



GT-25

ANALISIS STABILITAS LERENG DITINJAU MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA DI RUAS JALAN RAYA ABEPURA-SENTANI

Irianto^{1*}, Reny Rochmawati², Pangeran Holong Sitorus³

^{1*}Program Studi Teknik Sipil, Universitas Yapis Papua, Jl. DR.Samratulangi No. 11, Jayapura

e-mail: irian.anto@gmail.com

²Program Studi Teknik Sipil, Universitas Yapis Papua, Jl. DR.Samratulangi No. 11, Jayapura

e-mail: renyrochmawati8@gmail.com

³Program Studi Teknik Sipil, Universitas Yapis Papua, Jl. DR.Samratulangi No. 11, Jayapura

e-mail: pangeransitorus1@gmail.com

ABSTRAK

Jalan raya Abepura-Sentani merupakan jalan utama yang menghubungkan kota Jayapura dan kabupaten Jayapura. Permasalahan yang terjadi adalah tanah longsor. Akibat adanya longsor pada ruas jalan tersebut mengakibatkan terganggunya arus lalu lintas di sekitarnya. Sehingga diperlukan analisis stabilitas lereng untuk mengetahui kondisi suatu lereng untuk menghindari terjadinya longsor. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai faktor keamanan lereng di ruas jalan raya Abepura-Sentani dengan cara melakukan pemodelan menggunakan program Plaxis yang berbasis metode elemen hingga. Pemodelan dilakukan dengan membuat geometri lereng sesuai kondisi eksisting dan menggunakan parameter tanah yang didapat melalui pengambilan sampel tanah secara langsung dan pengujian karakteristik tanah di laboratorium. Hasil yang didapat dari pemodelan ini adalah nilai faktor keamanan lereng pada ruas jalan raya Abepura-Sentani sebesar 1,033. Maka dari itu, lereng tersebut menurut Bowles (1984) dapat dikategorikan sering terjadi longsor karena nilai faktor keamanan $\leq 1,07$. Salah satu faktor penyebab hal ini dapat terjadi karena tingkat curah hujan yang tinggi pada lokasi tersebut. Pada saat terjadi peningkatan kadar air dan muka air tanah, tegangan air pori meningkat sehingga tegangan efektif tanah mengalami penurunan yang pada akhirnya menurunkan angka keamanan lereng dan menyebabkan terjadinya longsor pada lereng di ruas jalan Raya Abepura-Sentani. Salah satu solusi untuk menangani permasalahan tanah longsor pada lereng di lokasi tersebut adalah dengan pembuatan dinding penahan tanah.

Kata kunci: longsor, stabilitas lereng, faktor keamanan, metode elemen hingga, plaxis

1. PENDAHULUAN

Lereng merupakan suatu permukaan tanah yang membentuk suatu sudut tertentu terhadap bidang horizontal sehingga menimbulkan sebuah kemiringan. Lereng dibedakan menjadi dua, yaitu lereng alami dan lereng buatan. Lereng yang terbentuk sendirinya akibat kejadian alam atau lingkungan disebut lereng alami, sedangkan lereng yang dibuat oleh manusia yang dapat berupa pemotongan tebing atau pembuatan lereng disebut lereng buatan (Rahardjo, 2012).

Kestabilan sebuah lereng dapat dilihat dari angka keamanan lereng, dimana angka keamanan sebuah lereng dapat mengalami penurunan ketika musim hujan. Saat musim hujan, air dimungkinkan untuk masuk ke dalam lereng. Penetrasi air ke dalam tanah dapat meningkatkan nilai kadar air dalam tanah yang pada akhirnya dapat menurunkan kuat geser tanah secara signifikan. Andreea (2016) mengemukakan bahwa masuknya air ke dalam lereng menyebabkan permasalahan pada kestabilan lereng tersebut. Kehilangan kekuatan pada material lereng disebabkan karena naiknya tegangan air pori tanah dan derajat kejenuhan tanah.

Adanya perubahan muka air tanah pada suatu lereng mempengaruhi nilai faktor keamanan dikarenakan tekanan air pori dapat menimbulkan gaya angkat dan dapat menurunkan kekuatan suatu massa tanah atau batuan penyusun lereng tersebut (Sitorus dan Wulandari, 2022).

Hal yang telah dijelaskan di atas memungkinkan terjadinya bencana alam tanah longsor. Berdasarkan definisi dan klasifikasi longsor (Hansen, 1984), maka disimpulkan bahwa gerakan tanah (*mass movement*) adalah gerakan perpindahan atau gerakan lereng dari bagian atas atau perpindahan massa tanah maupun batu pada arah tegak, mendatar atau miring dari kedudukan semula.

Stabilitas lereng adalah salah satu permasalahan yang sering terjadi dalam pekerjaan konstruksi penambangan,

pembuatan jalan dan lain-lain. Kestabilan lereng yang terganggu dapat mengakibatkan kerusakan lingkungan, kerusakan alat konstruksi, mengancam keselamatan pekerja, mengurangi intensitas produksi dan mengganggu kelancaran pelaksanaan penambanngan (Almenara, 2007). Maka dari itu perlu dilakukan analisis kestabilan lereng agar mencegah terjadinya keruntuhan lereng.

Penelitian yang dilakukan oleh Sungkar dkk (2020) *Slope Stability Analysis Using Bishop and Finite Element Methods* mengenai stabilitas lereng menggunakan metode Bishop dan *software* 2D Plaxis pada Ruas jalan Meulaboh-Geumpang Kecamatan Sungai Mas Kabupaten Aceh Barat. Hasil yang didapat bahwa faktor keamanan yang diperoleh untuk kondisi eksisting dengan menggunakan metode Bishop sebesar 1,08 sedangkan menggunakan 2D *software* Plaxis faktor keamanannya adalah 1,10. Selisih hasil faktor keamanan yang didapat hanya 0,02 sehingga *software* Plaxis dapat digunakan untuk menunjang perhitungan stabilitas lereng.

Kota Jayapura merupakan ibu kota provinsi Papua dengan topografi yang berbukit dan bergunung, karena kondisi topografi yang beragam mengindikasikan Kota Jayapura rawan terhadap longsor (Rochmawati dan Sila, 2021). Sehubungan dengan adanya bencana alam tanah longsor di ruas jalan Abepura-Sentani yang merupakan sarana transportasi yang penting di kota Jayapura maka perlu dilakukan analisis stabilitas lereng. Analisis stabilitas lereng dilakukan dengan cara pengukuran geometri lereng, pengambilan sampel tanah pada lokasi longsor dan selanjutnya dilakukan pengujian propretis tanah setelah itu pengolahan data menggunakan program Plaxis.

Tujuan dari penelitian ini untuk menganalisis stabilitas lereng yang ditinjau menggunakan metode elemen hingga dengan bantuan *software* Plaxis V8.2 pada lereng di ruas jalan raya Abepura-Sentani yang merupakan jalan utama di kota Jayapura untuk mendapatkan nilai faktor keamanan lereng tersebut karena telah terjadi longsor pada lereng tersebut. Gambar di bawah memperlihatkan kondisi lereng di ruas jalan raya Abepura-Sentani yang mengalami kelongsoran beberapa waktu lalu.



Gambar 1. Lokasi penelitian lereng di ruas jalan raya Abepura-Sentani

2. TINJAUAN PUSTAKA

Tanah

Tanah merupakan material yang terdiri dari agregat/butiran mineral padat yang tidak tersementasi satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang melapuk disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang kosong antar partikel padat tersebut. Tanah diklasifikasikan berdasarkan ukuran partikelnya, seperti kerikil, pasir, lanau dan lempung. Kerikil dan pasir tergolong tanah berbutir kasar sedangkan lanau dan lempung tergolong tanah berbutir halus.

Tanah lempung ada yang memiliki sifat tanah ekspansif. Tanah ekspansif adalah tanah yang memiliki potensi kembang-susut yang besar. Tanah akan mengalami perubahan volume yang signifikan ketika terjadi perubahan kadar air di dalamnya. Potensi kembang susut tanah ekspansif ditentukan oleh kondisi kadar air mula serta nilai angka pori tanah. Indeks plastisitas adalah parameter yang sering digunakan untuk menentukan potensi kembang-susut tanah.

Longsor

Tanah longsor (*landslides*) merupakan perpindahan beberapa massa berbentuk tamah, batuan ataupun bahan rombakan, material penyusun lereng, yang merupakan kombinasi tanah serta batuan, secara gravitasional mengarah bagian dasar suatu lereng (Cruden, 1991). Pada tanah yang tidak homogen dan aliran rembesan terjadi di dalam tanah,

cara yang lebih tepat untuk menentukan kestabilan lereng adalah dengan menggunakan metode irisan (Hardiyatmo, 2012). Faktor penyebab longsor adalah sebagai berikut:

1. Peningkatan kandungan air
2. Getaran yang terjadi umumnya disebabkan oleh gempa bumi, ledakan, penggalian, getaran mesin, serta getaran lalu lintas kendaraan.
3. Peningkatan beban yang melampaui daya dukung tanah atau kuat geser tanah.

Kelongsoran jarang terjadi jika nilai faktor keamanan lebih dari atau sama dengan 1,25 (Bowles, 1984). Nilai faktor keamanan terhadap bidang longsor dapat dilihat pada Tabel 1 seperti di bawah ini.

Tabel 1. Nilai Faktor Keamanan Terhadap Bidang Longsor

Faktor Keamanan	Keterangan
$FK \leq 1,07$	Longsor sering terjadi
$1,07 < FK < 1,25$	Longsor dapat terjadi
$FK \geq 1,25$	Longsor jarang terjadi

Stabilitas Lereng

Analisis stabilitas lereng adalah analisis yang dilakukan pada permukaan tanah yang miring. Analisis stabilitas pada umumnya digunakan untuk memeriksa keamanan dari suatu lereng, baik lereng alami, lereng galian maupun lereng urugan tanah. Hal-hal yang paling berpengaruh dalam kestabilan lereng adalah:

1. Kuat geser tanah, kurat geser tanah tergantung pada gaya perlawanan atau gerakan relatif yang dikeluarkan oleh butiran tanah terhadap dorongan atau tarikan.
2. Geometri lereng, pengaruh gravitasi mengakibatkan permukaan tanah yang tidak horizontal atau kemiringan lereng berpotensi mengalami pergerakan.
3. Tekanan air pori, kenaikan tekanan air pori di sekitar bidang longsor dapat mereduksi tegangan efektif, sehingga mengurangi kuat geser tanah.
4. Kondisi pembebanan dan lingkungan, beban yang berpengaruh pada lereng terdiri dari beban internal yang berasal dari volume serta berat jenis tanah dan batuan itu sendiri, sedangkan beban eksternal terdiri dari beban statik dan dinamis menjadi tambahan beban yang dapat menambah potensi gerakan tanah.

Keruntuhan lereng pada tanah kohesif banyak terjadi karena meningkatnya kadar air tanah. Longsoran terjadi karena tidak adanya kuat geser tanah yang cukup untuk menahan gerakan tanah yang cukup untuk menahan gerakan tanah pada bidang longsornya (Badriyah dan Wulandari, 2020).

Metode Elemen Hingga

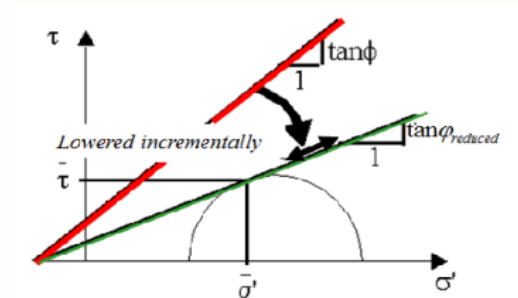
Asumsi bidang longsor tidak dilakukan pada metode elemen hingga. Faktor keamanan dicari melalui bidang lemah pada struktur lapisan tanah. Faktor keamanan didapatkan dengan cara mengurangi nilai kohesi dan sudut geser dalam tanah secara bertahap hingga tanah mengalami keruntuhan. Nilai faktor keamanan dihitung sebagai berikut:

$$FK = \frac{c}{c_{\text{reduced}}} = \frac{\tan \phi}{\tan \phi_{\text{reduced}}} \quad (1)$$

keterangan:

FK = faktor keamanan

Proses perhitungan ini dalam diagram keruntuhan Mohr diilustrasikan pada Gambar 2. Dalam program Plaxis, metode ini disebut Phi-c reduction. Metode *shear strength reduction* atau biasa disebut Phi-c reduction merupakan suatu metode yang dimanfaatkan untuk menentukan suatu nilai faktor keamanan dengan pendekatan elemen hingga.



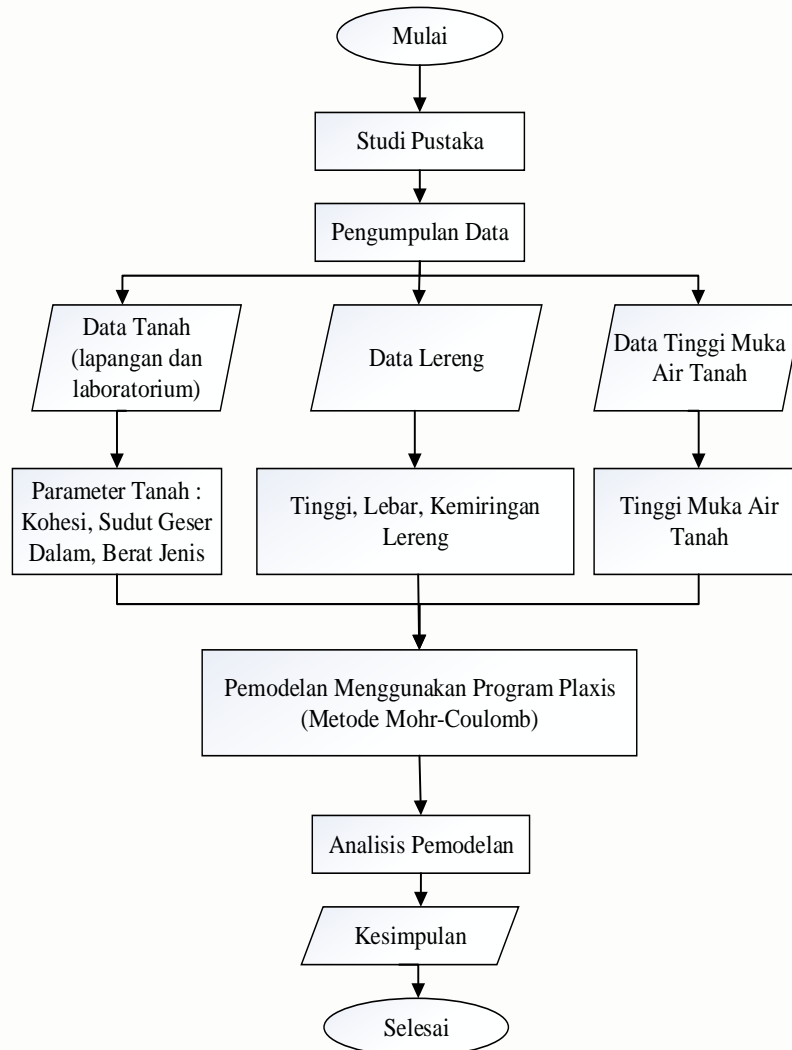
Gambar 2. Proses Perhitungan faktor keamanan pada metode elemen hingga

Model tanah yang dipakai dalam perhitungan faktor keamanan pada metode elemen hingga pada Plaxis adalah model Mohr Coulomb. Parameter tanah yang dibutuhkan pada pemodelan menggunakan Mohr Coulomb adalah sebagai berikut:

1. Kohesi tanah (c)
2. Sudut geser tanah (ϕ)
3. Modulus elastisitas (E)
4. Poisson ratio (ν)
5. Sudut dilatasi (ψ)

3. METODE PENELITIAN

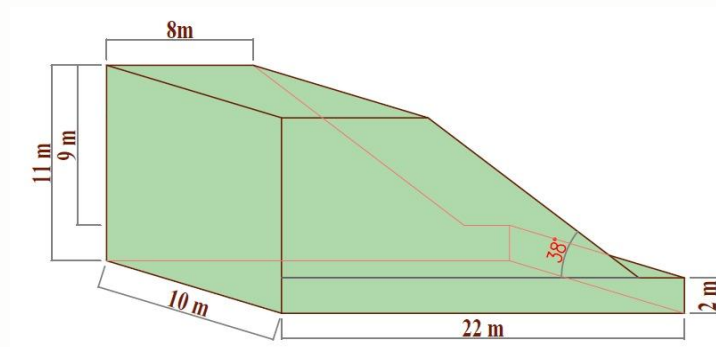
Metode yang digunakan dalam penelitian ini merupakan metode penelitian berbasis pemodelan lereng dengan sudut kemiringan 38° yang berlokasi di ruas jalan Raya Abepura-Sentani. Lereng tersebut memiliki nilai parameter tanah berdasarkan hasil uji laboratorium dan diklasifikasikan sebagai tanah kohesif. Pemodelan dilakukan dengan membuat simulasi kondisi eksisting lereng dengan kedalaman muka air tanah sesuai pada lokasi lereng tersebut. *Output* yang dihasilkan adalah nilai faktor keamanan yang dihasilkan oleh program Plaxis. Pemodelan lereng dapat dilihat pada Gambar 4.



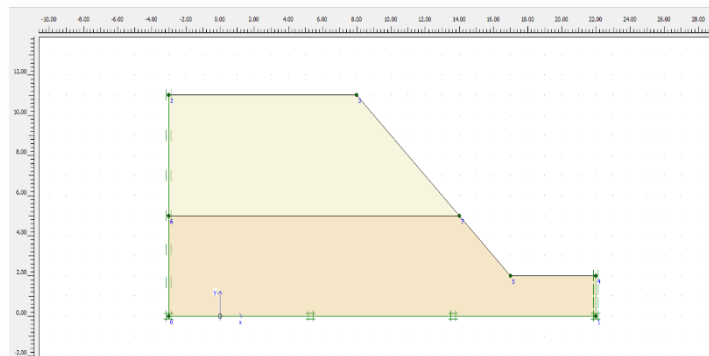
Gambar 3. Bagan alir penelitian

Berdasarkan kondisi eksisting lereng pada lokasi penelitian seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 5, dibuat pemodelan lereng pada program Plaxis seperti Gambar 4. Data geometri lereng yang didapat dari survei di lapangan adalah sebagai berikut:

Tinggi lereng Abepura-Sentani (H) : 9 meter
 Lebar lereng Abepura-Sentani (l) : 10 meter
 Sudut kemiringan lereng : 38°

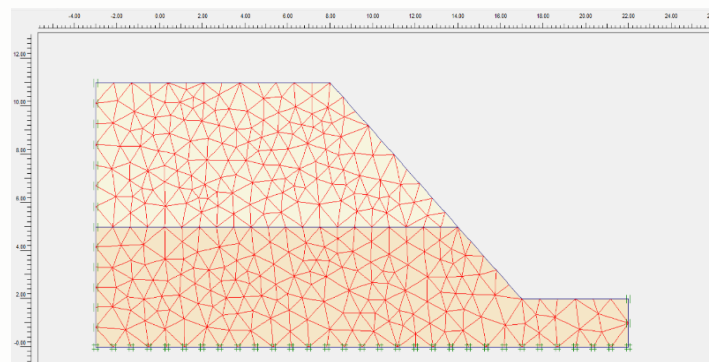


Gambar 4. Geometri lereng di ruas jalan raya Abepura-Sentani



Gambar 5. Pemodelan lereng di ruas jalan raya Abepura-Sentani pada Plaxis

Pentuan jenis jaringan elemen (*meshing*) pada analisis ini yaitu *very fine*. Jenis *meshing* yang digunakan dalam penelitian dapat mempengaruhi hasil analisis. Semakin baik jenis *meshing*, maka perhitungan dalam analisis menggunakan Plaxis akan semakin akurat. Adapun *meshing* pada lereng ini ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. *Meshing* yang digunakan pada pemodelan stabilitas lereng

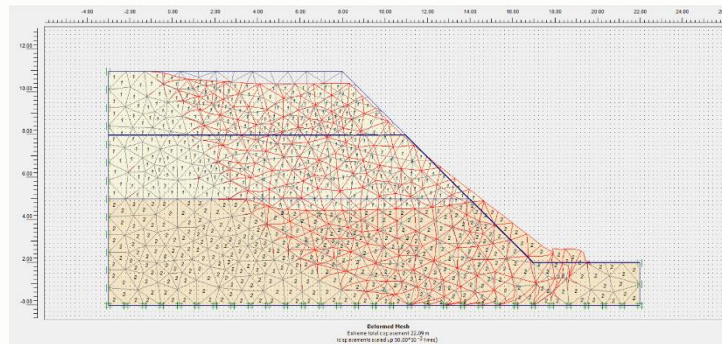
Adapun konstitutif model yang digunakan pada analisis ini, yaitu menggunakan model Mohr Coulomb. Parameter tanah yang digunakan pada pemodelan ini terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter Tanah Model Mohr-Coulomb

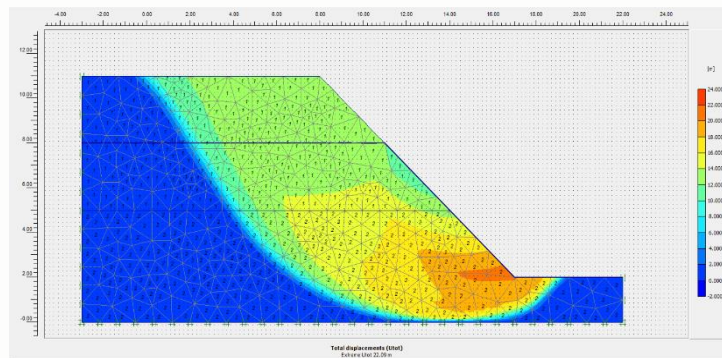
No	Kedalaman (m)	Jenis Tanah	MAT (m)	γ (kN/m ³)	Cu (kN/m ²)	ϕ (°)	Eu (kN/m ²)	Poisson Ratio (ν')
1	0,00 – 6,00	Clay	3,00	11,24	11,07	9,00	2767,50	0,00
2	6,00 – 11,00	Clay	3,00	11,35	10,78	7,00	2519,50	0,00

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

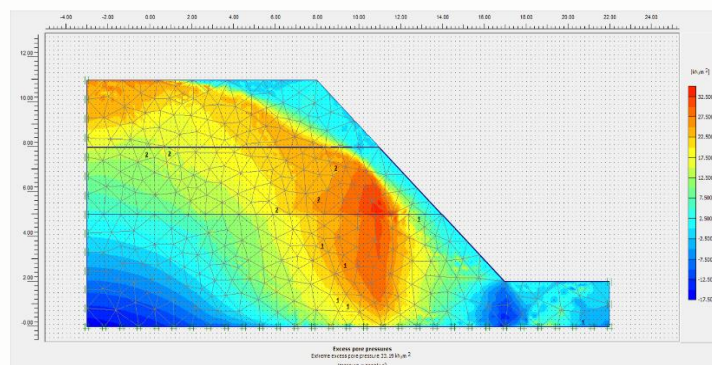
Hasil yang diperoleh dari pengolahan data yang dilakukan di laboratorium Teknik Sipil Universitas Yapis Papua dan juga uji triaksial di UPTD Balai Pengujian dan Laboratorium Kotaraja, kemudian dilakukan pemodelan lereng menggunakan model Mohr-Coulomb dengan bantuan program Plaxis didapat *output calculation* berupa nilai faktor keamanan lereng di ruas jalan Raya Abepura-Sentani sebesar 1,033 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10. Selain itu, program Plaxis dapat menampilkan potensi kelongsoran (*deformed mesh*) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7. Program Plaxis juga dapat menampilkan nilai *total displacement* yang didapat yaitu sebesar 1,105 m dan nilai *excess pore pressures* sebesar 33,19 kN/m² seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 8 dan Gambar 9.



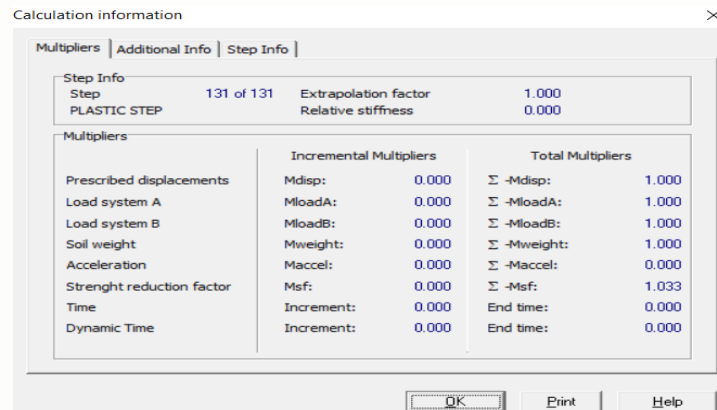
Gambar 7. *Deformed mesh* pemodelan lereng di ruas jalan raya Abepura-Sentani pada Plaxis



Gambar 8. *Total displacements* pemodelan lereng di ruas jalan raya Abepura-Sentani pada Plaxis



Gambar 9. *Excess pore pressures* pemodelan lereng di ruas jalan raya Abepura-Sentani pada Plaxis



Gambar 10. Output calculation pemodelan lereng di ruas jalan raya Abepura-Sentani pada Plaxis

Pembahasan

Berdasarkan hasil yang didapat dari pemodelan stabilitas lereng di ruas jalan Raya Abepura-Sentani yaitu nilai faktor keamanan sebesar 1,033 maka lereng tersebut menurut Bowles (1984) dapat dikategorikan sering terjadi longsor karena $FK \leq 1,07$. Hal ini dapat terjadi karena pada daerah tersebut memiliki tingkat curah hujan yang tinggi. Variasi kadar air yang disebabkan oleh curah hujan yang tinggi menyebabkan variasi kuat geser tanah dan menyebabkan penurunan angka keamanan lereng. Pada saat terjadi peningkatan kadar air dan muka air tanah, tegangan air pori meningkat sehingga tegangan efektif tanah mengalami penurunan yang pada akhirnya menurunkan angka keamanan lereng dan menyebabkan terjadinya longsor pada lereng di ruas jalan Raya Abepura-Sentani. Salah satu solusi untuk menangani permasalahan tanah longsor pada lereng di lokasi tersebut adalah dengan pembuatan dinding penahan tanah.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis stabilitas lereng yang ditinjau menggunakan metode elemen hingga dengan bantuan *software* Plaxis pada lereng di ruas jalan raya Abepura-Sentani yang merupakan jalan utama di kota Jayapura, didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai faktor keamanan yang didapat dari *output calculation* pemodelan lereng berdasarkan parameter tanah dan geometri lereng di ruas jalan raya Abepura-Sentani pada program Plaxis adalah 1,033.
2. Lereng tersebut dikategorikan sering terjadi longsor karena $FK \leq 1,07$.

DAFTAR PUSTAKA DAN PENULISAN PUSTAKA

- Almenara, R. 2007. *Rock Slope Stability Concepts*. PT. Newmont Nusa Tenggara: Sumbawa Barat
- Andreea, C. (2016). *Unsaturated Slope Stability and Seepage Analysis of a Dam*. Energy Procedia, 85, 93-98
- Badriyah, N dan Wulandari, S. (2020). "Efektivitas Akar Vetiver Terhadap Peningkatan Kohesi Tanah Lereng Sebagai Tinjauan Untuk Perkuatan Lereng". Jurnal Teknik Sipil, Vol.27 No.2, 127-134
- Brinkgreve, R. B. J. 2007. *Manual Acuan PLAXIS 2D Versi 8*. Delft University of Technology & PLAXIS.
- Cruden. 1991. *A Simple Definition of Landslide*. Buletin Int. Assoc. for Engineering Geology, 43:27-29
- Hansen, M. J. (1984). *Strategies for Classification of Landslides*, ed. : Brunsten, D, & Prior, D.B., 1984, Slope Instability, John Wiley & Sons, p.1-25
- Hardiyatmo, H. C. (2012). *Tanah longsor dan Erosi: Kejadian dan Penanganan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Rahardjo, P. P. (2012). *Manual Kestabilan Lereng*. UNPAR, Bandung
- Rochmawati, R dan Sila, A. A. (2021) "Penggunaan Aplikasi Geo-Slope Pada Analisis Stabilitas Lereng Di Ruas Jalan Abepura-Skyland". Journal of Portal Civil Engineering, 184-190
- Sitorus, H. P dan Wulandari, S. (2022). "Pengaruh Perilaku Tinggi Muka Air Tanah Dengan Variasi Kemiringan Lereng Terhadap Stabilitas Lereng Berbasis Pemodelan Numerik". Jurnal Teknik Sipil, Vol.29 No.2, 145-152
- Sungkar, M., et al. (2020). *Slope Stability Analysis Using Bishop and Finite Element Methods*. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 933