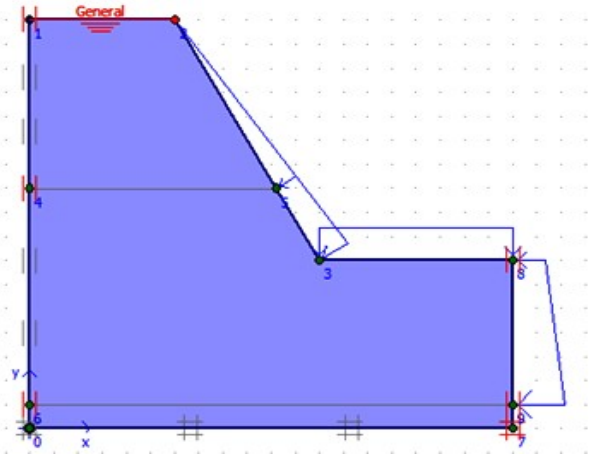
Tegangan efektif pada kondisi lereng tidak jenuh adalah sebesar -269,6 kN/m^2. Tanda negatif pada nilai maksimum menunjukan tekanan yang terjadi pada partikel tanah lereng. Semakin besar nilai tegangan tanah efektif yang terjadi maka kondisi partikel tanah cukup baik dalam memberikan daya dukung tanah terhadap longsoran lereng yang mungkin terjadi.



Gambar 9. Tampilan kurva faktor aman lereng kondisi tidak jenuh.

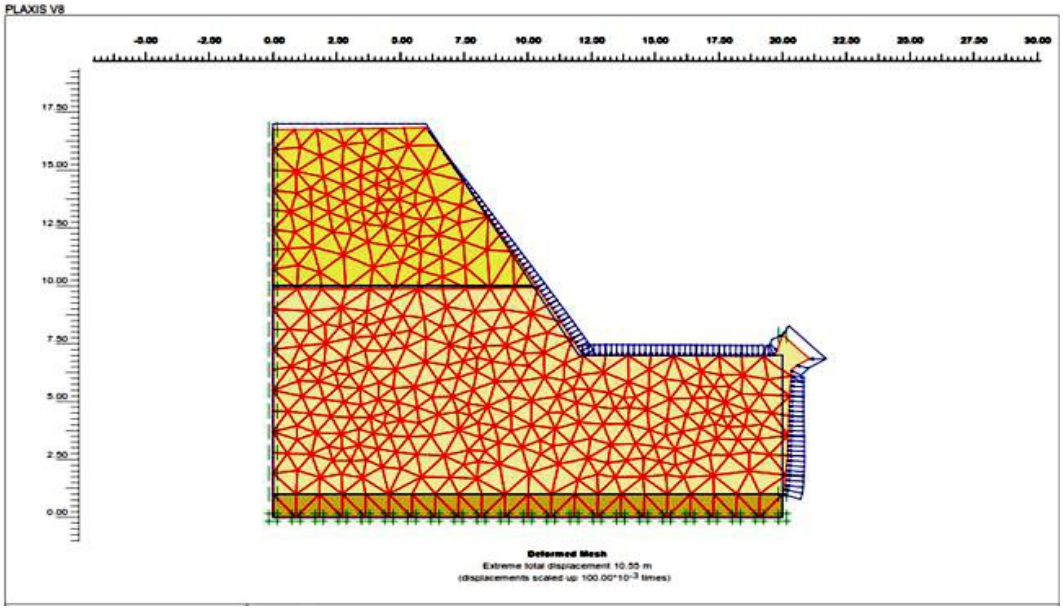
Hasil iterasi yang dilakukan pada kondisi lereng tidak jenuh memiliki nilai faktor aman sebesar Fs = 0,3872 atau berada pada posisi labil (Fs < 1). Berdasarkan hasil analisis nilai faktor aman yang dilakukan nilai faktor aman masih berada pada kondisi labil, hal ini dikarenakan kondisi sudut lereng yang cukup curam dengan kemiringan 59,0367°, serta kondisi lereng bebas di bagian kanan bawah yang dapat memberikan longsoran tambahan sehingga faktor kelongsoran akan semakin besar.

2. Kondisi Tanah Lereng Jenuh Penuh



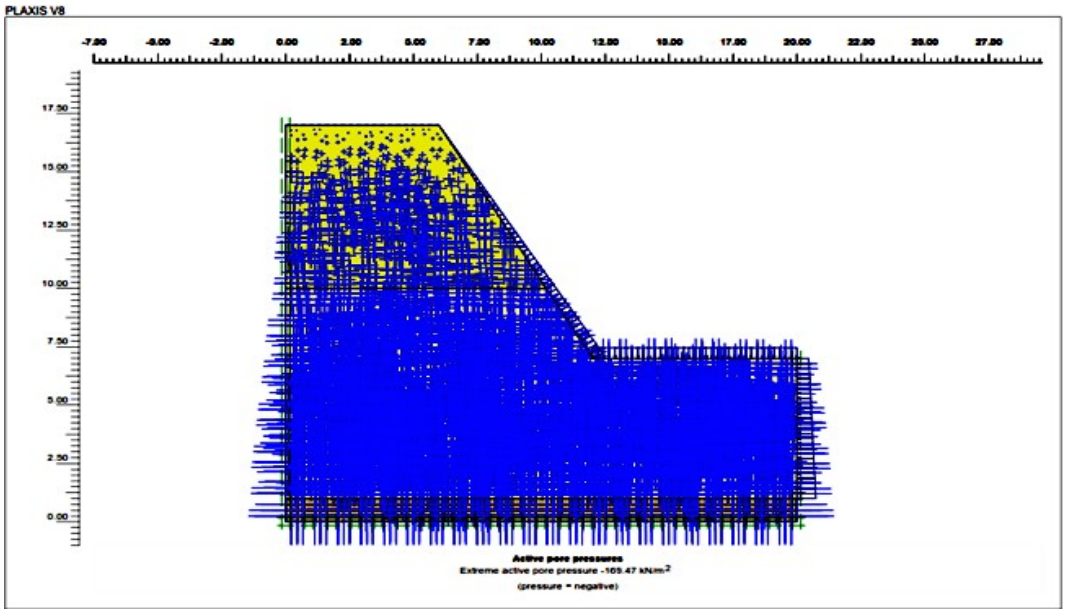
Gambar 10. Tampilan lereng pada kondisi jenuh penuh.

Muka air tanah (MAT) berada di atas lereng dikarenakan pemodelan lereng dalam kondisi jenuh penuh. Pemodelan dilakukan dengan pendekatan keadaan lereng di lapangan, dengan kondisi general muka air tanah berada di atas permukaan lereng sehingga seluruh lereng dalam keadaan jenuh.



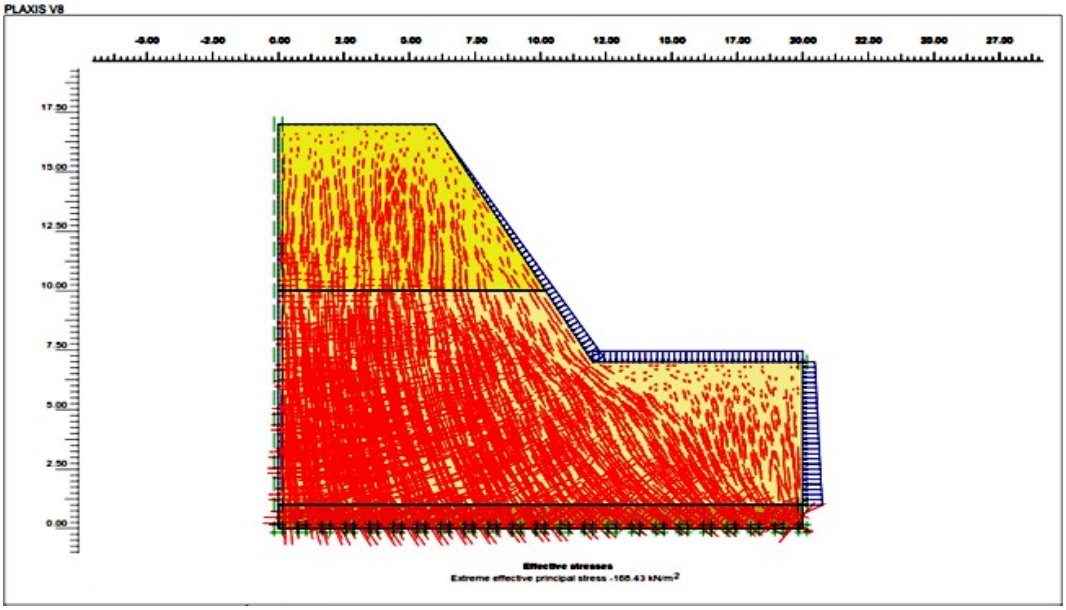
Gambar 11. Tampilan *Deformed Mesh* kondisi lereng jenuh penuh.

Pada potongan lereng ini, deformasi yang terjadi sebesar 1055×10^{-3} m lebih kecil dibandingkan dengan kondisi tidak jenuh 1601×10^{-3} m. Hal ini dikarenakan kondisi dan jenis tanah merupakan pasir, sehingga cenderung stabil ketika dalam kondisi jenuh penuh.



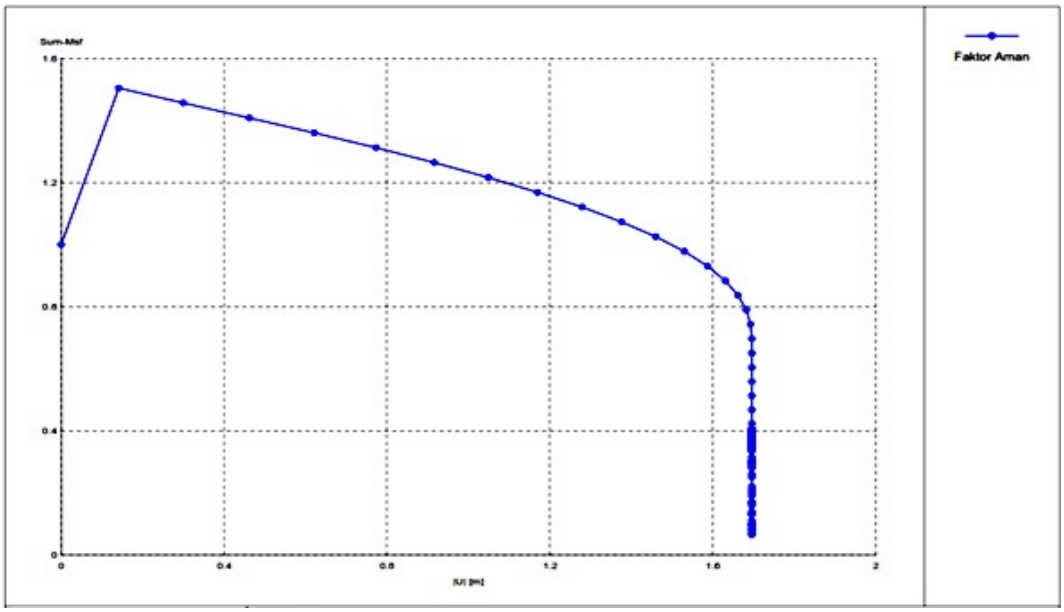
Gambar 12. Tampilan *Active Pore Pressures* kondisi lereng jenuh penuh.

Nilai *active pore pressures* pada kondisi lereng jenuh penuh adalah sebesar -169,47 kN/m^2. Besarnya nilai tekanan air pori aktif ini mengurangi tegangan efektif tanah sehingga daya dukung tanah berkurang dalam menahan kelongsoran lereng.



Gambar 13. Tampilan *Effective Stresses* kondisi lereng jenuh penuh.

Nilai tegangan efektif pada kondisi lereng jenuh penuh adalah sebesar -168,43 kN/m^2, nilai ini lebih kecil dibandingkan dengan nilai tegangan efektif tanah pada kondisi tidak jenuh -269,6 kN/m^2. Nilai tegangan efektif tanah pada kondisi jenuh penuh lebih kecil karena adanya pengaruh tekanan air pori aktif yang bekerja pada lereng akibat level muka air tanah berada di atas lereng.

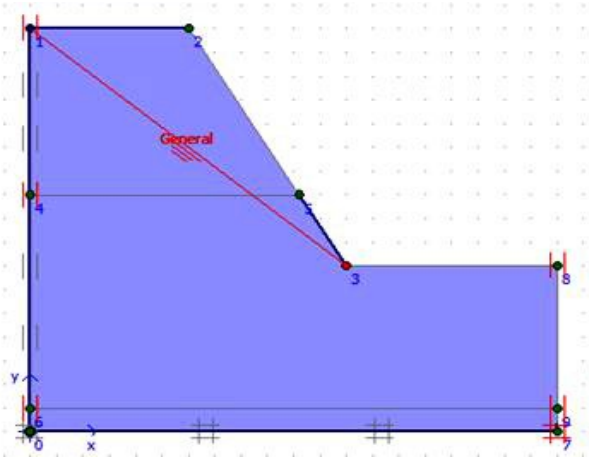


Grafik 14. Tampilan kurva faktor aman lereng kondisi jenuh penuh.

Hasil iterasi yang dilakukan pada kondisi lereng jenuh penuh memiliki nilai faktor aman sebesar Fs = 0,3566, nilai ini lebih kecil dibandingkan dengan nilai faktor aman pada kondisi tidak jenuh sebesar Fs = 0,3872, kedua nilai ini masih berada pada posisi labil (Fs < 1). Berdasarkan hasil analisis nilai faktor aman berkurang akibat berkurangnya

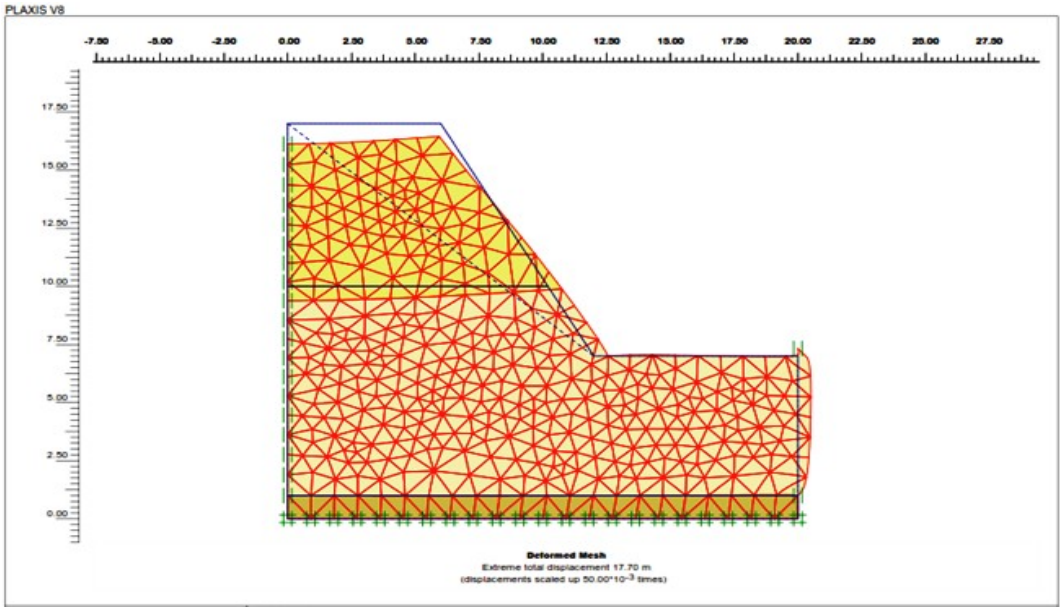
tegangan efektif tanah akibat adanya tekanan air pori aktif yang disebabkan oleh kondisi muka air tanah yang berada di permukaan lereng.

3. Kondisi Tanah Lereng Jenuh Sebagian



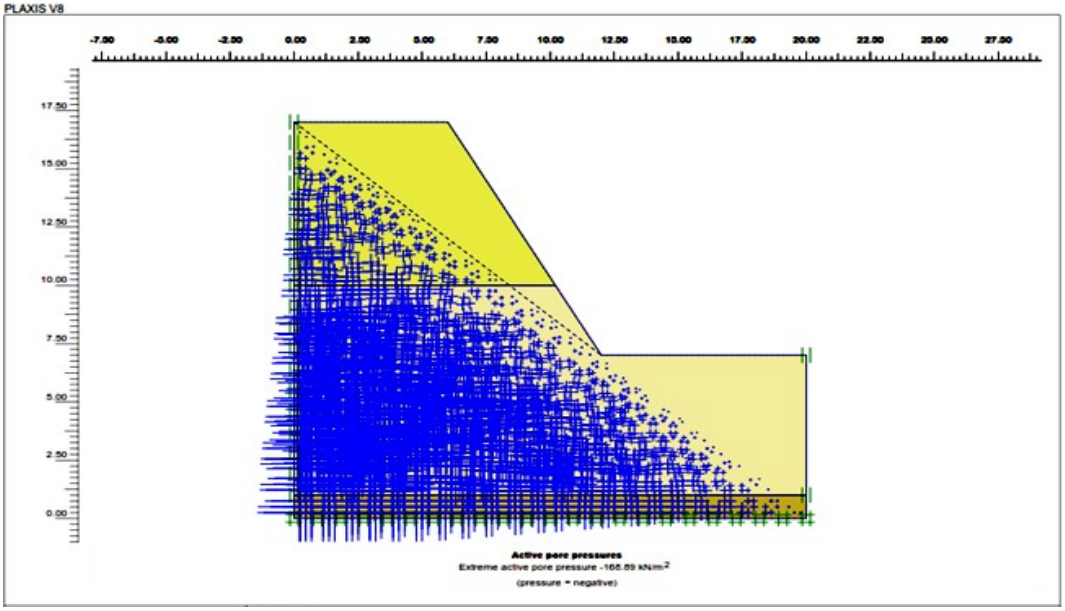
Gambar 15. Tampilan lereng pada kondisi jenuh sebagian.

Muka air tanah (MAT) berada pada kondisi jenuh sebagian. Kondisi ini diasumsikan terdapat aliran air di bawah lereng pada kondisi asli di lapangan. Tinggi muka air (h_2) adalah 7 m dari dasar lereng dan tinggi tanah tidak jenuh (h_1) sebesar 3 m dari permukaan atas lereng.



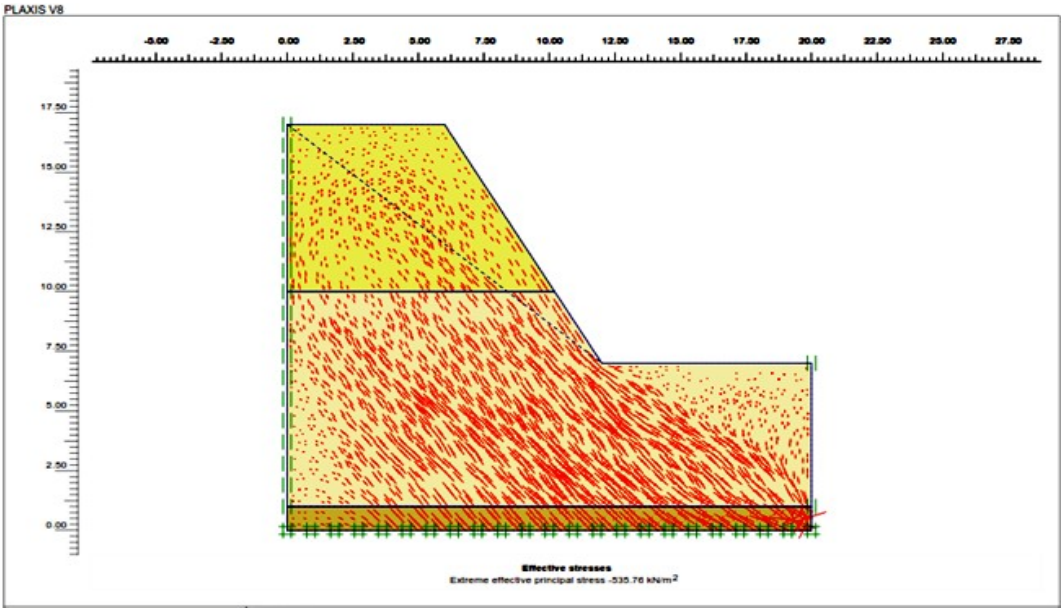
Gambar 16. Tampilan *Deformed Mesh* kondisi lereng jenuh sebagian.

Pada potongan lereng ini, deformasi yang terjadi sebesar 885×10^{-3} m, nilai ini lebih kecil dibandingkan dengan kondisi jenuh penuh sebesar 1055×10^{-3} m, dan tidak jenuh sebesar 1601×10^{-3} m. hal ini disebabkan lereng memliki 2 kondisi yaitu jenuh pada bagian bawah dan tidak jenuh pada bagian atas. Tanah di bagian bawah dalam kondisi jenuh oleh air sehingga deformasi yang terjadi cukup kecil karena tanah cenderung lebih stabil.



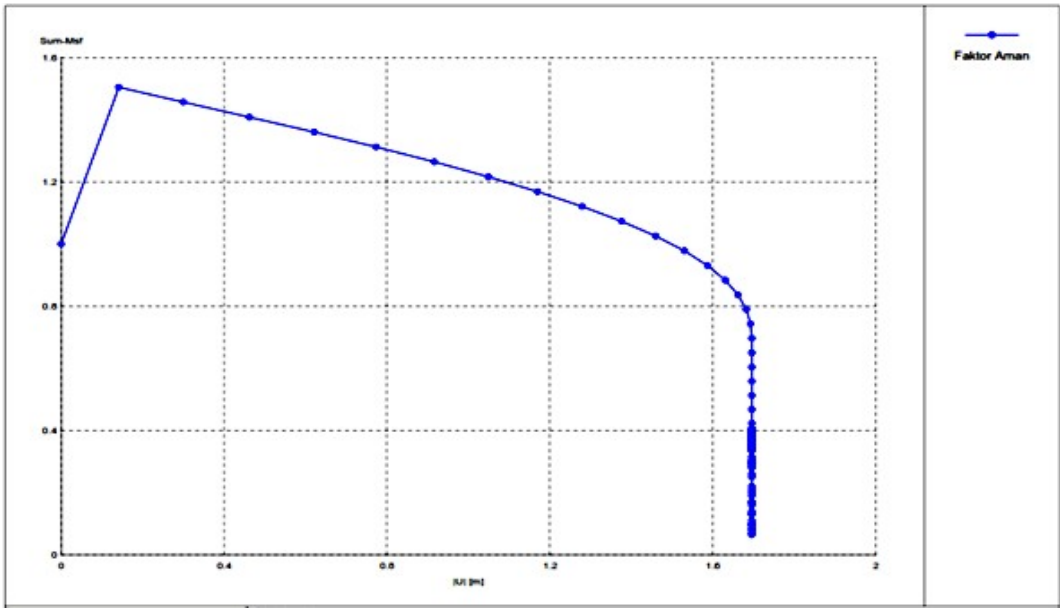
Gambar 17. Tampilan *Active Pore Pressures* kondisi lereng jenuh sebagian.

Nilai *active pore pressures* pada kondisi lereng jenuh sebagian adalah sebesar -168,89 kN/m^2, nilai ini lebih kecil dibandingkan dengan kondisi jenuh penuh sebesar -169,47 kN/m^2, hal ini karena tidak semua lereng dalam kondisi jenuh.



Gambar 18. Tampilan *Effective Stresses* kondisi lereng jenuh sebagian.

Pada kondisi lereng jenuh sebagian adalah sebesar -535,76 kN/m^2, nilai ini lebih besar dibandingkan dengan nilai tegangan efektif tanah pada kondisi jenuh penuh sebesar -168,43 kN/m^2, dan kondisi tidak jenuh sebesar -269,6 kN/m^2, pengaruh tekanan yang semakin besar akan memperkecil tekanan air pori yang bekerja di bagian tanah jenuh lereng pada kondisi jenuh sebagian.



Grafik 19. Tampilan kurva faktor aman lereng kondisi jenuh sebagian.

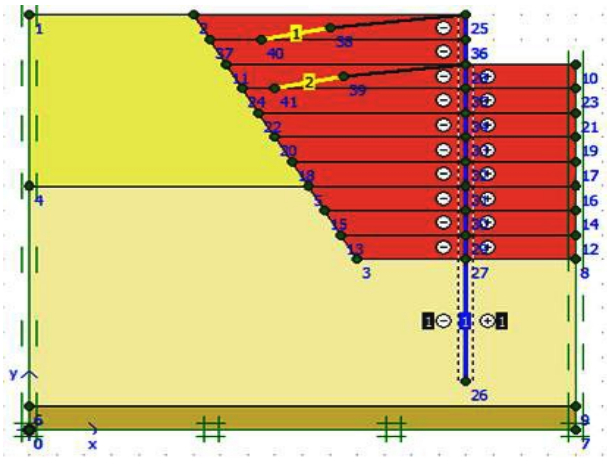
Hasil iterasi yang dilakukan pada kondisi lereng jenuh sebagian memiliki nilai faktor aman sebesar Fs = 0,2847. Nilai ini lebih kecil dibandingkan dengan nilai faktor aman pada kondisi jenuh penuh sebesar Fs = 0,3566 dan pada kondisi tidak jenuh yaitu sebesar Fs = 0,3872. Nilai tersebut masih berada pada posisi labil (Fs < 1).

Tabel 1. Resume nilai faktor aman analisis stabilitas lereng dengan menggunakan analisis rumus dan program *Plaxis V.8.2*.

Metode Analisis Stabilitas Lereng	Faktor Aman (Fs)		
	Kodisi tidak Jenuh	Kondisi Jenuh Penuh	Kondisi Jenuh Sebagian
Metode Rumus	0,308	0,268	0,153
Program *Plaxis V.8.2*	0,3872	0,3566	0,2847

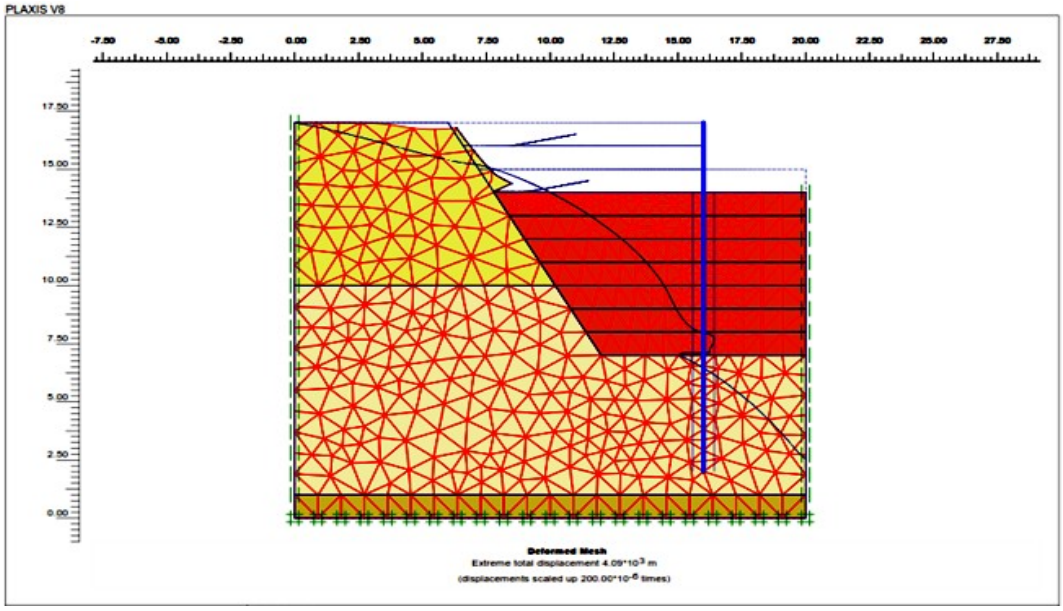
C. Solusi Penanganan Stabilitas Lereng

Analisis solusi penanganan stabilitas lereng akan menggunakan program *Plaxis* agar lereng dapat dimodelkan dan hasil analisis lebih akurat. Penanganan perkuatan lereng dilakukan dengan menggunakan *sheet pile* dan menggunakan tanah timbunan untuk mendapatkan perkuatan lereng dengan nilai angka aman yang stabil (Fs > 1).



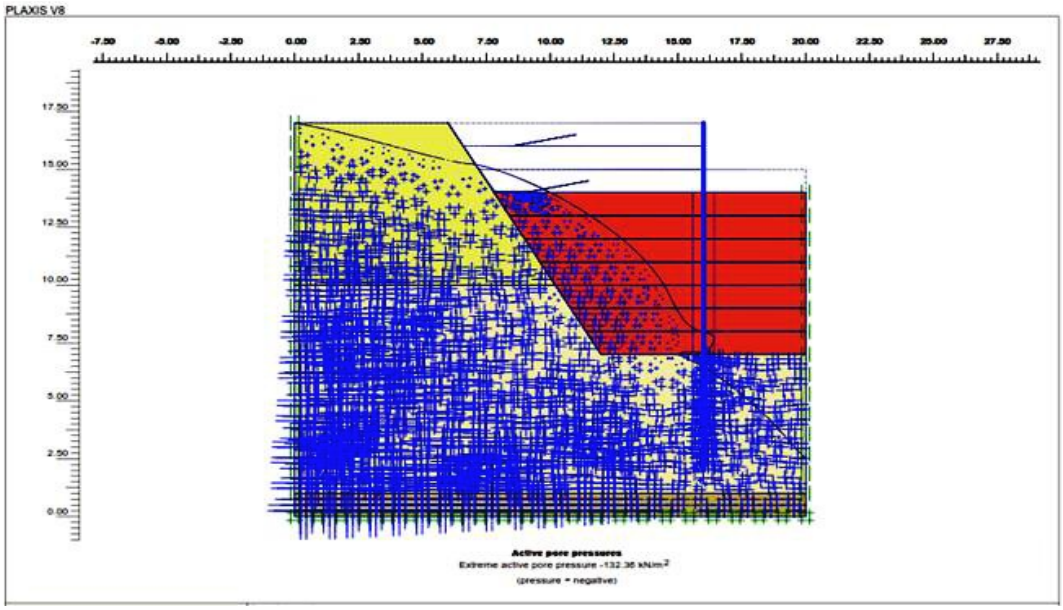
Gambar 20. Tampilan lereng setelah dilakukan penanganan.

Penanganan yang dilakukan dengan menggunakan *sheet pile* yang diberi angkur serta geogrid, dan dilakukan penimbunan tanah yang dipadatkan setiap 1 meter. Tinggi *sheet pile* yang ditanam untuk perkuatan lereng adalah 15 meter, dengan 5 meter berada di bawah tanah dan 10 meter berada di lapisan tanah timbunan, dalam pemodelan *sheet pile* digambarkan dengan garis berwarna biru panjang.



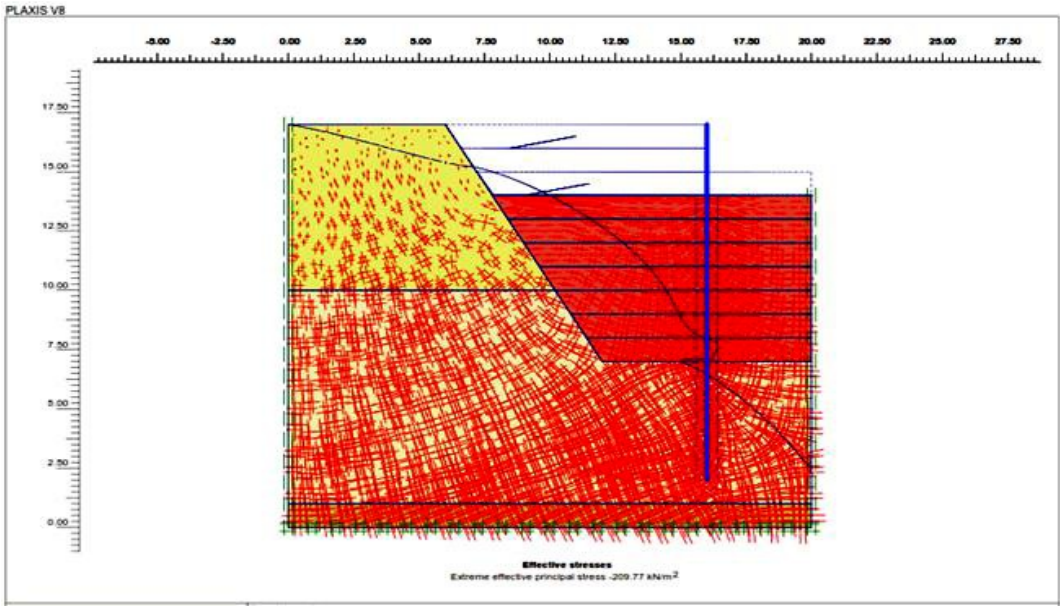
Gambar 21. Tampilan *Deformed Mesh* kondisi penanganan lereng.

Pada potongan lereng ini, deformasi yang terjadi sebesar 818×10^{-3} m, lebih kecil dibandingkan dengan kondisi jenuh sebagian yaitu sebesar 885×10^{-3} m. Hal ini dikarenakan pengaruh dari *sheet pile* dan tanah timbunan yang memberikan tekanan dan tahanan terhadap tanah lereng.



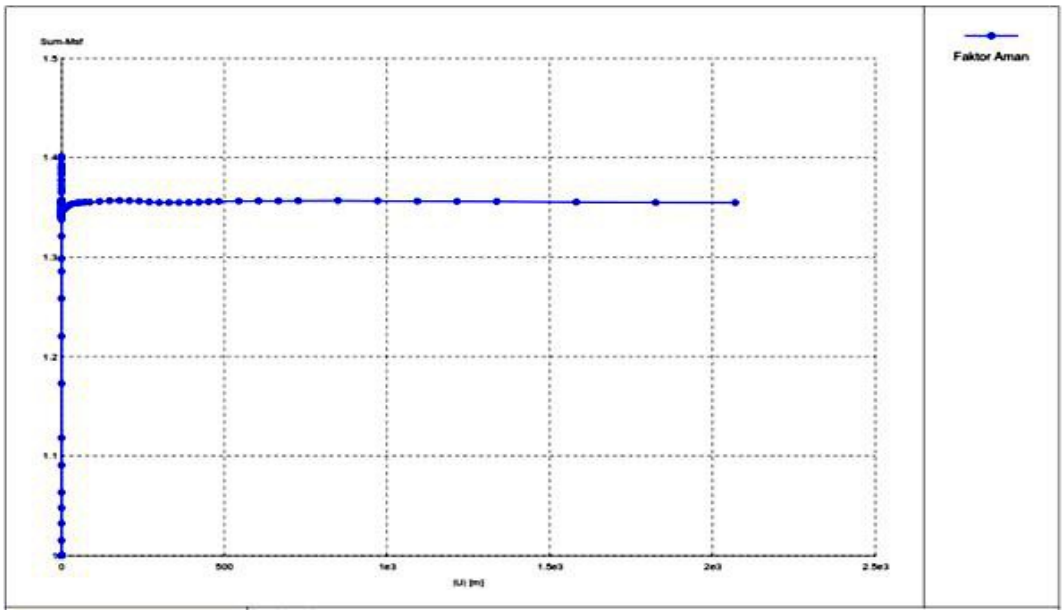
Gambar 22. Tampilan *Active Pore Pressures* kondisi penanganan lereng.

Nilai *active pore pressures* pada kondisi lereng jenuh sebagian adalah sebesar -132,36 kn/m^2, nilai ini lebih kecil dibandingkan dengan kondisi lereng jenuh sebagian yaitu sebesar -168,89 kn/m^2.



Gambar 23. Tampilan *Effective Stresses* kondisi penanganan lereng.

Pada kondisi penanganan lereng nilai *effective stresses* adalah sebesar -209,77 kN/m^2, nilai ini lebih kecil dibandingkan dengan nilai tegangan efektif tanah pada kondisi lereng jenuh sebagian yaitu sebesar -535,76 kN/m^2.



Grafik 24. Tampilan kurva faktor aman lereng kondisi penanganan lereng.

Hasil iterasi yang dilakukan pada kondisi lereng penanganan memiliki nilai faktor aman sebesar Fs = 1,3548. Nilai ini lebih besar dibandingkan dengan nilai faktor aman pada kondisi lereng jenuh sebagian yaitu sebesar Fs = 0,2847. Nilai faktor aman stabilitas lereng tersebut berada pada posisi stabil (Fs > 1).

Tabel 2. Resume hasil analisis program *Plaxis* pada kondisi sebelum penanganan dan setelah penanganan.

Kondisi Lereng		**Faktor Aman (Fs)**	**Deformasi (m)**	***Active Pore Pressures* (m)**	**Tegangan Efektif Tanah (kN/m²)**
Sebelum Penanganan	Tidak Jenuh	0,3872	1601×10^{-3}	0	-269,6
	Jenuh Penuh	0,3566	1055×10^{-3}	-169,47	-168,43
	Jenuh Sebagian	0,2847	885×10^{-3}	-168,89	-535,76
Setelah Penanganan		1,3548	818×10^{-3}	-132,36	-209,77

5. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari hasil analisis stabilitas lereng adalah sebagai berikut :

a. Karakterisktik dan parameter tanah lereng sangat berpengaruh terhadap hasil analisis stabilitas lereng.

b. Kondisi muka air tanah baik pada kondisi kering, jenuh penuh, ataupun jenuh sebagian mempengaruhi besaran nilai faktor aman lereng.

c. Dari kedua hasil analisis stabilitas lereng dengan menggunakan rumus tak terhingga dan metode *Plaxis* terdapat perbedaan nilai faktor aman yang berbeda, hal ini dikarenakan

analisis dengan menggunakan rumus tidak memasukkan parameter modulus elastisitas tanah dan angka poisson serta tinjauan lereng hanya ditinjau pada area bidang longsor.

d. Nilai faktor aman (Fs) hasil analisis stabilitas lereng :

1. Analisis metode rumus tak terhingga :
- Kondisi kering = 0,308
- Kondisi jenuh penuh = 0,268
- Kondisi jenuh sebagian = 0,153

2. Analisis metode program *Plaxi*s :
- Kondisi kering = 0,3872
- Kondisi jenuh penuh = 0,3566
- Kondisi jenuh sebagian = 0,2847

3. Hasil analisis setelah penanganan lereng metode program *Plaxis* sebesar 1,3548.

e. Penanganan kelongsoran lereng meningkatkan nilai faktor aman lereng dan menurunkan deformasi lereng yang terjadi sehingga menjadi lebih aman dan lereng berada pada kondisi stabil.

DAFTAR PUSTAKA

Craig, R.F., 1989, *Mekanika Tanah, Erlangga* : Jakarta.

Hardiyatmo, H.C., 2006c, *Penanganan Tanah Longsor dan Erosi*, Gadjah Mada University Press : Yogyakarta.

Plaxis, 2012, *Tutorial Manual*, A.A. Balkema : Rotterdam.

Santosa, Budi, dkk., 1998, *Mekanika Tanah Lanjutan*, Gunadarma : Jakarta.

Wesley, Laurence D., 2012, *Mekanika Tanah untuk Tanah Endapan dan Residu*, Penerbit Andi : Yogyakarta.