

Analisa Stabilitas Dinding Penahan Tanah Pada Proyek Tol Kayu Agung – Palembang – Betung Paket II Seksi 3

Danu Darmawan¹, Ratna Widyawati²,
Mardiana^{3,*}

¹PT. Waskita Karya (Persero) Tbk, Jalan Soekarno Hatta No. 1, Jakarta Timur ^{2,3}Program Profesi Insinyur Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung

Email: danudarmawan57@gmail.com (Korespondensi)

Jalan Tol Kayu Agung – Palembang – Betung Paket II Seksi 3 dibangun dengan 2 tipe desain mainroad, yaitu desain dengan menggunakan timbunan dan desain dengan menggunakan pile slab. Pada desain dengan timbunan diperlukan analisa stabilitas lereng, dikarenakan kondisi eksisting merupakan tanah berawa dan bekas perkebunan kelapa sawit. Kondisi tanah yang secara umum tanah lempung sehingga mempunyai daya dukung tanah dasar yang rendah dan akan mengalami penurunan dan kelongsoran yang besar akibat beban konstruksi ataupun timbunan tanah. Analisa stabilitas lereng dilakukan untuk menentukan faktor keamanan dari bidang jalan akibat longsor yang potensial, yaitu dengan menghitung kekuatan geser untuk mempertahankan kestabilan lereng dan yang menyebabkan terjadinya longsor. Analisa dilakukan pada konstruksi dinding penahan tanah, dimana konstruksi tersebut dipasang pada area timbunan setinggi 7 meter. Metode pengambilan data dilakukan dengan cara mengolah data sampel tanah kemudian dilakukan analisa dengan Metode Bishop dan menggunakan bantuan software Plaxis. Hasil analisa data secara manual (Metode Bishop) didapat nilai keamanan (FK) longsor lereng yaitu sebesar 3,01. Sedangkan hasil analisa data dengan menggunakan software Plaxis dan setelah timbunan terbebani oleh beban lalu lintas dan perkerasan jalan, nilai keamanan (FK) yang didapat tanpa menggunakan konstruksi dinding penahan tanah dari pasangan batu yaitu sebesar 1,46 dan dengan menggunakan konstruksi dinding penahan tanah yaitu sebesar 2,17. Dari hasil analisa yang sudah dilakukan, maka konstruksi dinding penahan tanah wajib dibangun untuk timbunan setinggi 7 meter, dikarenakan nilai keamanan sebesar 2,17 dan dapat mencegah kelongsoran dalam jangka waktu yang lama, serta dapat meminimalisir biaya pemeliharaan proyek.

Pendahuluan

Lalu lintas yang sangat padat pada jalan lintas sumatra penghubung Kota Palembang sampai Kota Betung maka dibangun Jalan Tol Kayu Agung – Palembang – Betung dimaksudkan untuk mengurangi kepadatan lalu lintas. Kepadatan yang dialami akibat padatnya lalu lintas sedangkan lebar jalan sudah tidak mencukupi untuk dilalui. Secara umum kondisi tanah pada ruas jalan Tol Kayu Agung – Palembang – Betung adalah tanah lempung lunak. Sehingga mempunyai data dukung tanah dasar rendah dan akan mengalami penurunan yang besar akibat beban bangunan atau timbunan tanah. Karena lapisan tanah lempung lunak sangat tebal maka daerah tersebut secara alamiah akan mengalami penurunan yang besar. Jalan Tol Kayu Agung – Palembang – Betung seksi 3 paket II terdapat pada STA 75+000 sampai STA 90+690. Jenis struktur yang digunakan merupakan struktur timbunan dan pile slab. Pada struktur timbunan terdapat lereng yang tingginya 7 meter dengan kondisi tanah yang labil terutama pada saat musim penghujan sangat rawan akan bahaya kelongsoran.

Longsoran atau tanah longsor merupakan salah satu yang paling sering terjadi pada bidang Geoteknik akibat meningkatnya tegangan geser suatu massa tanah atau menurunnya kekuatan geser suatu massa tanah. Dengan kata lain, 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 sangatlah berbahaya terhadap lingkungan sekitarnya, oleh sebab itu analisa stabilitas lereng sangat diperlukan. (Gadan, Iro dan Roesyanto, 2011).

Tanah longsor sering terjadi pada saat musim hujan, yang disebabkan oleh penambahan beban pada lereng, penggalian / pemotongan kaki lereng, penggalian yang mempertajam kemiringan lereng, perubahan posisi muka air dengan cepat, dan kenaikan tanah lateral oleh air. Dengan menentukan metode perbaikan – perbaikan stabilitas lereng umumnya dilakukan untuk mereduksi gaya – gaya yang menggerakkan, menambah tahanan geser tanah atau keduanya. Analisa ini digunakan untuk mendukung perancangan yang aman terhadap lereng tersebut. Maka dari itu di lokasi ruas jalan tersebut

perlu dilakukannya perbaikan atau dengan menganalisa stabilitas lereng serta pengaruhnya di ruas jalan tol. Analisa atau metode perhitungan yang digunakan untuk analisa stabilitas lereng yaitu Metode Bishop (perhitungan secara manual) dan Metode Elemen Hingga (perhitungan dengan menggunakan software Plaxis. Tujuan dari analisa stabilitas dengan menggunakan dua metode tersebut adalah agar dapat mengetahui nilai Faktor Keamanan dari lereng tersebut serta merencanakan penahan timbunan.

Metode

2.1. Umum

Lokasi proyek untuk analisa ini adalah Jalan Tol Kayu Agung – Palembang – Betung Seksi 3 Paket II. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Metode Bishop dan Metode Elemen Hingga. Analisa ini dirancang untuk mendapatkan nilai angka SF agar konstruksi dinding penahan tanah aman dari kelongsoran. Pada analisa ini, hanya akan diambil timbunan dengan tinggi paling ekstrim, yaitu zona dengan timbunan setinggi 7 meter.

2.2. Persiapan Bahan

Data yang digunakan sebagai bahan analisa ini berupa data yang didapatkan dari pengambilan sampel di lapangan (*Hand Bor, Sondir*) dan penelitian laboratorium (kadar air tanah, berat jenis tanah, dan *direct shear*). Sampel tanah tersebut digunakan untuk pengujian analisa saringan, *hydrometer*, berat jenis, batas – batas konsistensi dan pemadatan (*standar proctor compaction*). Pengambilan sampel tanah terganggu (*disturb*) sesuai dengan kebutuhan tanah yaitu minimum sebanyak 25 Kg, yang didapatkan dari perhitungan kebutuhan sampel tanah dengan perhitungan sebagai berikut : 5 kg (berat 1 sampel) x 5 (jumlah kadar campuran).

2.3. Peralatan Pendukung

Peralatan yang digunakan dalam analisa perhitungan secara manual dibantu oleh *software microsoft excel*, sedangkan analisa perhitungan secara program dibantu dengan *software Plaxis* versi 8.6.

2.4. Metode Pelaksanaan Analisa

Metode pelaksanaan analisa yang dilakukan adalah sebagai berikut :

2.4.1. Persiapan / Studi Literatur

Studi literatur adalah mencari referensi teori yang relevan dengan kasus atau permasalahan yang ditemukan. Secara umum studi literatur adalah cara untuk menyelesaikan persoalan dengan menelusuri sumber – sumber tulisan yang pernah dibuat sebelumnya.

2.4.2. Pengambilan sampel tanah

Pengambilan sampel tanah di lokasi yang akan di analisa di STA 76+800 dengan titik yang sudah ditentukan pada lereng yang akan dianalisa stabilitasnya. Kemudian sampel tanah dimasukkan pada wadah yang sudah disiapkan untuk diuji di laboratorium.

2.4.3. Melakukan Uji Sampel Tanah

Uji tanah di laboratorium pada sampel tanah yang sudah diambil dari air pori, walaupun analisisnya ditinjau dalam tinjauan tegangan total. Adapun metode yang dipakai dalam penelitian pengembangan, antara lain :

- Deskriptif, memperlihatkan kondisi lereng pada lokasi penelitian.
- Evaluatif, mengevaluasi proses uji coba sampel tanah di laboratorium.
- Eksperimental, menguji hasil uji coba dalam pelaksanaan penanggulangan.

Uji laboratorium antara lain berupa uji :

- Uji Tanah *Soil Properties*
- Direct Shear Test*
- Kohesi (c)
- Sudut Geser dalam tanah
- Sieve Analysis*
- Hydrometer*

2.4.4. Pengolahan Data

Data dari hasil uji laboratorium yang telah dilakukan untuk menghasilkan informasi. Informasi yang dibutuhkan untuk melanjutkan penelitian ke tahap selanjutnya.

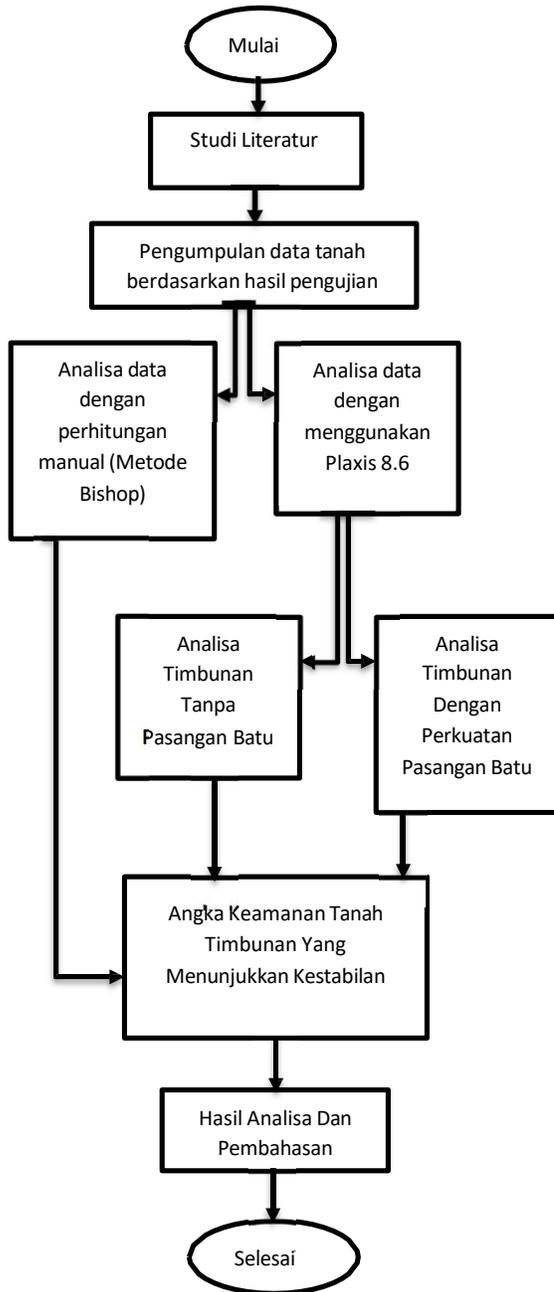
2.4.5. Menghitung Stabilitas Lereng

Stabilitas Lereng dihitung dengan metode Bishop dan metode elemen hingga (dengan menggunakan Plaxis) dari data tanah yang sudah diolah sebelumnya. Tahap ini dilakukan secara manual dengan cara menggambar irisan dan memasukkan angka ke dalam tabel untuk dilakukan perhitungan.

2.4.6. Setelah didapat nilai faktor keamanan (FK)

Setelah hasil perhitungan selesai, didapatlah nilai faktor keamanan (FK) longsor lereng. Selanjutnya merencanakan dinding penahan tanah dengan menggunakan pasangan batu sebagai penangan longsor.

Tahapan – tahapan analisa yang akan dilakukan ini seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut ini :



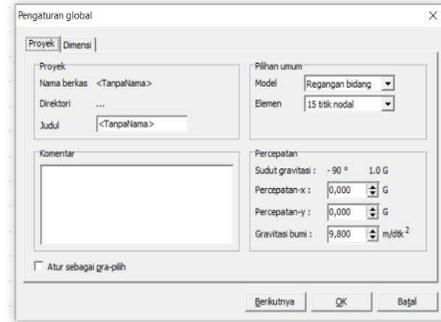
Gambar 2.1. Diagram Alir Analisa

2.5. Analisa Stabilitas Tanah Menggunakan Plaxis

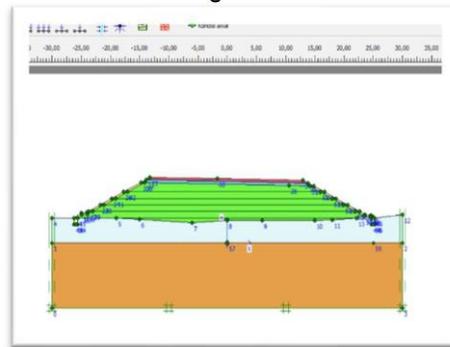
Pada analisa dengan menggunakan Plaxis, permodelan timbunan dibagi menjadi beberapa tahapan. Tahapan tersebut berupa permodelan timbunan tanah mulai dari 1 m hingga 7 m. Adapun tahapan yang digunakan dalam analisa stabilitas lereng dengan menggunakan Plaxis, sebagai berikut ini :

2.5.1. Input Pengaturan Global Grid dan Geometri

Dalam penginputan ini, sesuaikan terlebih dahulu jarak grid dari AS timbunan ke arah kiri, kanan, atas dan bawah. Sesuaikan dengan kondisi timbunan yang akan dilakukan analisa.



Gambar 2.2. Pengaturan Global Grid



Gambar 2.3. Hasil Input Geometri

2.5.2. Input Parameter

Dalam memasukkan parameter tanah pada permodelan, disesuaikan dengan parameter tanah pada hasil sampel uji laboratorium. Berikut ini parameter tanah yang akan digunakan dalam proses analisa :

a. Input Parameter

Tanah dalam permodelan pada Plaxis merupakan tanah lempung dan tanah berpasir lunak dengan parameter tanah tanah diambil berdasarkan hasil penelitian. Berikut ini parameter yang digunakan pada analisa ini :



Gambar 2.4. Parameter Yang Digunakan

Input parameter yang dimasukkan ke dalam Plaxis adalah data material tanah asli eksisting, tanah timbunan, dinding penahan tanah, agregat (Base A),

dan rigid. Berikut ini nilai data material masing – masing parameter :

Gambar 2.5. Parameter Tanah Lanau Kepasiran (Tanah Eksisting)

Gambar 2.6. Parameter Tanah Lempung Kelanauan (Tanah Eksisting)

Gambar 2.7. Parameter Tanah Timbunan

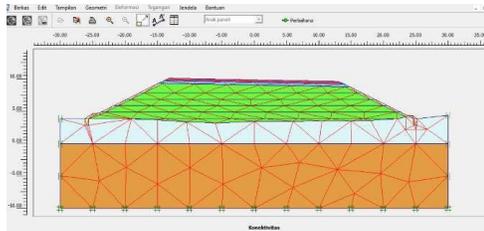
Gambar 2.8. Parameter Dinding Penahan Tanah

Gambar 2.9. Parameter Agregat

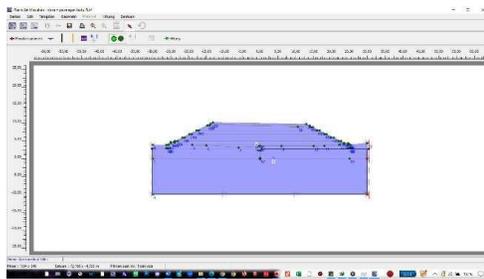
Gambar 2.10. Parameter Rigid

2.5.3. Kondisi batas dengan standart *fixities*

Tahapan selanjutnya adalah menentukan kondisi batas dengan standart *fixities*, input pembebanan pada permodelan PLAXIS, pembentukan jaringan element pada lapisan serta penentuan *ground water condition*, seperti gambar berikut ini :



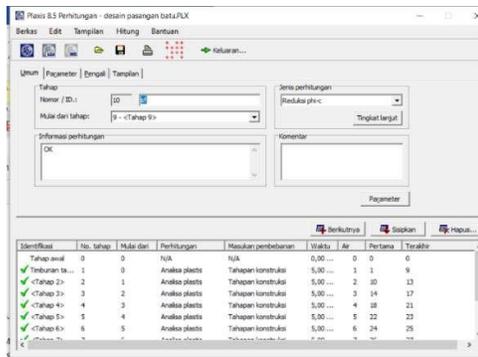
Gambar 2.11. Jaringan Elemen (Mesh)



Gambar 2.12. Ground water condition pada lapisan tanah

2.5.4. Analisa angka keamanan menggunakan PLAXIS

Setelah menentukan *ground water condition*, tahapan selanjutnya adalah analisa angka keamanan dengan Metode Reduksi Phi – C. Perhitungan dibuat menjadi beberapa tahapan yaitu tahap timbunan per 1 meter, tahapan konstruksi dinding penahan tanah, tahapan lapisan perkerasan jalan, tahap input beban lalu lintas, dan yang terakhir adalah tahap perhitungan kestabilan tanah yang sudah terbentuk lereng baru. Setelah dianalisa didapatkan nilai angka keamanan yang ditunjukkan oleh nilai Msf. Berikut ini gambar analisa angka keamanan lereng :



Gambar 2.13. Analisa Angka Keamanan Lereng

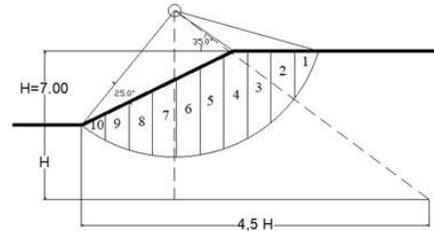


Gambar 2.14. Hasil Analisa Angka Keamanan Lereng

Hasil Kerja/Analisa

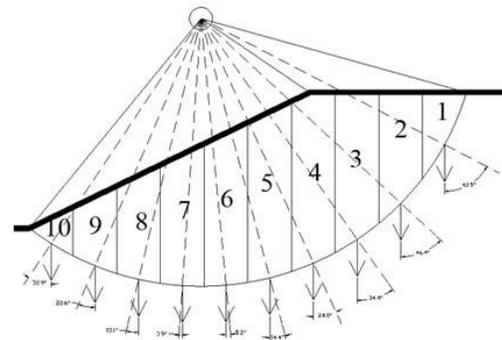
3.1. Analisa Secara Manual (Metode Bishop)

Metode analisa kestabilan lereng yang digunakan pada perhitungan manual adalah metode *Bishop*. Metode *Bishop* bekerja berdasarkan prinsip keseimbangan batas yaitu menghitung kekuatan geser yang akan mempertahankan kemantapan, dibandingkan dengan besarnya tegangan geser yang bekerja. Untuk data yang diperlukan dalam perhitungan ini adalah data tinggi timbunan, data kohesi, data sudut geser tanah, data *unit weight* (γ).



Gambar 3.1. Stabilitas lereng metode Bishop

Data tanah yang digunakan adalah data *unit weight* (γ) = 20 KN/m³, data kohesi tanah = 16,181 KN/m³, data sudut geser tanah = 30°, dan tinggi timbunan adalah 7 meter.



Gambar 3.2 Perhitungan Berat Irisan Lereng

a. Berat (W)

1. Irisan 1 = Luas Irisan x Berat V. Tanah
= 5,551 x 20
= 111,02 KN/m
2. Irisan 2 = Luas Irisan x Berat V. Tanah
= 12,373 x 20
= 247,45 KN/m
3. Irisan 3 = Luas Irisan x Berat V. Tanah
= 16,468 x 20
= 329,37 KN/m
4. Irisan 4 = Luas Irisan x Berat V. Tanah
= 18,945 x 20
= 378,90 KN/m
5. Irisan 5 = Luas Irisan x Berat V. Tanah
= 18,640 x 20
= 372,79 KN/m
6. Irisan 6 = Luas Irisan x Berat V. Tanah
= 17,084 x 20
= 341,68 KN/m
7. Irisan 7 = Luas Irisan x Berat V. Tanah
= 14,758 x 20
= 295,15 KN/m
8. Irisan 8 = Luas Irisan x Berat V. Tanah
= 11,665 x 20
= 233,28 KN/m
9. Irisan 9 = Luas Irisan x Berat V. Tanah
= 7,744 x 20
= 154,89 KN/m
10. Irisan 10 = Luas Irisan x Berat V. Tanah
= 2,846 x 20
= 154,89 KN/m

b. a n (Sudut Irisan)

1. Sudut 1 = 62°
2. Sudut 2 = 46°
3. Sudut 3 = 34°
4. Sudut 4 = 24°
5. Sudut 5 = 14°
6. Sudut 6 = 5,2°
7. Sudut 7 = -4°
8. Sudut 8 = -13°
9. Sudut 9 = -23°
10. Sudut 10 = -33°

c. Panjang Lengkung (Ln)

1. Ln 1 = 4,954 m
2. Ln 2 = 3,194 m
3. Ln 3 = 2,656 m
4. Ln 4 = 2,395 m
5. Ln 5 = 2,257 m
6. Ln 6 = 2,194 m
7. Ln 7 = 2,190 m
8. Ln 8 = 2,243 m
9. Ln 9 = 2,369 m

10. Ln 10 = 2,607 m

d. Perhitungan Irisan Tanah

Tabel 3.1. Perhitungan Irisan Tanah

Irisan No.	Wn (Kn/m)	a n	Ln (m)	Sin an	Cos an	Wn Sin an	Wn Cos an
1	111.02	62	4.9538	0.882	0.471	97.930	52.290
2	247.45	46	3.1942	0.724	0.69	179.198	170.648
3	329.37	34	2.6564	0.565	0.825	186.081	271.764
4	378.90	24	2.3946	0.407	0.914	154.114	346.146
5	372.79	14	2.2566	0.249	0.969	92.710	361.082
6	341.68	5.2	2.194	0.091	0.996	30.968	340.278
7	295.15	-3.9	2.19	-0.068	0.998	-20.075	294.467
8	233.28	-13	2.2434	-0.227	0.974	-52.874	227.211
9	154.89	-23	2.3685	-0.384	0.923	-59.523	142.994
10	56.92	-33	2.6069	-0.543	0.84	-30.915	47.788
Jumlah			27.058	1.70	8.6	577.61	2.254.67

e. Perhitungan Stabilitas Lereng

Tabel 3.2. Perhitungan Stabilitas

Kohesi Tanah C (kN/m ²)	Panjang Bidang Longsor (m)	Wn Cos an (kN)	Sudut Geser Tanah Φ	Tg Φ	Wn Sin an (kN)	SF
16.181	27.06	2254.667	30.000	0.57735	577.614	3.01

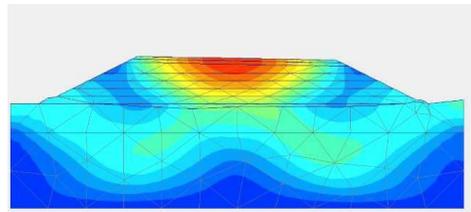
Dari SF yang didapatkan dari hasil perhitungan stabilitas lereng, SF yang didapat lebih besar dari angka 1,50. Nilai SF = 3,01 > 1,50. Maka lereng sungai stabil dan aman.

3.2. Analisa Menggunakan Metode Elemen Hingga (PLAXIS)

Pada analisa ini dibagi menjadi 2 analisa, yaitu analisa tanpa perkuatan konstruksi dinding penahan tanah dan analisa dengan menggunakan konstruksi dinding penahan tanah. Pada masing – masing analisa ini akan dicari besar nilai angka faktor keamanannya.

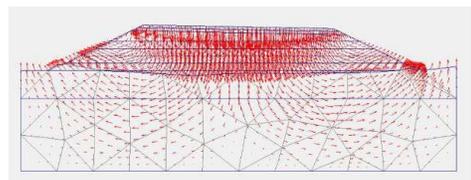
3.2.1. Analisa Tanpa Perkuatan Konstruksi Dinding Penahan Tanah

Pada analisa ini, permodelan pada PLAXIS hanya terdapat timbunan tanah dan perkerasan jalan tanpa adanya perkuatan dinding penahan tanah pada lereng timbunan setinggi 7 meter.



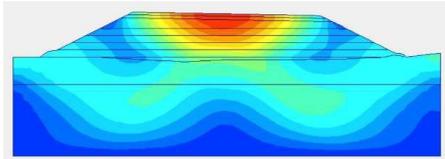
Gambar 3.3. Deformasi

Pada gambar 3.3. diperlihatkan bahwa penurunan total yang terjadi jika timbunan tanah memikul beban lalu lintas dan perkerasan jalan adalah 129,43 x 10⁻³ m.



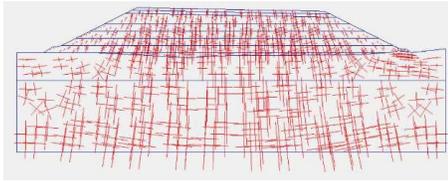
Gambar 3.4. Total Displacements (arrows)

Pada gambar 3.4. memperlihatkan potensi gelinciran pada timbunan, dan kondisi lapisan tanah dasar sanggup menahan beban. Timbunan masih aman namun dalam keadaan diambang batas stabil.



Gambar 3.5. Total Displacements (shadings)

Pada gambar 3.5. memperlihatkan kondisi dari bagian lapisan tanah timbunan yang terganggu akibat pendistribusian beban.



Gambar 3.6. Total Stresses

Pada gambar 3.6. memperlihatkan timbunan dan tanah dasar mampu menahan beban dan mendistribusikan beban secara merata ke seluruh lapisan tanah.

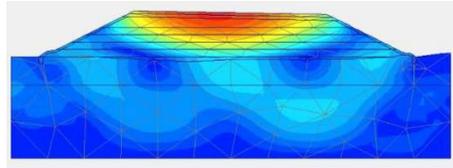
Faktor pengali total	
Σ -Mdisp:	1,0000
Σ -MloadA:	1,0000
Σ -MloadB:	1,0000
Σ -Mweight:	1,0000
Σ -Maccel:	0,0000
Σ -Msf:	1,4667

Gambar 3.7. Nilai Angka Faktor Keamanan

Pada gambar 3.7. merupakan hasil nilai angka faktor keamanan setelah dilakukannya analisa dengan menggunakan PLAXIS. Nilai angka faktor keamanan yang didapat sebesar 1,467. Angka ini masih di bawah batas izin faktor keamanan sebesar 1,50, maka dari itu timbunan dengan nilai angka faktor keamanan 1,467 masih perlu perkuatan dengan konstruksi dinding penahan tanah, agar dikemudian hari atau saat berlangsungnya operasional jalan tol, timbunan masih aman dan tidak mengalami kelongsoran akibat cuaca maupun penambahan beban lalu lintas yang terjadi setiap tahunnya.

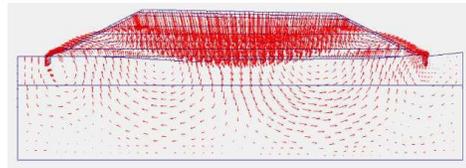
3.2.2. Analisa Dengan Perkuatan Konstruksi Dinding Penahan Tanah

Pada analisa ini, permodelan pada PLAXIS adalah analisa dengan adanya perkuatan dinding penahan tanah pada lereng timbunan setinggi 7 meter.



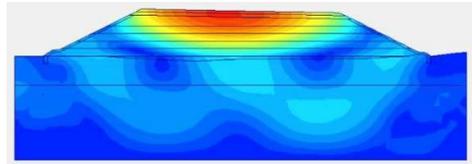
Gambar 3.8. Deformasi

Pada gambar 3.8. diperlihatkan bahwa penurunan total yang terjadi jika timbunan tanah memikul beban lalu lintas dan perkerasan jalan adalah $38,51 \times 10^{-3}$ m.



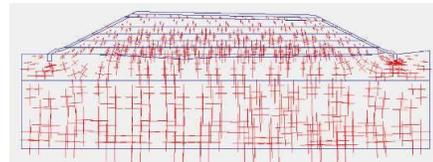
Gambar 3.9. Total Displacements (arrows)

Pada gambar 3.9. memperlihatkan potensi gelinciran pada timbunan, dan kondisi lapisan tanah dasar sanggup menahan beban. Timbunan aman dan stabil.



Gambar 3.10. Total Displacements (shadings)

Pada gambar 3.10. memperlihatkan kondisi dari bagian lapisan tanah timbunan yang terganggu akibat pendistribusian beban.



Gambar 3.11. Total Stresses

Pada gambar 3.11. memperlihatkan timbunan dan tanah dasar mampu menahan beban dan mendistribusikan beban secara merata ke seluruh lapisan tanah.

Faktor pengali total	
Σ -Mdisp:	1,0000
Σ -MloadA:	10,0000
Σ -MloadB:	1,0000
Σ -Mweight:	1,0000
Σ -Maccel:	0,0000
Σ -Msf:	2,1705

Gambar 3.12. Nilai Angka Faktor Keamanan

Pada gambar 3.12. merupakan hasil nilai angka faktor keamanan setelah dilakukannya analisa dengan menggunakan PLAXIS. Nilai angka faktor keamanan yang didapat sebesar 2,171. Angka ini sudah di atas nilai angka faktor keamanan sebesar 1,50. Maka timbunan dengan perkuatan konstruksi dinding penahan tanah sangat aman dan mampu mencegah dari terjadinya kelongsoran.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari analisa dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut ini :

1. Hasil analisa stabilitas timbunan dengan metode Bishop tanpa adanya beban perkerasan jalan dan beban lalu lintas memiliki nilai angka SF masa konstruksi dan pasca konstruksi sebesar 3,01. Nilai SF memenuhi persyaratan karena $> 1,50$.
2. Hasil analisa stabilitas timbunan setinggi 7 meter tanpa perkuatan, memiliki nilai angka faktor keamanan sebesar 1,467. Didapatkan penurunan total sebesar $129,43 \times 10^{-3}$ m. Dimana batas izin faktor keamanan untuk perencanaan perkuatan lereng adalah 1,50 maka timbunan dengan tinggi 7 meter perlu adanya perkuatan dengan konstruksi dinding penahan tanah agar dapat mencegah kelongsoran saat musim penghujan dan juga pada saat penambahan beban lalu lintas pada setiap tahunnya.
3. Hasil analisa stabilitas timbunan setinggi 7 meter dengan perkuatan, memiliki nilai angka faktor keamanan sebesar 2,171. Dan didapat penurunan total sebesar $38,51 \times 10^{-3}$ m. Maka dapat disimpulkan bahwa timbunan dengan perkuatan dinding penahan tanah memiliki nilai angka faktor keamanan melebihi batas izin faktor keamanan untuk perencanaan perkuatan lereng yang sebesar 1,50. Dengan nilai angka faktor keamanan 2,171, maka konstruksi aman dan mampu mengurangi adanya resiko kelongsoran dan juga mampu menghemat biaya pemeliharaan jalan tol.

Ucapan Terimakasih

Dengan mengucapkan puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat, ridho, dan karunia-Nya sehingga penulisan artikel ini dapat

diselesaikan. Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, bimbingan, dan motivasi dalam penyelesaian artikel ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada PT. Waskita Karya (Persero) Tbk yang telah memberikan bantuan dan bimbingan untuk mengembangkan potensi diri penulis. Semoga artikel ini dapat bermanfaat dan dapat memberikan sumbangan ilmu pengetahuan bagi khalayak secara umum.

Referensi

1. H. Hadiyatmo. (2010). Mekanika Tanah II, Edisi Kelima, Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
2. P. D. Hamdhan. (2017). Analisa Stabilitas Lereng dalam Penanganan Longsoran di Jalan Tol Cipularang KM 91+200 dan KM 92+600 Menggunakan Metode Elemen Hingga (FEM), *Rekayasa Hijau : Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan*, vol. 1, pp. 100-111.
3. Sundary, D., (2005). Studi Kestabilan Lereng Dengan Perkuatan Bored Pile Menggunakan Elemen Hingga, Tesis Magister ITB Bidang Khusus Geoteknik Program Studi Rekayasa Sipil, Bandung.
4. Bowles, J.E., (1993). Sifat Fisis Dan Geoteknis Tanah, terjemahan J.K Hainim, Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta
5. Hasyim, A., (2007). Slope Stability Analysis in Saturated Slope, faculty of Civil Engineering University of Teknologi Malaysia.
6. Putri, Farida.R.H. "Produktivitas Pemancangan Tiang Pancang dengan Alat pancang Tipe Diesel untuk Pekerjaan Pilar *Underbridge* 77+575 Proyek Pembangunan Jalan Tol Kayu Agung – Palembang – Betung Paket II". *Seminar Nasional Insinyur Profesional (SNIP)*, 2023.