

ANALISIS STABILITAS LERENG DAN PENANGANAN LONGSORAN MENGUNAKAN SOFTWARE PLAXIS PADA RUAS JALAN WARIS KABUPATEN KEEROM

Nurdin Rumadaul¹, Dominggus Bakarbesy², Arief Fath Atiya³

¹Mahasiswa pada Universitas Sains dan Teknologi Jayapura, e-mail: nurdinrumadaul3@gmail.com

²Staf Pengajar pada Universitas Sains dan Teknologi Jayapura, e-mail: domybakarbesy@gmail.com

³Staf Pengajar pada Universitas Sains dan Teknologi Jayapura, e-mail: Arief.ustj@gmail.com

ABSTRAK

Ruas jalan Waris merupakan jalan Trans Papua yang masuk dalam klasifikasi jalan Nasional yang menghubungkan Kabupaten Jayapura dengan Wamena. Jalan Trans Papua sebagai sarana transportasi darat memiliki peranan yang sangat penting terhadap laju pertumbuhan ekonomi masyarakat Papua. Dan pada ruas jalan ini terdapat lokasi yang sering mengalami keruntuhan (*collapse*) atau biasa disebut longsor. Untuk itu perlu dicari solusi yang optimal lewat suatu analisis stabilitas lereng. Analisis dilakukan dengan menggunakan bantuan *Software Plaxis*. Nilai SF pada analisis alami lereng 1,170 sementara dengan beban lalu lintas diperoleh nilai 1,144 dan dengan perkuatan geogrid didapat 1,170, yang menunjukkan bahwa lereng kritis karena angka keamanan < 1,25. Setelah dilakukan penanganan dengan perkuatan *sheet pile* didapatkan angka keamanan 1,270 yang menunjukkan bahwa lereng dalam kondisi stabil dimana SF lebih dari 1,25. Penanganan dengan perkuatan *sheet pile* dapat dikatakan efektif dari sudut pandang keamanan lereng.

Kata Kunci : *Faktor Keamanan, PLAXIS, Turap Baja*

1. PENDAHULUAN

Ruas jalan Waris merupakan jalan Trans Papua yang masuk dalam klasifikasi jalan Nasional yang menghubungkan Kabupaten Jayapura dengan Wamena. Jalan Trans Papua sebagai sarana transportasi darat memiliki peranan yang sangat penting terhadap laju pertumbuhan ekonomi masyarakat Papua. Pada ruas jalan ini terdapat lokasi yang sering mengalami keruntuhan (*collapse*) atau biasa disebut longsor. Hal ini mengakibatkan kerusakan pada konstruksi badan jalan, yang tepatnya berada pada koordinat *Latitude 3°18'19.68"S : Longitude 140°55'40.86"E*. Untuk itu perlu dicari solusi yang optimal dengan melakukan analisis stabilitas lereng. Analisis dilakukan dengan menggunakan bantuan *Software Plaxis*. Penggunaan program *Plaxis* memberikan kemudahan dalam menemukan alternatif yang sesuai atau memenuhi faktor keamanan untuk stabilitas lereng. Analisis dapat dilakukan dengan mudah dan cepat serta menghasilkan *output* yang memberikan informasi lebih banyak terhadap stabilitas lereng.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Kelongsoran dapat terjadi pada setiap macam lereng, yang diakibatkan berat tanah sendiri, ditambah dengan pengaruh yang besar dari rembesan air tanah, serta gaya lain dari luar lereng. Wesley (1977 : 461) membagi lereng menjadi 3 macam ditinjau dari segi terbentuknya, yaitu :

- a. Lereng alam, yaitu lereng yang terbentuk akibat kegiatan alam, seperti: erosi, gerakan tektonik dan sebagainya.
- b. Lereng yang dibuat manusia, akibat penggalian atau pemotongan pada tanah asli.
- c. Lereng timbunan tanah, seperti urugan untuk jalan raya.

Menurut Craig (1989 : 321), 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 :

- a. Kelongsoran rotasi (*rotational slips*), 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*), gabungan kedua jenis longsor tersebut di atas.

Tegangan efektif tanah menurut Craig (1989 : 72) dapat divisualisasikan sebagai suatu partikel padat tanah (*solid skeleton*) yang membatasi pori-pori yang mengandung air maupun udara. Volume kerangka tanah secara keseluruhan dapat berubah akibat penyusunan kembali partikel-partikel padat pada posisinya yang baru, terutama dengan cara menggelinding dan menggelincir yang menyebabkan terjadinya perubahan gaya-gaya yang bekerja di antara partikel-partikel tanah. Pada tanah jenuh, pengurangan volume hanya terjadi bila sebagian airnya dapat melepaskan diri dan keluar dari pori-pori. Pada tanah kering atau tanah jenuh sebagian, pengurangan volume selalu mungkin terjadi akibat kompresi udara dalam pori-pori, dan terdapat suatu ruang kembali partikel tanah.

Tegangan geser dapat ditahan oleh partikel padat tanah dengan memanfaatkan gaya-gaya yang timbul karena persinggungan antar partikel. Tegangan normal ditahan oleh gaya-gaya antar partikel pada kerangka tanah. Jika tanah dalam kondisi sempurna, air pori akan naik menahan tegangan normal.

Terzaghi (1923, dalam Craig, 1989 : 72) 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 :

- a. 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 material saja (fase tunggal).
- b. Tekanan air pori (u), yaitu tekanan air pengisi pori-pori di antara partikel-partikel padat.
- c. Tegangan normal efektif (σ') pada bidang, yang mewakili tegangan yang dijalkan hanya melalui kerangka tanah saja.

Hubungan dari ketiga tegangan di atas adalah sebagai berikut :

$$\sigma = \sigma' + u$$

Kuat geser tanah adalah kemampuan tanah melawan tegangan geser yang terjadi pada saat terbebani. Keruntuhan geser (*shear failure*) tanah terjadi bukan disebabkan karena hancurnya butir-butir tanah tersebut tetapi karena adanya gerak relatif antara butir-butir tanah tersebut (Budi Santosa dkk, 1998 : 45).

Parameter kuat geser tanah diperlukan untuk analisis kapasitas dukung tanah, stabilitas lereng, dan gaya dorong pada dinding penahan tanah. Menurut teori Mohr (1910, dalam Hardiyatmo, 2002a : 283), kondisi keruntuhan suatu bahan terjadi oleh akibat adanya kombinasi keadaan kritis dari tegangan normal dan tegangan geser.

Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan (Hardiyatmo, 2002a : 283). Dengan dasar pengertian ini, saat pembebanan akan ditahan oleh :

- a. Kohesi tanah yang bergantung pada jenis tanah dan kepadatannya, tetapi tidak tergantung dari tegangan normal yang bekerja pada bidang geser.
- b. Gesekan antara butir-butir tanah yang besarnya berbanding lurus dengan tegangan normal pada bidang gesernya.

Coulomb (1776, dalam Hardiyatmo, 2002a : 283), mendefinisikan fungsi linear terhadap tegangan normal (σ) pada bidang tersebut pada titik yang sama sebagai berikut :

$$\tau = c + \sigma \tan \varphi$$

Model Mohr-Coulomb adalah model elastis-plastis yang terdiri dari lima buah parameter, yaitu E dan ν untuk memodelkan elastisitas tanah; b dan c untuk memodelkan plastisitas tanah dan ψ sebagai sudut dilatasi. Model Mohr-Coulomb merupakan suatu pendekatan "ordo pertama" dari perilaku tanah atau batuan. Model ini disarankan untuk digunakan dalam analisis awal dari masalah yang dihadapi. Setiap lapisan dimodelkan dengan sebuah nilai kekakuan rata-rata yang konstan. Karena kekakuan yang konstan maka perhitungan cenderung cepat dan dapat diperoleh perkiraan awal dari bentuk deformasi dari model. Di samping kelima parameter dari model tersebut, kondisi tegangan awal dari tanah memegang peranan yang penting dalam hampir seluruh masalah deformasi tanah. Tegangan horisontal awal tanah harus ditentukan terlebih dahulu dengan menentukan nilai K_0 yang tepat. Berdasarkan penelitian Bowles (19889), hubungan Nilai Faktor Keamanan Lereng dan Intensitas Longsor, ditunjukkan pada tabel berikut ini.

Tabel 1. Nilai Faktor Keamanan dan Maknanya

| SF | Kejadian / intensitas Longsor |
|-------------------------|--|
| kurang dari 1,07 | Longsor <i>terjadi</i> biasa / sering. |
| antara 1,07 sampai 1,25 | Lereng relatif labil, longsor <i>pernah</i> terjadi. Lereng kritis |
| diatas 1,25 | Longsor <i>jarang</i> terjadi. Lereng relatif stabil |

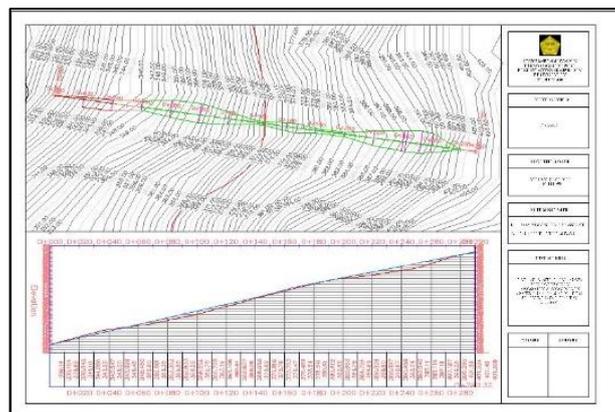
Sumber : Modifikasi Bowles, 1989

3. METODE PENELITIAN

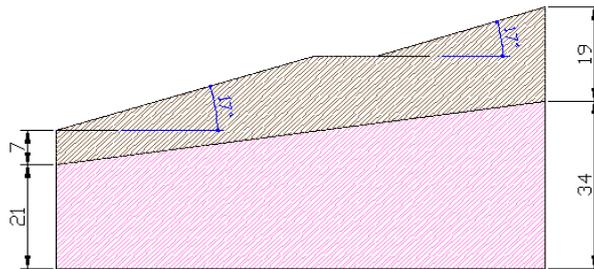
Penelitian ini dimulai dengan studi literatur dan dilanjutkan pengumpulan data-data seperti topografi dan data tanah. Analisis menggunakan *Software PLAXIS* yang dilakukan pada tiga tahap yaitu analisis pada lereng alami, lereng dengan beban lalu lintas, dan lereng dengan perkuatan *Sheet Pile*. Model material yang digunakan adalah model *Mohr-Coloumb*.

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data topografi di lokasi studi, dibuatkan potongan melintang dan kemudian dianalisis.



Gambar 1. Surface dan Cross Section Lokasi Lereng



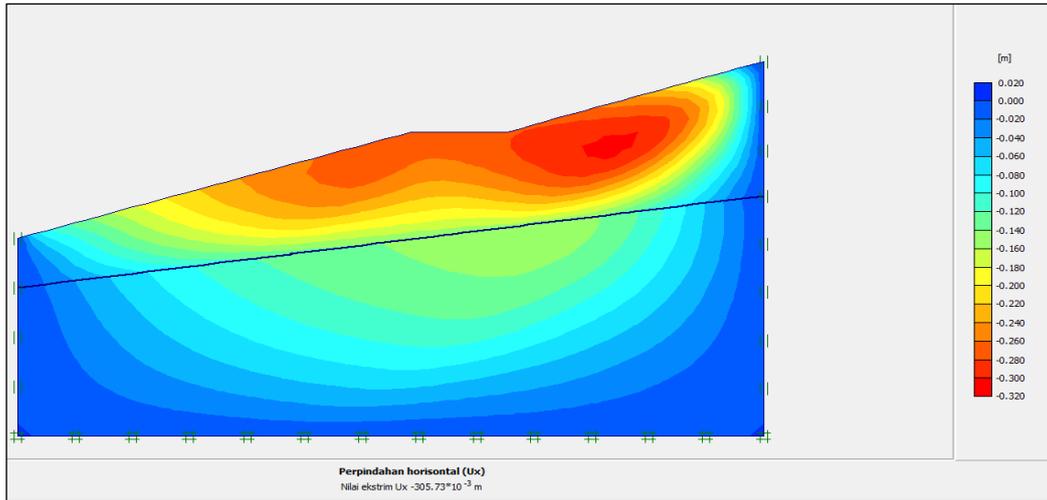
Gambar 2. Penampang Rencana *input PLAXIS*

Data dan parameter dari tanah yang dimasukkan dalam *Plaxis* disajikan pada tabel berikut ini.

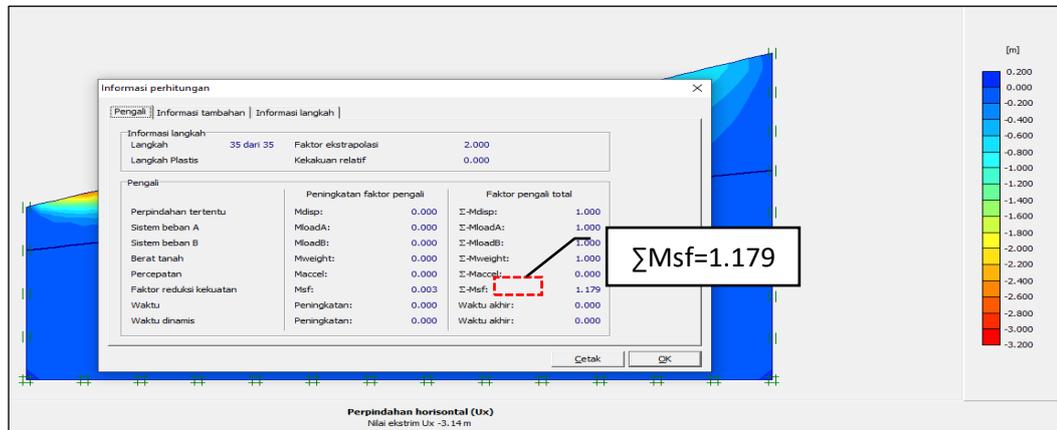
Tabel 2. Parameter Tanah untuk Input *Program PLAXIS*

| Klaster I | | | Klaster I | | |
|-----------------------------|------------------|------------------|-----------------------------|------------------|------------------|
| Keterangan | Nama | Parameter | Keterangan | Nama | Parameter |
| Model | <i>Model</i> | MC | Model | <i>Model</i> | MC |
| Jenis Perilaku Material | <i>Jenis</i> | <i>Undrained</i> | Jenis Perilaku Material | <i>Jenis</i> | <i>Undrained</i> |
| Brt. Isi Tanah di atas mat | γ_{unsat} | 2.1 | Brt. Isi Tanah. Diatas mat | γ_{unsat} | 17 |
| Brt. Isi Tanah di bawah mat | γ_{sat} | 2.11 | Brt. Isi Tanah. Dibawah mat | γ_{sat} | 19 |
| Permeabilitas Horisontal | K_x | 1 | Permeabilitas horisontal | K_x | 0.1 |
| Permeabilitas Vertikal | K_y | 1 | Permeabilitas Vertikal | K_y | 0.1 |
| Modulus Young | <i>Eref</i> | 50 | Modulus Young | <i>Eref</i> | 20000 |
| Angka Poisson | <i>V</i> | 0.3 | Angka Poisson | <i>V</i> | 0.3 |
| Kohesi | <i>Cref</i> | 1.5846 | Kohesi | <i>Cref</i> | 8 |
| Sudut Geser | ϕ | 24.28 | Sudut Geser | ϕ | 29.00 |
| Sudut Dilatasi | ψ | 0 | Sudut Dilatasi | ψ | 0 |

Perhitungan menggunakan *software PLAXIS* pada kondisi lereng alami tanpa beban dan kekuatan menunjukkan nilai *Safety Factor* 1,17.



Gambar 3. Displacement Horizontal



Gambar 4. Informasi Perhitungan Phi-c Reduction

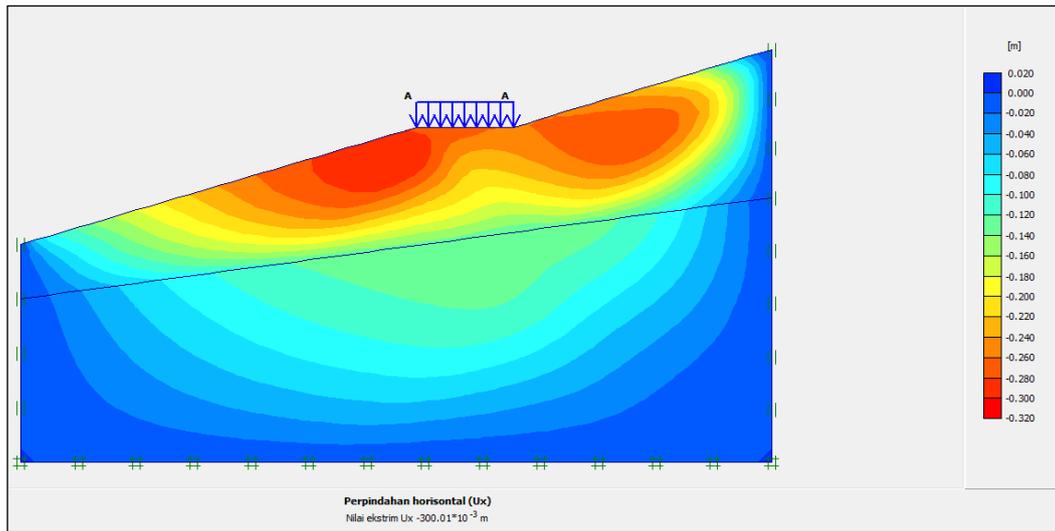
Perhitungan menggunakan *software* PLAXIS pada kondisi lereng alami dengan beban lalu lintas tanpa perkuatan menunjukkan nilai *Safety Factor* 1,144.

Menurut Pedoman Kimpraswil No: Pt T-10-2002-B, pembebanan lalu lintas untuk analisis stabilitas lereng dapat dibagi berdasarkan sistem jaringan jalan. Tabel berikut ini menampilkan beban lalu lintas menurut kelas jalan.

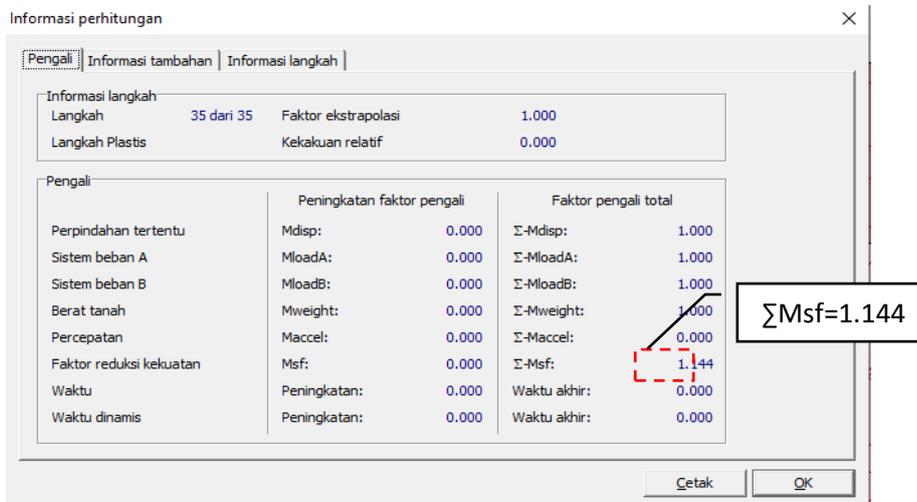
Tabel 3. Beban Lalu Lintas

| Kelas Jalan | Beban Lalu Lintas (kPa) |
|-------------|-------------------------|
| I | 15 |
| II | 12 |
| III | 12 |

Sumber: Pedoman Kimpraswil No:Pt T-10-2002-B, 2002



Gambar 5. Displacement Horizontal



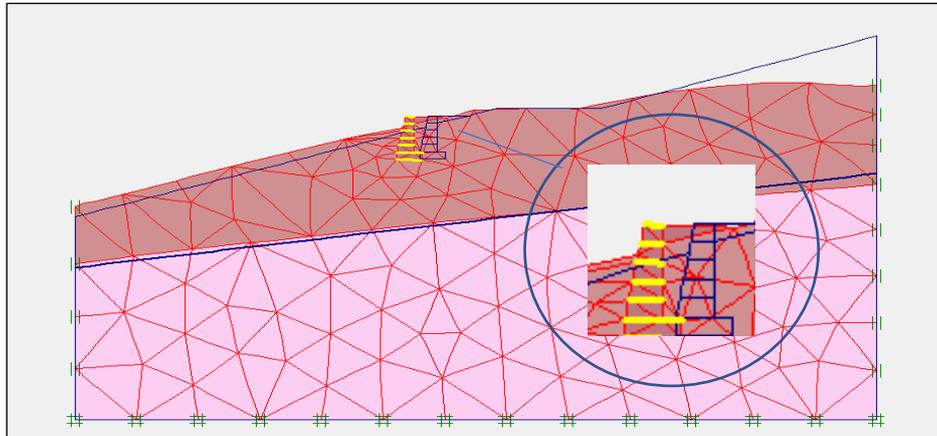
Gambar 6. Informasi Perhitungan

Analisis ini dimaksudkan untuk melihat perilaku lereng apabila diberikan perkuatan menggunakan *Geogrid*. Di mana parameter EA dari material *Geogrid* 1,000E+05 ditambun material tanah timbunan dengan parameter tanah dapat dilihat pada tabel berikut ini .

Tabel 4. Parameter Tanah Timbunan

| Keterangan | Nama | Parameter |
|-----------------------------|------------------|------------------|
| Model | <i>Model</i> | MC |
| Jenis Perilaku Material | <i>Jenis</i> | <i>Undrained</i> |
| Brt. Isi Tanah di atas mat | γ_{unsat} | 20 |
| Brt. Isi Tanah di bawah mat | γ_{sat} | 21 |
| Permeabilitas Horisontal | K_x | 0.5 |
| Permeabilitas Vertikal | K_y | 0.5 |

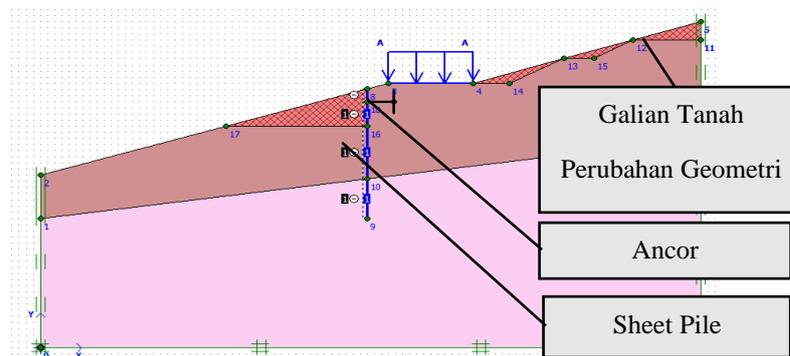
| | | |
|----------------|-----------|-------|
| Modulus Young | E_{ref} | 64000 |
| Angka Poisson | ν | 0.2 |
| Kohesi | C_{ref} | 5 |
| Sudut Geser | ϕ | 42 |
| Sudut Dilatasi | ψ | 12 |



Gambar 7. *Displacement Geogrid*

Gambar tersebut di atas menunjukkan *geogrid* berpindah dari tempat awalnya. Hal ini dikarenakan perkuatan masih berada pada bidang gelincir dari pada lereng sehingga untuk penanganan menggunakan *geogrid* ataupun dinding penahan tanah tidak akan berhasil sehingga direncanakan menggunakan perkuatan *sheet pile*.

Model *Sheet Pile* yang digunakan adalah *Sheet Pile* dengan Ancor. Model ini cocok menahan galian yang dalam. Pemodelan *sheet pile* dapat dilihat pada gambar berikut ini.



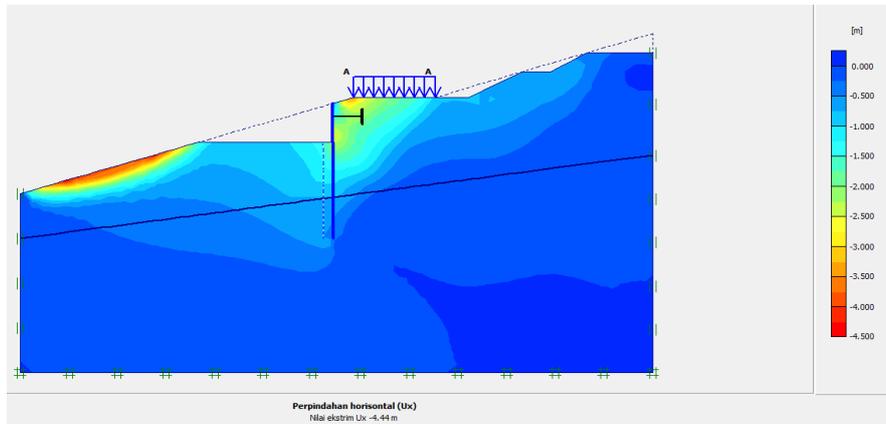
Gambar 8. *Pemodelan Lereng dengan Perkuatan Sheet Pile*

Tabel 5. *Input Model Material Sheet Pile dan Ancor Rod*

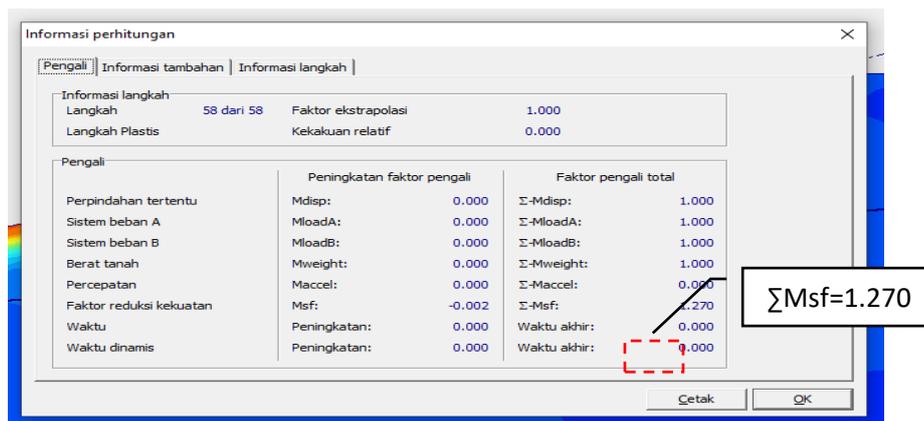
| <i>Sheet Pile</i> | <i>Anchor Rod</i> |
|-------------------|-------------------|
|-------------------|-------------------|

| | | | | |
|------------|----------------------------|------|------------|---------------|
| EA Kn/m | EI Kn/m ² /m | V | EA (kN) | Lspasi (m) |
| 10500 | 902 | 0.15 | 200000 | 2.5 |

Berdasarkan analisis kestabilan lereng dengan beban lalu lintas dan perkuatan *sheet pile* pada ruas Jalan Waris Kabupaten Keerom, diperoleh nilai ekstrim -4,4 m, dengan nilai angka keamanan 1,270.



Gambar 9. Displacement Phi-c Reduction Tahap 2



Gambar 10. Informasi Perhitungan

Tabel 6. Rekapitulasi Nilai Safety Factor

| No | Perhitungan | ΣMsf | Syarat | Keterangan |
|----|--------------------------------|-------|--------|------------|
| 1 | Lereng Alami | 1,170 | >1,25 | Tidak Oke |
| 2 | Lereng dengan beban lalulintas | 1,144 | >1,25 | Tidak Oke |
| 3 | Perkuatan Dengan Geogrid | 1,170 | >1,25 | Tidak Oke |

| | | | | |
|---|---|-------|-------|-----|
| 4 | Lereng dengan beban lalu lintas dan perkuatan <i>sheet pile</i> | 1,270 | >1,25 | Oke |
|---|---|-------|-------|-----|

5. PENUTUP

Kesimpulan

1. Nilai SF pada analisis lereng alami sebesar 1,170, dengan beban lalu lintas sebesar 1,144 dan perkuatan dengan geogrid diperoleh nilai 1,170 yang menunjukkan bahwa lereng kritis karena angka keamanan $< 1,25$.
2. Nilai SF setelah dilakukan penanganan dengan perkuatan *sheet pile*, didapatkan sebesar 1,270, yang menunjukkan bahwa lereng dalam kondisi stabil dimana SF lebih dari 1,25 sehingga penanganan dengan perkuatan *sheet pile* dapat dikatakan efektif dari sudut pandang keamanan lereng.

Saran

1. Perlu dilakukan perbandingan perkuatan dengan yang tipe lainnya seperti: *soil naling*, *bored pile*, dan *sheet pile* beton.
2. Perlu dilakukan perbandingan anggaran biaya dengan menggunakan beberapa tipe perkuatan untuk melihat nilai keekonomisan antar tipe-tipe tersebut.
3. Perlu dilakukan perbandingan menggunakan *software* lainnya seperti *Geoslope* dan *STABB*.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J. E. (1989). *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Jakarta : Erlangga
- Bowles, J. E. (1986). *Analisa dan Disain Pondasi*. Jakarta : Erlangga.
- Craig, R. F. (1989). *Mekanika Tanah*. Jakarta : Erlangga.
- Hardiyatmo, H. C. (2006). *Penanganan Tanah Longsor dan Erosi*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Pedoman Kimpraswil No: Pt T-10-2002-B Panduan Geoteknik 4 Desain dan Konstruksi Timbunan Jalan Pada Tanah Lunak.
- Plaxis, (2012). *Tutorial Manual*. Rotterdam : A.A. Balkema.
- Wesley, L. D. (1977). *Mekanika Tanah*. Jakarta : Badan Penerbit Pekerjaan Umum.
- Wesley, L. D. (2012). *Mekanika Tanah Untuk Tanah Endapan dan Residu*. Yogyakarta : ANDI