

PERENCANAAN PERKUATAN LERENG MENGGUNAKAN *SHEET PILE* PADA AREA TERMINAL JEMBATAN KACA KAB.PROBOLINGGO

Dwi Septy Wahyuningdiah¹, Laily Endah Fatmawati², Herry Widhiarto³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Email: ldwisepty47@gmail.com, lailyendah@untag-sby.ac.id, h_widhi@untag-sby.ac.id

Abstract

Soil is an important aspect in construction design, therefore soil bearing capacity is an aspect that determines the stability, feasibility and longevity of a structure. Some methods of soil handling include designing a retaining wall so that it can minimize the impacts that arise, especially in residential areas with different soil heights from one point to another. Slope stability analysis has a very valuable position in the design of civil construction structures. Several ways that can be used to avoid the formation of a collapse is with a retaining wall. The use of retaining walls used in the plan is cantilever walls and in this study the retaining walls to be used are sheet pile walls. In this study it was intended to plan slope reinforcement using sheet piles with the help of the plaxis program and to use the manual calculation of the fellenius method to determine the safety factor for slope stability to overcome landslide disasters on glass bridges. The purpose of using the Fellenius method is to calculate the safety factor of the slope, while the plaxis software is a finite component program for geotechnical applications where soil models are applied to simulate soil behavior.

Keywords : Soil, Slope Stability, Fellenius Method, Plaxis Software

Abstrak

Tanah ialah aspek berarti dalam perancangan konstruksi, oleh sebab itu daya dukung tanah ialah aspek yang memastikan stabilitas, kelayakan serta umur sebuah struktur. sebagian metode penanganan tanah antara lain perancangan dinding penahan tanah maka mampu meminimalisir terhadap dampak yang muncul terutama pada wilayah pemukiman dengan situasi tanah yang berlainan ketinggian antara titik satu dengan yang lain. Analisis stabilitas lereng mempunyai kedudukan yang amat bernilai pada perancangan struktur konstruksi sipil. Beberapa cara yang bisa dipakai guna menghindari terbentuknya keruntuhan ialah dengan dinding penahan tanah. pemakaian dinding penahan tanah yang dipakai pada rencana ialah dinding kantilever serta pada studi ini dinding penahan tanah yang hendak dipakai ialah dinding *sheet pile*. Pada penelitian ini dimaksudkan untuk merencanakan perkuatan lereng menggunakan sheet pile dengan bantuan program *plaxis* serta menggunakan perhitungan manual metode *fellenius* untuk menentukan factor aman kestabilan lereng guna menaggulangi bencana tanah longsor pada jembatan kaca. Tujuan dari penggunaan metode *Fellenius* yaitu perhitungan untuk mendapatkan faktor keamanan dari lereng, sedangkan *software plaxis* adalah program komponen hingga guna aplikasi geoteknik di mana dikenakan model-model tanah guna melaksanakan simulasi perilaku tanah.

Kata Kunci : Tanah, Stabilitas Lereng, Metode Fellenius, Software Plaxis

1. PENDAHULUAN

Tanah ialah aspek berarti dalam perancangan konstruksi, oleh sebab itu daya dukung tanah ialah aspek yang memastikan stabilitas, kelayakan serta umur sebuah struktur. sebagian metode penanganan tanah antara lain perancangan dinding penahan tanah maka mampu meminimalisir terhadap dampak yang muncul terutama pada wilayah pemukiman dengan situasi tanah yang berlainan ketinggian antara titik satu dengan yang lain.[1]. Lereng yaitu dataran bumi yang menciptakan sudut kemiringan pada sisi horisontal. Lereng terbentuk bersumber pada 2 cara, dengan cara natural (proses geologi) maupun berencana terbuat oleh orang. Lereng yang tercipta dengan cara natural contohnya tebing sungai serta lereng gunung, sementara itu lereng

yang berencana dibikin orang yakni galian serta gundukan buat menciptakan jalan raya, bendungan, bendungan sungai serta tambang terbuka.[2]

Proyek pembangunan Jembatan Kaca Bromo terletak di Desa Ngadisari, Kecamatan Sukapura, Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur. Pembangunan Jembatan Kaca dibangun untuk pengembangan KSPN (Kawasan Strategis Pariwisata Nasional). Pembangunan jembatan kaca termasuk *suspended-cable* dengan panjang 120 meter, lebar lantai 1,8 meter dengan ketinggian kurang lebih 80 meter.

Pada penelitian ini penulis akan melakukan merencanakan perkuatan lereng menggunakan sheet pile dengan bantuan program plaxis serta menggunakan perhitungan manual metode fellenius untuk menentukan factor aman kestabilan lereng guna menaggulangi bencana tanah longsor. Metode Fellenius merupakan perhitungan untuk mendapatkan faktor keamanan dari lereng, sedangkan program plaxis adalah program komponen hingga guna aplikasi geoteknik di mana dikenakan model-model tanah guna melaksanakan simulasi perilaku tanah.

Berdasarkan Permasalahan yang ada, maka permasalahan yang akan dibahas adalah :

1. Bagaimana pengaruh beban terhadap faktor keamanan (*Safety Factor*) pada kestabilan lereng menggunakan metode *Fellenius*?
2. Bagaimana faktor keamanan (*Safety Factor*) dengan metode perkuatan *sheet pile*?
3. Bagaimana perbandingan angka keamanan (*Safety Factor*) secara manual menggunakan metode *Fellenius* dengan menggunakan bantuan software plaxis.

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini penulis menggunakan metode *Fellenius* dan bantuan *software plaxis* dalam menyelesaikan permasalahan yang dibahas.

2.1 Metode Fellenius

Metode Fellenius (Ordinary Method of Slice) diperkenalkan pertama oleh Fellenius (1927, 1936) bersumber pada jika gaya memiliki sudut kemiringan paralel dengan dasar potongan FK dihitung dengan penyeimbang momen. Fellenius mengemukakan metodenya dengan menerangkan asumsi jika kerusakan terjalin melewati perputaran dari sesuatu blok tanah pada dataran runtuh berupa (sirkuler) dengan titik O selaku titik pusat perputaran.

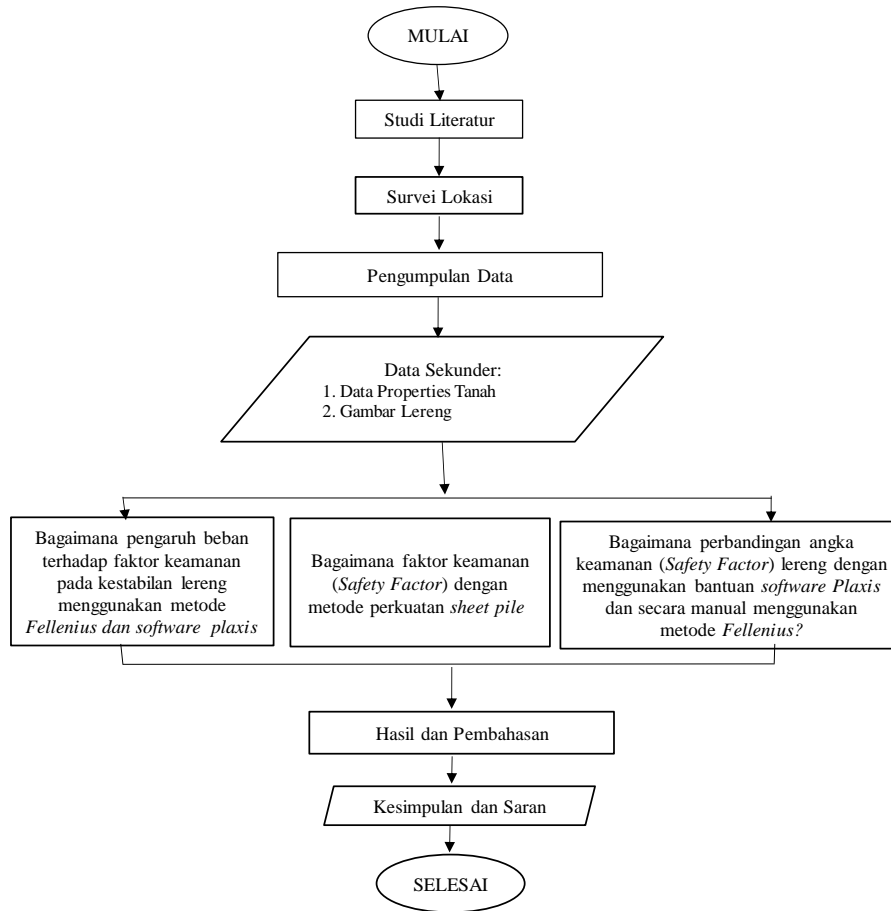
2.2 Program Plaxis

Software plaxis yaitu program dua dimensi yang mengkaji kestabilan lereng. sesudah data – data terkumpul hingga akan dilakukan pemodelan analisa kestabilan lereng guna memahami keamanan lereng. Yang selaku data input pemodelan ialah data - data hasil tes laboratorium serta data yang lain.[3]

Adapun tahap - tahap pemodelan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Pemodelan numeris
 2. Simulasi model
 3. Pengimputan data material
 4. Pembuatan jaringan material
 5. Perhitungan grafik freatik
 6. Perhitungan tegangan awal
 7. Tahap perhitungan
-

2.3 Bagan Alir Penelitian



Gambar 1 . Diagram Alir Penelitian

2.4 Teknik Pengumpulan Data

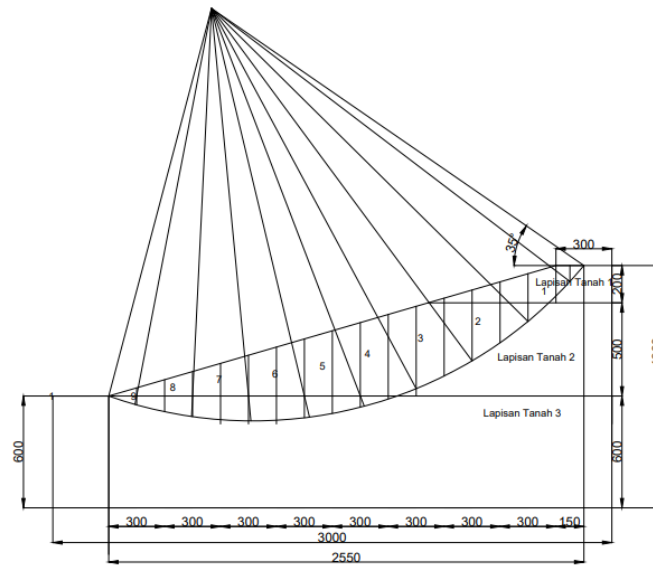
Tahapan pengumpulan data yaitu tahapan mengumpulkan data-data yang digunakan untuk melakukan penelitian ini. Data yang digunakan yaitu data sekunder berupa:

- Data tanah bor log, dan gambar lereng,

Data tanah sering diperlukan guna pemodelan mengenakan *PLAXIS*. informasi parameter tanah dihasilkan dari korelasi antara parameter tanah itu dengan hasil analisis tanah yang berbentuk kategori tanah serta angka N-SPT. Hasil korelasi dihasilkan angka berat kategori tanah, angka permeabilitas tanah, angka poin pori tanah, serta angka modulus Young tanah dari masing-masing susunan tanah. angka poin Poisson tanah, angka kohesi serta geser dari masing-masing susunan tanah yang terlihat serta dihasilkan dari korelasi dengan kategori tanah serta angka N-SPT.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis hitungan manual metode *Fellenius*



Gambar 2 Irisan Bidang Longsor

Perhitungan manual dengan metode *fellenius* dapat dilihat seperti uraian dibawah ini dengan contoh perhitungan irisan 1:

Perhitungan nilai Radians dihitung dengan persamaan (2.6) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Rad1} &= \alpha \times \frac{\pi}{180^\circ} \\ &= 53 \times \frac{3,14}{180^\circ} \\ &= 0,92 \end{aligned}$$

Perhitungan berat irisan tanah (W) dihitung dengan persamaan (2.7) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} W &= \gamma \times L \times H \\ (\text{tanah 1}) &= 16,00 \times 2,14 \times 1,56 \\ &= 53,41 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (\text{tanah 2}) &= 18,00 \times 2,14 \times 1,00 \\ &= 38,52 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (\text{tanah 3}) &= 20,00 \times 2,14 \times 0 \\ &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W \text{ total} &= W(\text{tanah 1}) + W(\text{tanah 2}) + W(\text{tanah 3}) \\ &= 53,41 + 38,52 + 0 \\ &= 91,92 \text{ kN} \end{aligned}$$

Diketahui :

$$W = \text{Berat Irisan Tanah (kN/m}^3\text{)}$$

$$\gamma = \text{Berat Jenis Tanah (kN/m}^2\text{)}$$

$$L = \text{Luas Irisan (m)}$$

$$H = \text{tinggi irisan (m)}$$

Perhitungan sudut irisan (Sin α) dihitung dengan persamaan (2.8) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \sin \alpha &= \sin (\text{Rad}1) \\ &= \sin 0,92 \\ &= 0,79 \end{aligned}$$

Perhitungan sudut irisan (Cos α) digunakan persamaan (2.9) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \cos \alpha &= \cos (\text{Rad}1) \\ &= \cos 0,92 \\ &= 0,60 \end{aligned}$$

Untuk menghitung Wtotal digunakan persamaan (2.10) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} W_{\text{total}1} &= W_t \times \sin \alpha \\ &= 91,92 \times 0,79 \\ &= 72,61 \text{ kN} \end{aligned}$$

Untuk menghitung Wtotal dihitung dengan persamaan (2.11) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} W_{\text{total}1} &= W_t \times \cos \alpha \\ &= 91,92 \times 0,60 \\ &= 55,15 \text{ kN} \end{aligned}$$

Berdasarkan uraian perhitungan diatas maka hasil perhitungan irisan total dapat dilihat pada tabel 4.11 berikut ini :

Tabel 1 Perhitungan Irisan Total

| No | W1 = γ × b × h (kN) | W2 = γ × b × h (kN) | W3 = γ × b × h (kN) | Wtot = W1 + W2 + W3 (kN) | α | Radian | Sin | Cos | Wt × Sin (α) | Wt × Cos (α) |
|-------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------------|-----|--------|-------|-------|--------------|--------------|
| | | | | | (°) | (α) | (Rad) | (Rad) | (kN) | (kN) |
| 1 | 53,41 | 38,52 | 0,00 | 91,93 | 53 | 0,92 | 0,79 | 0,60 | 72,63 | 55,16 |
| 2 | 32,64 | 167,94 | 0,00 | 200,58 | 45 | 0,79 | 0,71 | 0,70 | 142,41 | 140,41 |
| 3 | 0,00 | 238,68 | 0,00 | 238,68 | 36 | 0,63 | 0,58 | 0,80 | 138,43 | 190,94 |
| 4 | 0,00 | 196,16 | 33,36 | 229,52 | 28 | 0,49 | 0,47 | 0,88 | 107,87 | 201,97 |
| 5 | 0,00 | 161,38 | 68,56 | 229,95 | 21 | 0,37 | 0,36 | 0,93 | 82,78 | 213,85 |
| 6 | 0,00 | 148,08 | 81,64 | 229,72 | 13 | 0,23 | 0,22 | 0,97 | 50,54 | 222,83 |
| 7 | 0,00 | 97,65 | 78,74 | 176,39 | 5 | 0,09 | 0,08 | 0,99 | 14,11 | 174,63 |
| 8 | 0,00 | 51,68 | 55,44 | 107,12 | 3 | 0,05 | 0,04 | 0,99 | 4,28 | 106,05 |
| 9 | 0,00 | 11,61 | 14,10 | 25,71 | 11 | 0,19 | 0,18 | 0,98 | 4,63 | 25,20 |
| Total | 86,05 | 1111,70 | 331,84 | 1529,60 | | | 3,43 | 7,84 | 617,69 | 1331,04 |

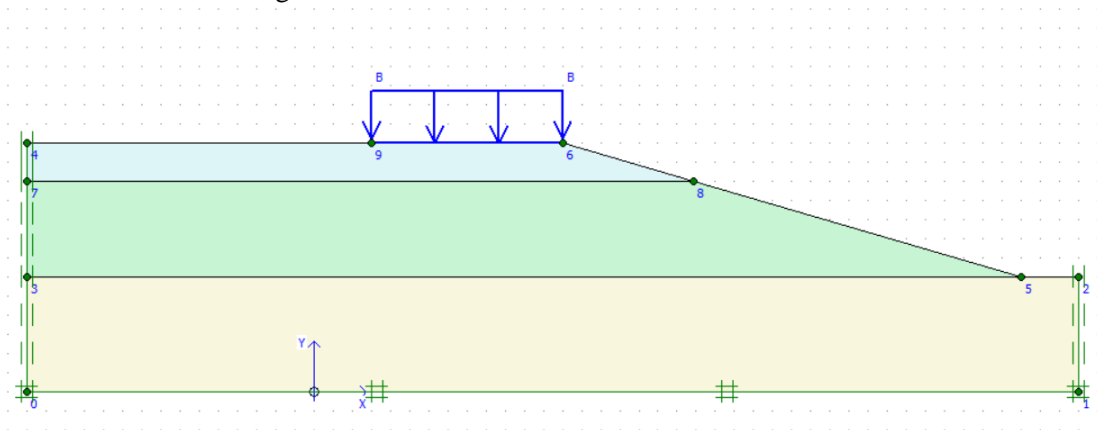
(Sumber : Penulis,2023)

Perhitungan nilai SF digunakan persamaan (2.16) Sebagai berikut :

$$\begin{aligned} SF &= \frac{(c \times L) + (W_t \cdot \cos \alpha \cdot \tan \theta)}{(W_t \cdot \sin \alpha) + \text{Beban}} \\ &= \frac{341,42 + 331,86}{617,69 + 26,24} \\ &= 1,04 \end{aligned}$$

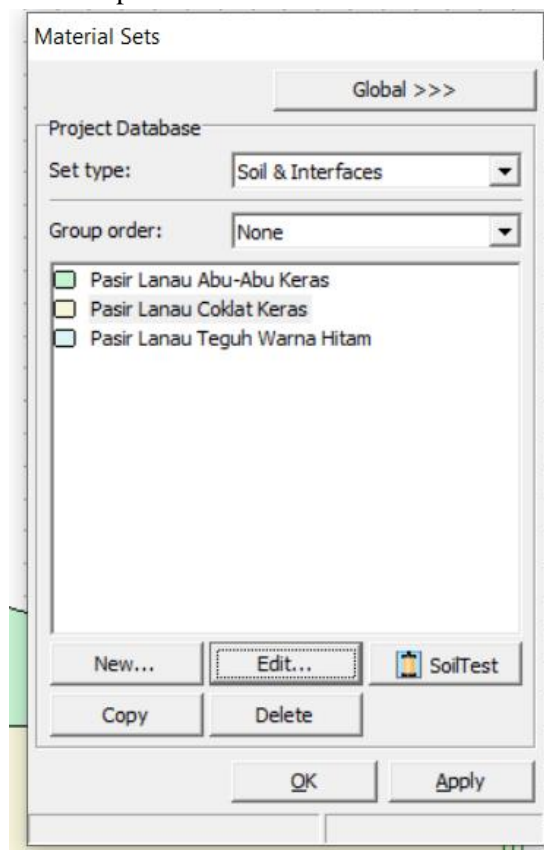
Dari perhitungan diatas didapatkan nilai sf sebesar 1,04 nilai tersebut kurang dari 1,5, Sesuai dengan SNI 8460:2017 geoteknik syarat angka keamanan untuk lereng tanah harus lebih besar dari 1,5. Sehingga dari perhitungan tersebut nilai sf 1,04 dapat dinyatakan tidak aman maka diperlukan perkuatan pada lereng.

2. Analisis lereng menggunakan *Software Plaxis*
 - a. Permodelan awal lereng



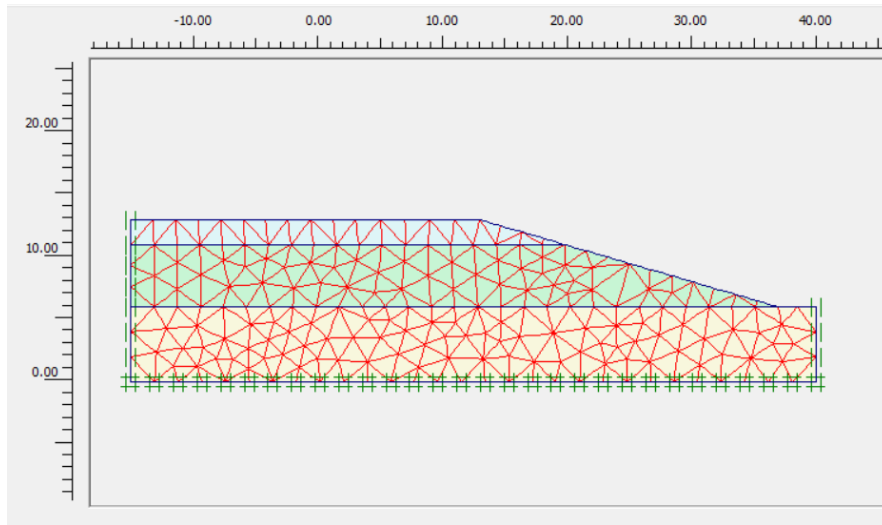
Gambar 3 Permodelan Lereng Input Plaxis
(Sumber : Hasil Analisis, Plaxis 8.6 ,2023)

- b. Pengimputan material parameter tanah



Gambar 4 Input Data Material
(Sumber : Hasil Analisis, Plaxis 8.6 ,2023)

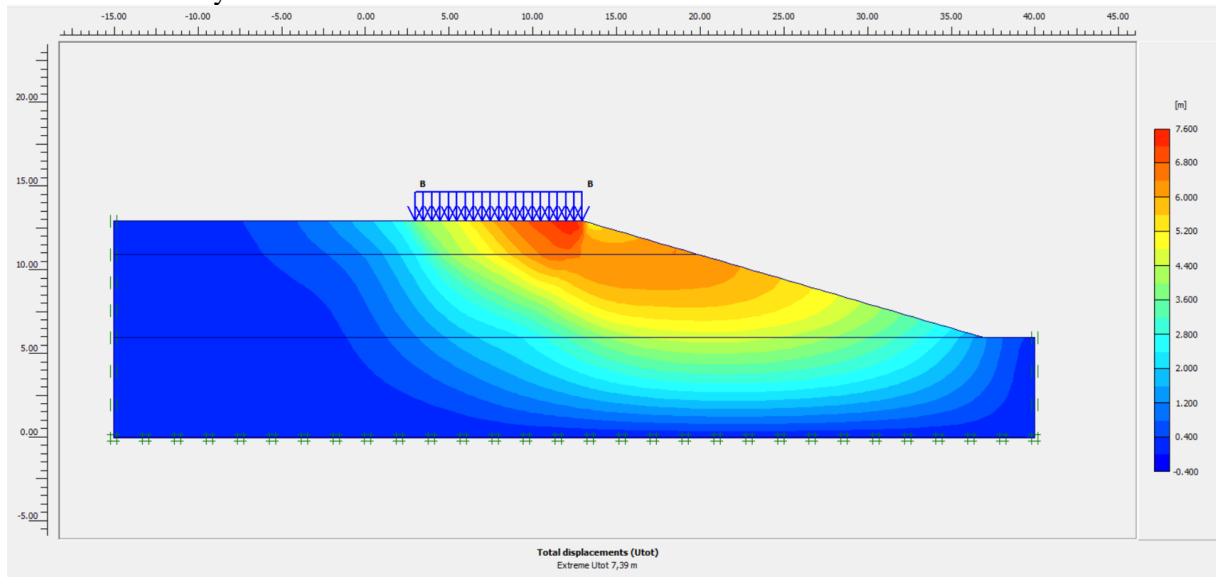
c. Perhitungan Tegangan Awal



Gambar 5 Perhitungan Tegangan Awal
(Sumber : Hasil Analisis, Plaxis 8.6 ,2023)

d. Tahap Perhitungan

Pada situasi awal ini faktor keamanan lereng asli ialah 1,2364. Dengan angka keamanan $< 1,5$ sehingga situasi lereng diragukan keamanannya. sehingga dari itu dilakukan perkuatan lereng dengan rancangan yang pernah direncanakan. Selain itu, Keluaran dari plaxis merupakan angka deformasi . seterusnya merupakan gambar keluaran plaxis yang juga membuktikan lokasi titik dengan angka deformasi terbanyak.



Gambar 6 Perpindahan Total
(Sumber : Hasil Analisis, Plaxis 8.6 ,2023)

3. Dimensi *Sheet Pile*

Analisis penentuan dimensi Sheet pile yang digunakan yaitu menggunakan sheet pile profil U WRU23 dengan kedalaman penetrasi sheet pile 6,5 meter dan Panjang turap yang digunakan yaitu 13 meter. Berikut adalah table profil WRU23

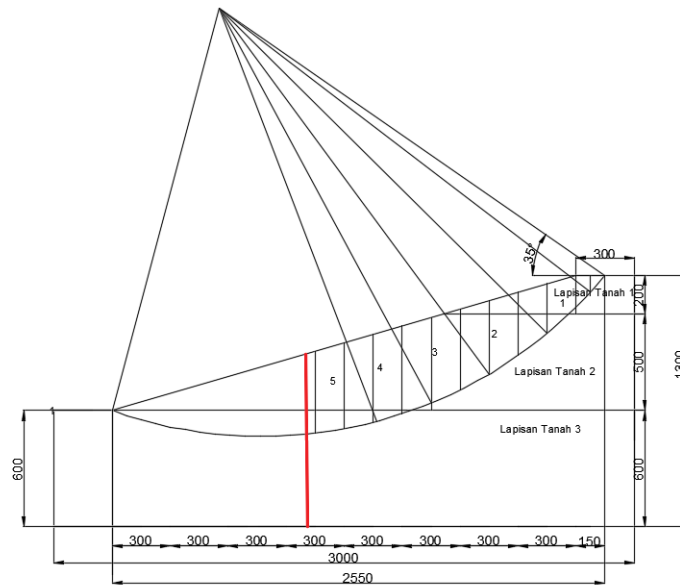
Tabel 2 Profil U

| Type | Width | Height | Back-thickness | Sectional area | Weight per pile | Weight per wall | Moment of Inertia | Modulus of Section |
|-------|-------|--------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-------------------|--------------------|
| | b | h | t | | | | | |
| | mm | mm | mm | | | | | |
| WRU23 | 650 | 540 | 9 | 169,4 | 87,3 | 133 | 61084 | 2318 |

(Sumber : Brosur, 2023)

4. Perhitungan *safety factor* manual menggunakan kekuatan *sheet pile*

Analisa hitungan manual guna kestabilan lereng Sheet Pile dipakai irisan Fellenius. Dimana prosedur itu bersumber pada kawasan potensial keruntuhan. Untuk perkiraan bisa ditinjau pada penjelasan dibawah ini pada gambar 10



Gambar 7 Irisan Daerah Potensi Keruntuhan
(Sumber : Data analisis, Autocad,2023)

Berlandaskan pada gambar tersebut dapat diketahui panjang , luas serta sudut pada masing – masing irisan yang akan digunakan sebagai dasar perincian angka keamanan pada metode Fellenius.

Tabel 3 Data Irisan

| No | W1 = $\gamma \times b \times h$ (kN) | W2 = $\gamma \times b \times h$ (kN) | Wtot = W1 + W2 (kN) | α (°) | Radian (α) | Sin (Rad) | Cos (Rad) | Wt \times Sin (α) (kN) | Wt \times Cos (α) (kN) |
|-------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------|--------------|---------------------|-----------|-----------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 1 | 53,41 | 38,52 | 91,93 | 53 | 0,92 | 0,79 | 0,60 | 72,63 | 55,16 |
| 2 | 32,64 | 167,94 | 200,58 | 45 | 0,79 | 0,71 | 0,70 | 142,41 | 140,41 |
| 3 | 0,00 | 238,68 | 238,68 | 36 | 0,63 | 0,58 | 0,80 | 138,43 | 190,94 |
| 4 | 0,00 | 196,16 | 196,16 | 28 | 0,49 | 0,47 | 0,88 | 92,19 | 172,62 |
| 5 | 0,00 | 161,38 | 161,38 | 21 | 0,37 | 0,36 | 0,93 | 58,10 | 150,09 |
| Total | 86,05 | 802,68 | 888,74 | | | | | 503,77 | 709,22 |

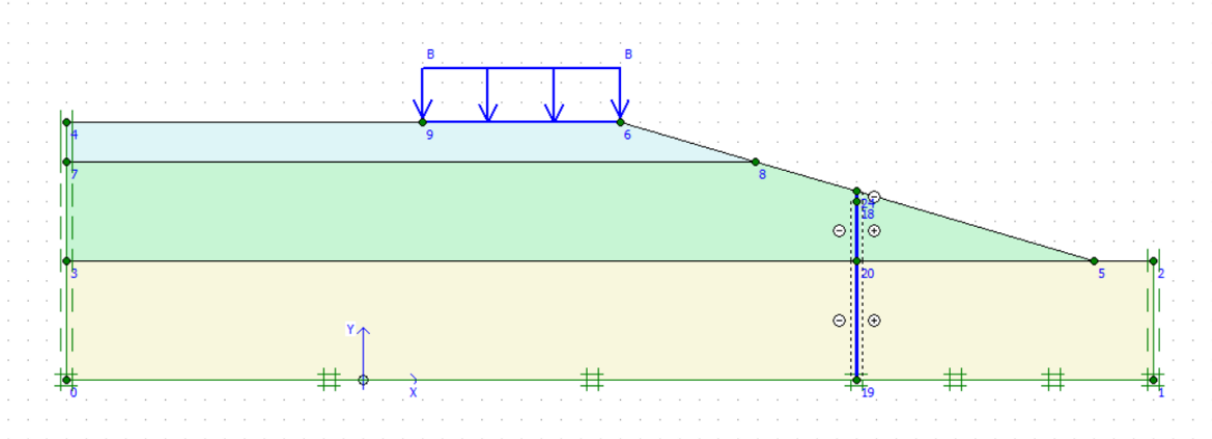
(Sumber : Penulis,2023)

Berdasarkan uraian tabel diatas maka hasil perhitungan nilai SF irisan total sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 SF &= \frac{(c \times L) + (Wt \cdot \cos \cdot \tan \theta)}{(Wt \sin) + \text{Beban}} \\
 &= \frac{342,42 + 709,22}{669,38 + 26,24} \\
 &= 1,982 \text{ (Aman)}
 \end{aligned}$$

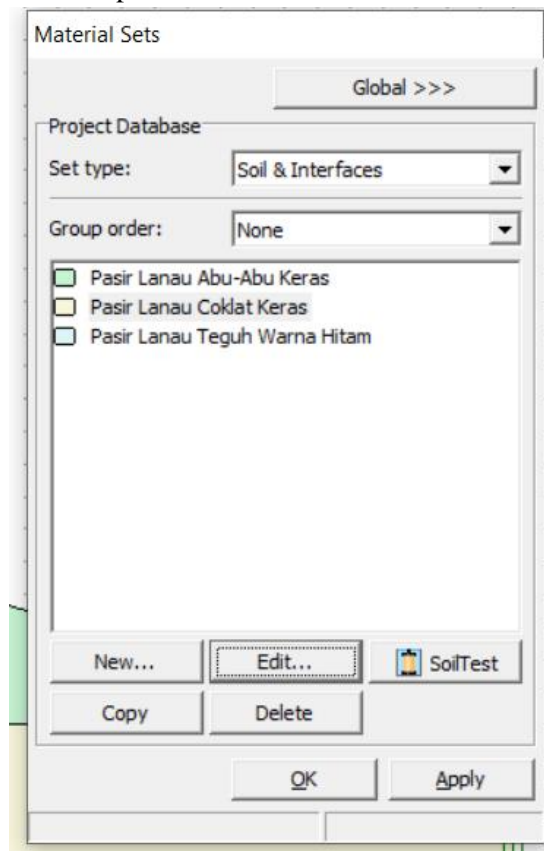
Dari perhitungan diatas didapatkan nilai SF sebesar 1,982 , Sesuai dengan SNI 8460:2017 geoteknik syarat angka keamanan untuk lereng tanah harus lebih besar dari 1,5. Sehingga dari perhitungan tersebut nilai SF sudah dapat dinyatakan aman.

- 5. Perhitungan *safety factor* menggunakan perkuatan *sheet pile* dengan bantuan *software Plaxis*
 - 1. Analisis lereng menggunakan *Software Plaxis*
 - a. Permodelan awal lereng



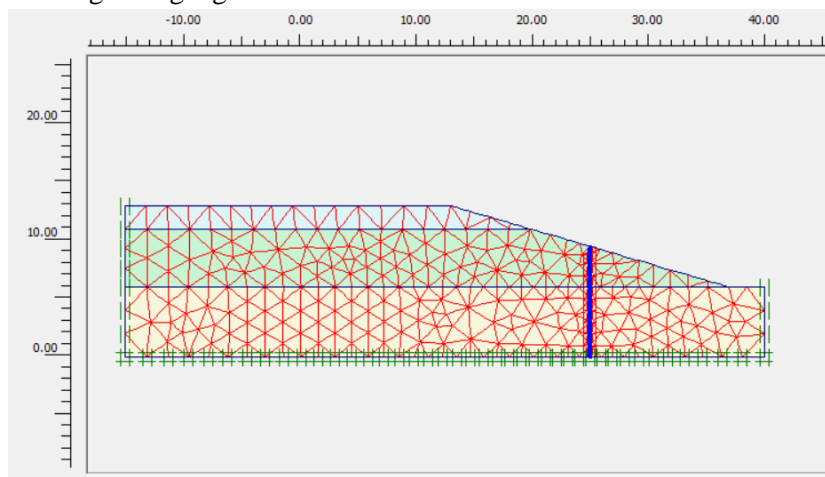
Gambar 8 Permodelan Lereng Input Plaxis
(Sumber : Hasil Analisis, Plaxis 8.6 ,2023)

b. Pengimputan material parameter tanah



Gambar 9 Input Data Material
(Sumber : Hasil Analisis, Plaxis 8.6 ,2023)

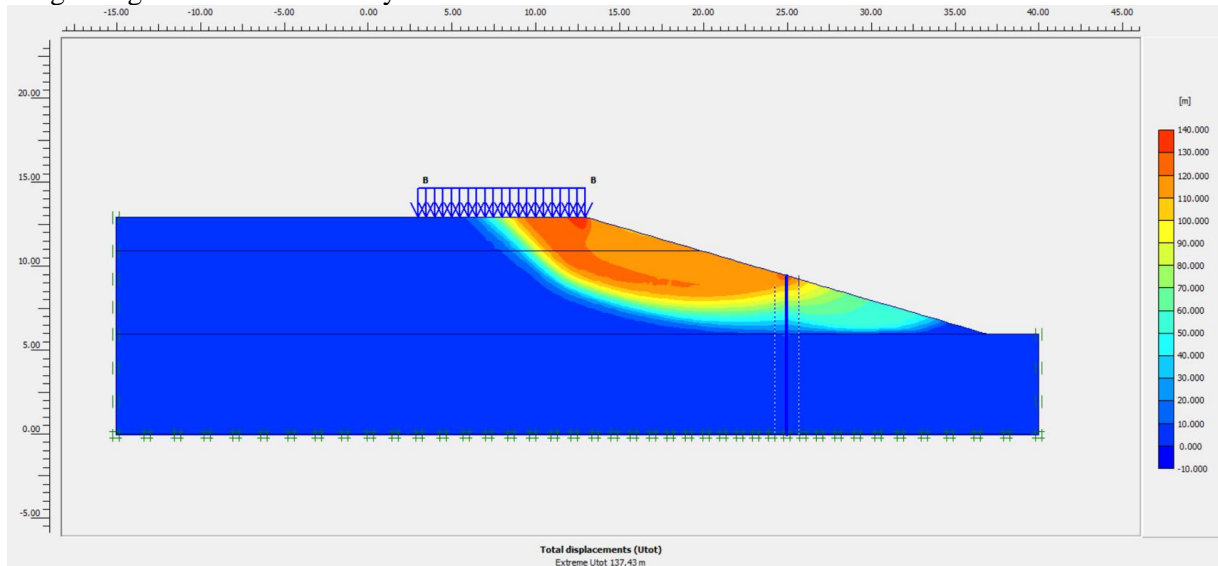
c. Perhitungan Tegangan Awal



Gambar 10 Perhitungan Tegangan Awal
(Sumber : Hasil Analisis, Plaxis 8.6 ,2023)

d. Tahap Perhitungan

Pada situasi awal ini faktor keamanan lereng asli ialah 1,6870. Dengan angka keamanan sudah lebih besar 1,5 sehingga situasi lereng dinyatakan aman.Selain itu, Keluaran dari plaxis merupakan angka deformasi . seterusnya merupakan gambar keluaran plaxis yang juga membuktikan lokasi titik dengan angka deformasi terbanyak.



Gambar 11 Perpindahan Total
(Sumber : Hasil Analisis, Plaxis 8.6 ,2023)

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian “PERENCANAAN PERKUATAN LERENG MENGGUNAKAN *SHEET PILE* PADA AREA TERMINAL JEMBATAN KACA KAB.PROBOLINGGO” Sehingga didapat kesimpulan :

1. Analisis yang dilakukan dengan metode manual Fellenius pada lereng area terminal didapatkan nilai SF sebesar 1,04 sedangkan menggunakan bantuan software plaxis nilai SF sebesar 1,2364 Sesuai dengan SNI 8460:2017 geoteknik syarat angka keamanan untuk lereng tanah harus lebih besar dari 1,5. Sehingga dari hasil perhitungan SF tersebut dapat dinyatakan tidak aman maka diperlukan perkuatan.
2. Hasil analisis perkuatan manual metode *fellenius* pada area terminal didapatkan nilai SF sebesar 1,982 , sedangkan nilai SF menggunakan bantuan software plaxis sebesar 1,6870 setelah diberi perkuatan Sesuai dengan SNI 8460:2017 geoteknik syarat angka keamanan untuk lereng tanah harus lebih besar dari 1,5. Sehingga dari perhitungan tersebut nilai SF sudah dinyatakan aman.

Referensi

- [1] K. R. KOTA, “Analisis Pembuatan Dinding Penahan Tanah Pada Lereng Jalan Raya Ende–Nangapanda Kab. Ende,” ... *J. Penelit. Tek. ...*, 2017, [Online]. Available: <https://publikasi.unitri.ac.id/index.php/teknik/article/view/594>
 - [2] M. D. Ichsani, A. Syah, and A. Zakaria, “Analisis Stabilitas Lereng dan Penanggulangannya Menggunakan Metode Elemen Hingga (Studi Kasus : CitraLand Bandar Lampung -C10),” vol. 10, no. 2, pp. 307–320, 2022.
 - [3] M. S. Setiyani, “ANALISIS STABILITAS LERENG PADA VILLA TOROK AIK BELEQ DENGAN SIMULASI NUMERIS DESA MONTONG AJAN KECAMATAN PRAYA BARAT DAYA KABUPATEN LOMBOK TENGAH,” pp. 1–9, 2020.
 - [4] Laily Endah Fatmawati.(2022) Perbaikan Alternatif Longsoran Dengan Metode Preloading Di Jalan Lingkar Tuban
-