

ANALISA GEOTEKNIK DAN PENANGGULANGAN KELONGSORAN TANGGUL SUNGAI BANJIR KANAL BARAT SEMARANG

M Afrol Harison, Syarifudin Adi Saputro, Sri Prabandiyani R.W, Siti Hardiyati

Abstrak

Tugas Akhir ini berisi tentang analisa geoteknik dan penganggulagan kelongsoran Tanggul Sungai Banjir Kanal Barat Semarang. Kondisi tanah yang labil mengakibatkan lereng atau tanggul sungai terjadi longsor, salah satu lereng yang merupakan lereng rawan longsor berada di lokasi WF-80 dan WF-91.

Tugas Akhir ini meliputi kondisi dimana terjadi pergerakan tanah pada lereng diakibatkan tidak stabilnya lereng, perhitungan manual stabilitas lereng dengan menggunakan metode *Fellinius*. Simulasi kelongsoran dilaksanakan dengan cara membuat model stratigrafi lereng sesuai dengan kondisi lapangan. Penentuan jenis lapisan tanah berdasarkan data nilai SPT yang ada.

Analisis geoteknik menggunakan *software finite element* Plaxis. Model elastis plastis dan kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb dipilih sebagai model tanah. Analisis menunjukkan bahwa penanggulangan paling optimum kelongsoran ini adalah menggunakan perkuatan dinding penahan tanah (DPT) dan memasang grup *bored pile* dengan diameter 0,6 meter yang dimodelkan dengan elemen *elastic-plastic beam*. Dengan menggunakan kombinasi DPT + perkuatan *bored pile*, faktor keamanan lereng minimum menjadi 1,363 untuk WF-80 dan faktor keamanan lereng sebesar 1,541 untuk WF-91.

Kata kunci : longsoran, stabilitas lereng, *Fellinius*, *Plaxis*, dinding penahan tanah, *bored pile*.

Abstract

This undergraduate thesis is about the landslide Geotechnical Analysis and Landslide Handling on the Slope of West Flood Canal – Semarang. Labile land condition result the slope happened slide, one of the slope is gristle slide there are at WF 80 and WF 91.

This undergraduate thesis involves conditions which the motions of the soil on the slope because of slope instability, manual calculation slope stability with Fellenius methods. Landslide simulation was carried out by making a model of slope stratigraphy in accordance with field conditions. Determination of soil types was conducted based on SPT values.

Geotechnical analysis using Plaxis finite element software. Plastic and elastic model of Mohr-Coulomb failure criterion was chosen as a model soil. Analysis showed that the most optimum treatment is install retaining wall and group of bored pile with a diameter 0,6 meter which is modeled with elastic-plastic beam elements. By using retaining wall + bored pile reinforcement, minimum slope safety factor beincreased and reached 1,363 for WF-80 and safety factor beincreased and reached 1,541 for WF-91.

Keyword : landslide, slope stability, Fellenius, Plaxis, retaining wall, bored pile construction.

1. Pendahuluan

Sungai Banjir Kanal Barat dengan panjang 192,6 km merupakan salah satu sungai di wilayah Semarang yang bagian hulunya berada di wilayah Gunung Ungaran dan hilirnya bermuara di Laut Jawa dengan *catchment area* (area tangkapan) sekitar 20532 ha. Adapun daerah tangkapan sungai yaitu berasal dari Sungai Kreo Sungai Kripik dan Sungai Garang Hulu. Kondisi tanah yang labil mengakibatkan lereng atau tanggul sungai terjadi longsor, salah satu lereng yang merupakan lereng rawan longsor terdapat pada bagian kiri lereng arah hilir di titik WF 80R dan WF 90R yang berlokasi di Kelurahan Sampangan Kecamatan Semarang Barat Kota Semarang. Maka untuk mengatasi kelongsoran tersebut dapat dilakukan dengan cara melaksanakan *treatment*/mengatasi kelongsoran yang meliputi *bored pile*, dan dinding penahan tanah.

2. Stabilitas Lereng

2.1. Teori Analisa Stabilitas Lereng

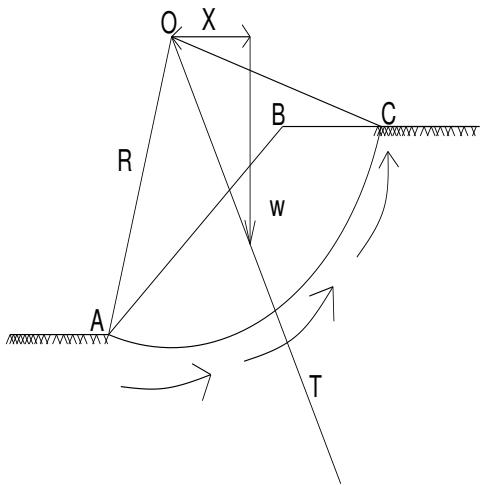
Analisa stabilitas lereng meliputi konsep kemantapan lereng yaitu penerapan pengetahuan mengenai kekuatan geser tanah. Keruntuhan geser pada tanah dapat terjadi akibat gerak relatif antar butirnya. Karena itu kekuatannya tergantung pada gaya yang bekerja antar butirnya, sehingga dapat disimpulkan bahwa kekuatan geser terdiri atas:

1. Bagian yang bersifat kohesif, tergantung pada macam tanah dan ikatan butirnya.
 2. Bagian yang bersifat gesekan, yang sebanding dengan tegangan efektif yang bekerja pada bidang geser.

Dalam menganalisa stabilitas lereng harus ditentukan terlebih dahulu faktor keamanan (FK) dari lereng tersebut. Secara umum faktor keamanan didefinisikan sebagai perbandingan antara gaya penahan dan gaya penggerak longsoran (persamaan 2.1)

Analisa kestabilan lereng dapat dihitung dengan menghitung momen penahan dan momen penggerak pada lingkaran longsoran.

Pada Gambar 2.1 di bawah ini menjelaskan bahwa gaya geser sepanjang bidang gelincir akan berlawanan arah dengan arah gerak massa tanah, sehingga diperoleh persamaan 2.2. di bawah ini:



Gambar 2.1. Mekanika pada sebuah bidang longsoran rotasi

Keterangan:

R : jari-jari lingkaran kelongsoran

T : jumlah gaya geser dari bidang longsoran

X : jarak titik berat massa ke titik pusat lingkaran

w : berat massa di atas lingkaran longsoran

2.2. Metode Fellenius

Analisa stabilitas lereng dengan cara Fellenius (1927) menganggap gaya-gaya yang bekerja pada sisi kanan kiri dari sembarang irisan mempunyai resultan nol pada arah tegak lurus bidang longsornya. Dengan anggapan ini keseimbangan arah vertikal dan gaya-gaya yang bekerja dengan memperhatikan tekanan air pori adalah:

$$N_i + U_i = W_i \cos \theta_i$$

Atau

$$N_i = W_i \cos \theta_i - U_i$$

$$= W_i \cos \theta I - u_i a_i$$

Faktor aman didefinisikan pada persamaan 2.3 sebagai berikut:

$$F = \frac{\text{Jumlah Momen dari Tahanan Geser Sepanjang Bidang Longsor}}{\text{Jumlah Momen dari Berat Massa Tanah yang Longsor}} = \frac{\sum Mr}{\sum Md} \quad \dots \dots \dots (2.3)$$

Lengan momen dari berat massa tanah tiap irisan adalah $R \sin \theta$, maka (lihat Persamaan 2.4).

Dimana :

R = Jari-jari bidang longsor

N = Jumlah irisan

Wi = Berat massa tanah irisan ke-I

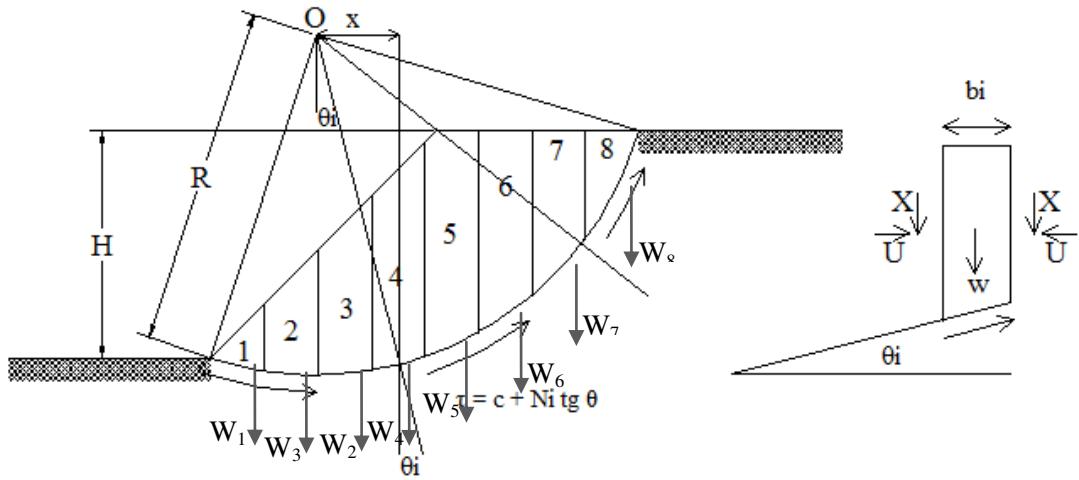
θ_i = Sudut yang didefinisikan pada gambar di atas

Dengan cara yang sama, momen yang menahan tanah akan longsor adalah (lihat Persamaan 2.5).

Karena itu, faktor keamanannya menjadi (lihat Persamaan 2.6).

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (ca_i + Nit \tan \phi)}{\sum_{i=1}^{i=n} Wi \sin \phi_i} \quad \dots \dots \dots \quad (2.6)$$

Gaya-gaya dan asumsi bidang pada tiap pias bidang longsor seperti terdapat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Gaya Bidang Longsor Pada Tiap Pias Bidang Longsor

Bila terdapat air pada lerengnya, tekanan air pori pada bidang longsor tidak berpengaruh pada M_d , karena resultan gaya akibat tekanan air pori lewat titik pusat lingkaran (*Das, Braja M. 1998*). Substitusi antara persamaan yang sudah ada sesuai dengan persamaan 2.7. di bawah ini:

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n (ca_i + (Wi \cdot \cos \theta_i - u_i) \tan \phi)}{\sum_{i=1}^n Wi \cdot \sin \theta_i} \quad \dots \dots \dots (2.7)$$

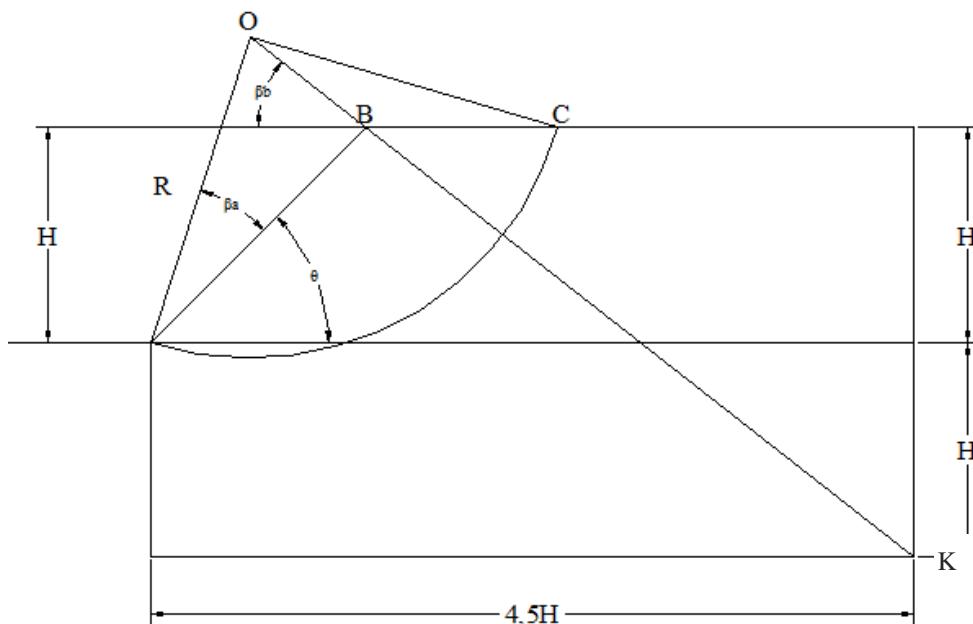
Dimana :

- F = Faktor keamanan
- c = Kohesi tanah
- ϕ = Sudut geser dalam tanah
- a_i = panjang bagian lingkaran pada irisan ke-i
- W_i = Berat irisan tanah ke-i
- U_i = Tekanan air pori pada irisan ke-i
- θ_i = Sudut yang didefinisikan pada gambar

• Menentukan Lokasi Titik Pusat Bidang Longsor

Untuk memudahkan cara *trial and error* terhadap stabilitas lereng maka titik-titik pusat bidang longsor yang berupa busur lingkaran harus ditentukan dahulu melalui suatu pendekatan seperti Gambar 2.3. Sedangkan untuk menentukan titik-titik O_1 ,

O_2, O_3, \dots, O_n lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.4. Fellenius memberikan sudut-sudut petunjuk untuk menentukan lokasi titik pusat busur longsor kritis yang melalui tumit suatu lereng pada tanah kohesif (c -soil) seperti pada Tabel 2.1.



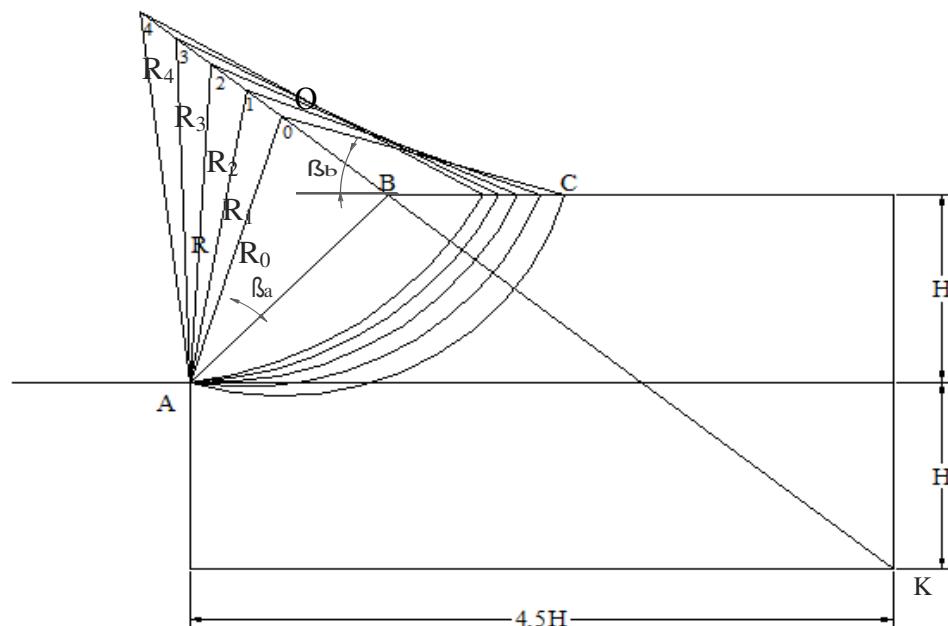
Gambar 2.3. Lokasi Pusat Busur Longsor Kritis Pada Tanah Kohesif

Tabel 2.1. Sudut-sudut petunjuk menurut Fellenius

Lereng 1 : n	Sudut Lereng (°)	Sudut-sudut petunjuk	
		β_a	β_b
$\sqrt{3} : 1$	60°	$\sim 29^\circ$	$\sim 40^\circ$
1 : 1	45°	$\sim 28^\circ$	$\sim 38^\circ$
1 : 1,5	33° 41'	$\sim 26^\circ$	$\sim 35^\circ$
1 : 2	25° 34'	$\sim 25^\circ$	$\sim 35^\circ$
1 : 3	18° 26'	$\sim 25^\circ$	$\sim 35^\circ$
1 : 5	11° 19'	$\sim 25^\circ$	$\sim 37^\circ$

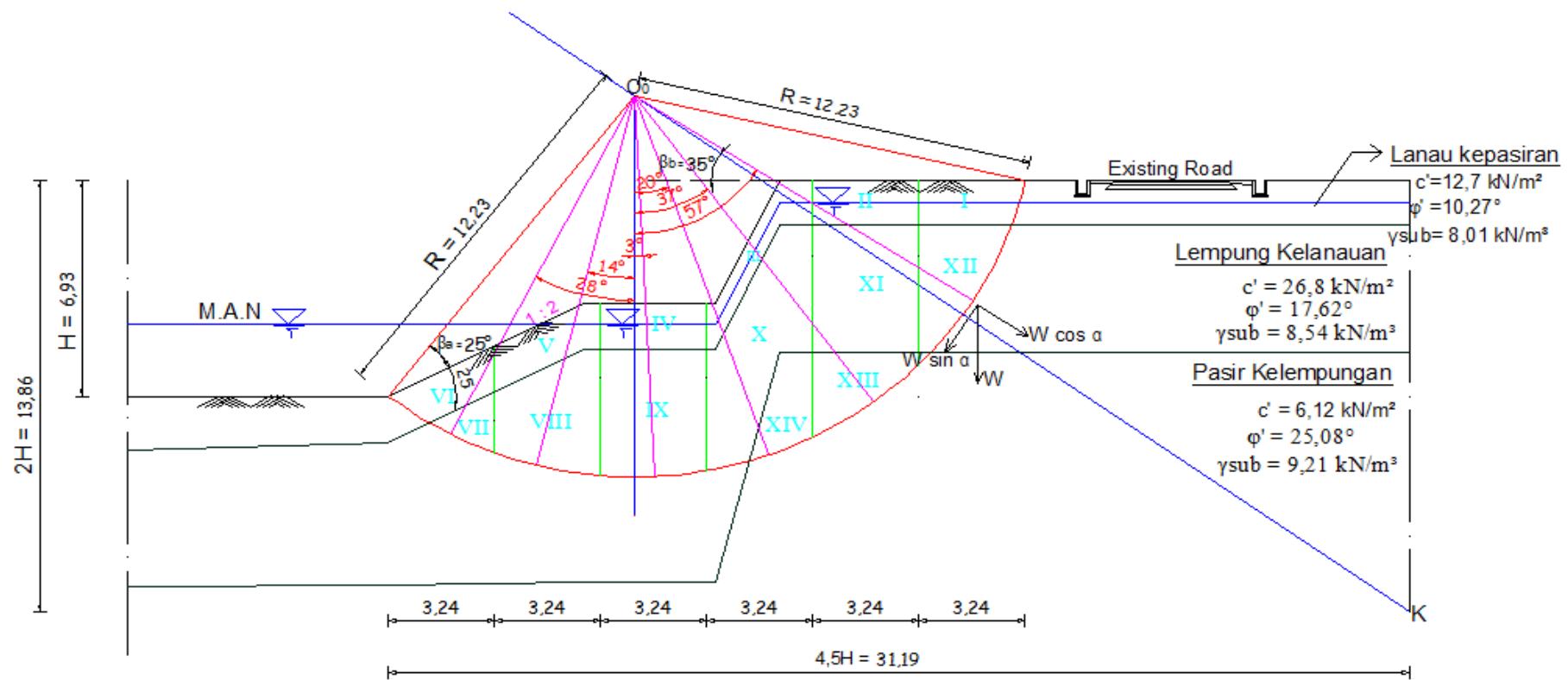
Pada tanah $\emptyset - c$ untuk menentukan letak titik pusat busur lingkaran sebagai bidang longsor yang melalui tumit lereng dilakukan secara coba-coba dimulai dengan

bantuan sudut-sudut petunjuk Fellenius untuk tanah kohesif ($\phi = 0$). Grafik Fellenius menunjukkan bahwa dengan meningkatnya nilai sudut geser (ϕ) maka titik pusat longsor akan bergerak naik dari O_o yang merupakan titik pusat busur longsor tanah c ($\phi=0$) sepanjang garis O_o-K yaitu $O_1, O_2, O_3, \dots, O_n$. Titik K merupakan koordinat pendekatan dimana $X = 4,5H$ dan $Y = 2H$, dan pada sepanjang garis O_o-K inilah diperkirakan terletak titik pusat bidang longsor. Dan dari busur longsor tersebut dianalisa masing-masing angka keamanannya untuk memperoleh nilai FK (*Safety Factor*) yang paling minimum sebagai indikasi bidang longsor kritis, untuk lebih jelasnya lihat Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Posisi Titik Pusat Busur Longsor Pada Garis Oo-K

contoh analisa kelongsoran metode Fellenius dapat dilihat pada Gambar 2.5. di bawah ini:



Gambar 2.5. Cara Trial Error akibat berat sendiri dengan $R = 12,23$ meter

Tabel 2.2. menjelaskan perhitungan manual cara Trial Error akibat berat sendiri, dengan R = 12,23 meter sebagai berikut :

Tabel 2.2. Perhitungan Cara Trial Error akibat berat sendiri, R = 12,23 m

SEGMENT	Lempung Kepasiran						Lempung						Pasir		Keterangan
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	Jumlah
Luas (m ²) (A)	4,260	2,270	4,666	4,864	4,864	3,915	1,916	10,041	12,877	14,669	13,296	6,602	4,983	4,423	
Berat W (kN)	34,123	18,183	37,375	38,961	38,961	31,359	16,363	85,750	109,970	125,273	113,548	56,381	45,893	40,736	
$\alpha (^{\circ})$	57	37	20	3	14	28	28	14	3	20	37	57	37	20	
$W \cos \alpha$	18,584	14,521	35,121	38,907	37,803	27,688	14,447	83,203	109,819	117,718	90,683	30,707	36,652	38,279	694,135
$W \sin \alpha$	28,618	10,943	12,783	2,039	9,425	14,722	7,682	20,745	5,755	42,846	68,335	47,285	27,619	13,932	473,610
Gaya Akibat Tekanan Air Pori (Ui)	10,450	28,400	27,280	25,600	27,280	29,040	98,460	170,410	180,230	242,560	267,870	240,770	263,490	160,510	
$W \cos \alpha \cdot \tan \theta'$	3,367	2,631	6,364	7,050	6,850	5,017	4,589	26,426	34,879	37,388	28,801	9,753	17,154	17,915	208,181
$(W \cos \alpha - U_i) \tan \theta'$	1,474	-2,515	1,421	2,411	1,907	-0,245	-26,683	-27,697	-22,363	-39,650	-56,275	-66,717	-106,162	-57,205	-398,299
Panjang Garis Longsor L (m)	1,490	4,050	3,410	3,200	3,410	3,630	3,230	3,110	3,135	3,210	3,750	5,230	4,050	2,130	
$C' * L$	18,923	51,435	43,307	40,640	43,307	46,101	86,564	83,348	84,018	86,028	100,500	140,164	24,786	13,036	862,157

$$FK \text{ akibat air pada lereng} = (\sum C' * L + \sum (W \cos \alpha - U_i) \tan \theta') / \sum W \sin \alpha = 0,98$$

Contoh perhitungan manual cara Trial Error WF-80, R=12,23 untuk salah satu pias (Pias I)

- $A = (2,84 \times 1,4) + (0,5 \times 0,41 \times 1,4) = 4,260 \text{ m}^2$
- $W = A \times \gamma_{\text{sub}} \times \text{panjang per 1 meter} = 4,260 \times 8,01 \times 1 = 34,123 \text{ kN}$
- Ordinat tekanan air pori diukur = 0,7 m
- Tekanan air pori (U_i) = $0,7 \times 1 \text{ t/m}^3 = 0,7 \text{ t/m}^3$; $L = \frac{\theta}{360} 2\pi R = \frac{7}{360} 2 \times 3,14 \times 12,23 = 1,49 \text{ m}$
- $U_i = \text{tekanan air pori } (U_i) \times \text{panjang garis longsor } (L) = 0,7 \times 1,49 = 1,045 \text{ t/m}^2 = 10,45 \text{ kN/m}^2$

2.3. Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah merupakan salah satu konsep perkuatan tanah yang banyak digunakan dalam pekerjaan rekayasa sipil. Dinding penahan tanah merupakan dinding yang digunakan untuk menahan beban tanah secara vertikal ataupun terhadap kemiringan tertentu. Dinding-dinding penahan adalah konstruksi yang digunakan untuk memberikan stabilitas tanah atau bahan lain yang kondisi massa bahannya tidak memiliki kemiringan alami, dan juga digunakan untuk menahan atau menopang timbunan tanah.

2.3.1 Stabilitas Dinding Penahan Tanah

a. Stabilitas terhadap Penggeseran

Gaya-gaya yang menggeser dinding penahan tanah akan ditahan oleh:

1. Gesekan antara tanah dengan dasar pondasi
 2. Tekanan tanah pasif bila di depan dinding penahan terdapat tanah timbunan.

Faktor aman terhadap penggeseran didefinisikan sebagai berikut (persamaan 2.8):

Dimana:

ΣRh = tahanan dinding penahan tanah terhadap penggeseran

ΣPh = jumlah gaya-gaya horizontal (kN)

b. Stabilitas terhadap Penggulingan

Tekanan tanah lateral yang diakibatkan oleh tanah urug di belakang dinding penahan, cenderung menggulingkan dinding dengan pusat rotasi pada ujung kaki depan pelat pondasi. Momen penggulingan ini dilawan oleh momen akibat berat sendiri dinding penahan dan momen akibat berat tanah di atas pelat pondasi.

Faktor aman terhadap penggulingan didefinisikan sebagai berikut (persamaan 2.9):

Dimana:

ΣM_w = momen yang melawan penggulingan (kNm)

ΣM_{gl} = momen yang mengakibatkan penggulingan (kNm)

2.4. Konstruksi Bored Pile

2.4.1. Perhitungan Beban-beban yang Bekerja Pada *Bored Pile*

Beban beban yang bekerja pada bored pile meliputi :

- a. Beban atau berat sendiri *bored pile*:
 - b. Beban atau berat Dinding Penahan Tanah per meter

2.4.2. Kontrol *Bored Pile* Terhadap Daya Dukung Tanah:

- a. Daya dukung *bored pile* tunggal untuk WF-80

Metode Skempton (1966) seperti pada persamaan 2.10 berikut ini :

Dimana:

Q_{ult} = Daya Dukung Tiang Maksimum (*ultimate*) pada *bored pile*

Q_b = Tahanan ujung ultimit (kN)

Q_s = Tahanan gesek ultimit (kN)

$$Q_b = \mu \cdot A_b \cdot N_c \cdot c_b$$

Ab = Luas Penampang tiang

μ = faktor koreksi, dengan $\mu = 0,8$ untuk $d < 1\text{m}$ dan $\mu = 0,75$ untuk $d > 1\text{m}$

N_c = faktor kapasitas dukung menurut Skempton = 9

cb = kohesi tanah di bawah ujung tiang

- b. Kontrol jumlah tiang per meter dapat dilihat pada persamaan 2.11. berikut ini:

- c. Daya dukung *bored pile* dalam group dapat dilihat pada persamaan 2.12. berikut ini:

Dimana:

Q = kapasitas daya dukung *bored pile* maksimum dalam group

Q_{ult} = kapasitas daya dukung *bored pile* maksimum satu tiang (tunggal)

n = banyak *bored pile* dalam group

E = effisien group tiang dapat dilihat pada persamaan 2.13. di bawah ini:

m = banyaknya deretan piles

n = banyaknya piles dalam 1 deret

$$\theta = \text{arc tg} \frac{d}{s} \text{ (dalam derajat)}$$

s = *center to center spacing* (jarak pusat ke pusat piles)

d. Pengecekan beban terhadap jumlah tiang yang dipasang per meter

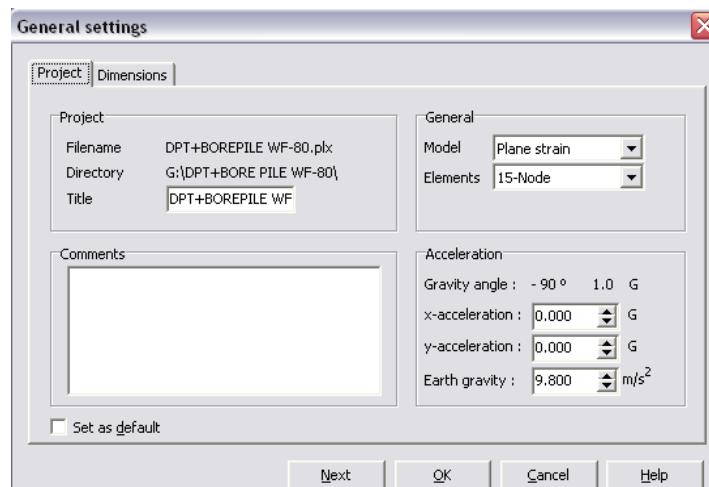
P yang menahan > P yang bekerja

2.5. Analisa Menggunakan *Software Plaxis* versi. 8.2.

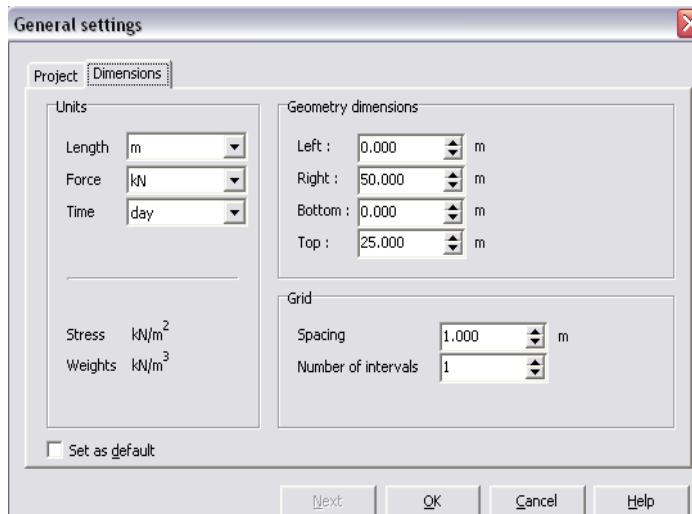
Adapun langkah-langkah analisa kelongsoran menggunakan program *Plaxis* V8.2 adalah sebagai berikut :

1. *Plaxis Input* V8.2

Membuat file baru dengan cara meng-klik File – New, kemudian mengisi menu *General Setting Project* seperti pada Gambar 2.6 dan *Dimensions* pada Gambar 2.7. di bawah ini

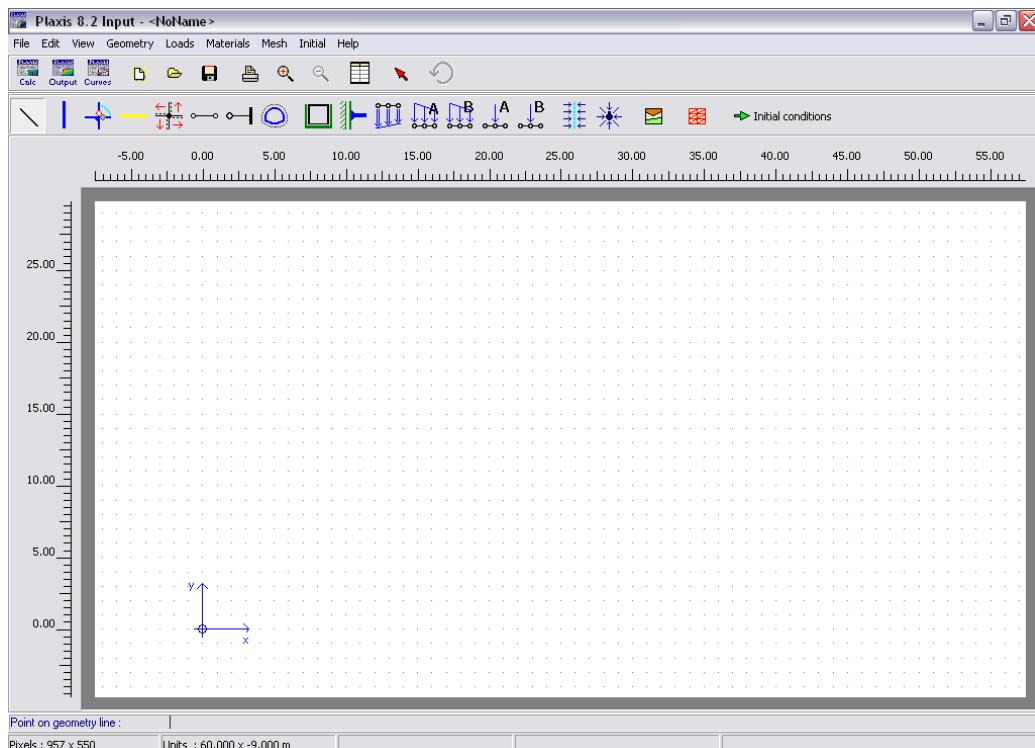


Gambar 2.6. General Setting – Project



Gambar 2.7. General Setting – Dimensions

Apabila tahap pengisian *General settings* telah selesai maka bidang gambar akan muncul dengan sumbu *x* dan *y*. Sumbu *x* menuju arah kanan (horisontal) dan sumbu *y* ke arah atas (vertikal). Untuk membuat objek gambar dapat dipilih dari tombol ikon pada *toolbar* atau dari menu *Geometry* seperti terlihat pada Gambar 2.8. di bawah ini:



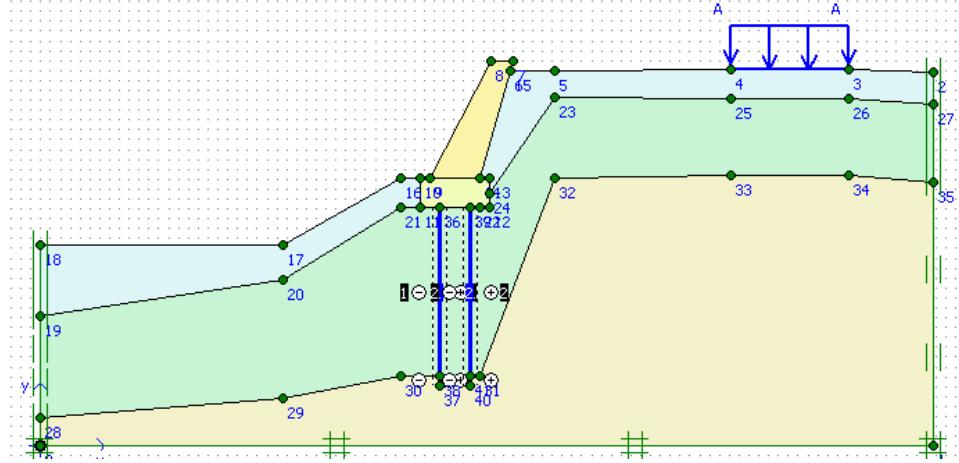
Gambar 2.8. Tampilan Plaxis Versi 8.2.

Untuk membuat geometri lereng (*Geometry Countur*) diperlukan dengan meng-*input* atau memasukan titik koordinat sesuai model lereng seperti pada Tabel 2.3. berikut ini :

Tabel 2.3. Input Koordinat pada *Plaxis V8.2 WF-80*

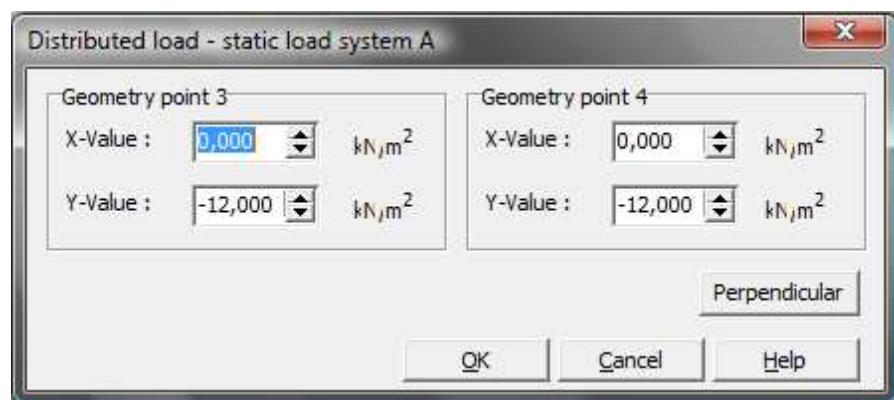
Point	X	Y	Point	X	Y
0	0	0	22	22,31	12,06
1	45,40	0	23	26,11	17,65
2	45,40	18,93	24	22,64	12,56
3	41,06	19,06	25	22,81	12,79
4	35,06	19,06	26	35,06	17,60
5	26,11	19,02	27	41,06	17,60
6	23,85	19,02	28	45,40	17,28
7	23,99	19,50	29	0	1,41
8	22,90	19,50	30	12,31	2,45
9	19,81	13,56	31	18,31	3,56
10	19,31	13,56	32	22,31	3,56
11	19,31	12,56	33	26,11	13,55
12	22,81	12,56	34	35,06	13,69
13	22,81	13,56	35	41,06	13,69
14	22,31	13,56	36	45,40	13,35
15	23,85	19,02	37	20,31	12,56
16	18,31	13,56	38	20,31	3,56
17	12,31	10,2	39	20,31	12,06
18	0	10,20	40	21,81	12,56
19	0	6,59	41	21,81	3,56
20	12,31	8,41	42	21,81	12,06
21	18,31	12,06			

Tampilan model geometri lereng WF-80 dapat dilihat pada Gambar 2.9. di bawah ini:



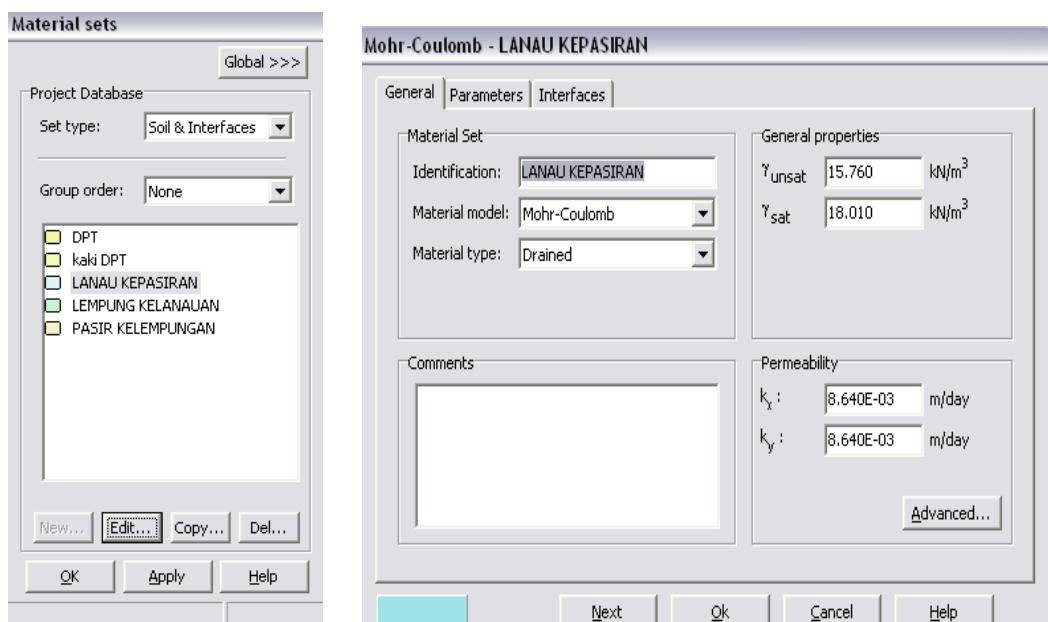
Gambar 2.9. Model Geometri Lereng WF-80

Untuk beban lalu lintas dimodelkan sebagai beban merata dalam *Plaxis V8 .2* disebut sebagai *tractions* . Besarnya beban adalah sebesar 12 kN/m^2 sesuai dengan kelas jalan yaitu jalan kelas II (Panduan Geoteknik 4). Pada *plaxis*, tanda negatif (-) menandakan arah gaya ke bawah. Sehingga besarnya *tractions* adalah -12 kN/m^2 yang bekerja pada sumbu y sedangkan pada sumbu x tidak ada gaya yang bekerja (Nol). Kemudian meng-klik ganda pada posisi beban tersebut maka akan muncul kotak dialog, dipilih *Load System (A)* dan mengisi besarnya beban yang bekerja pada posisi tersebut seperti pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10. Beban Lalu Lintas

Material lapisan tanah yang dimodelkan kemudian didefinisikan propertisnya dengan meng-klik toolbar *Material Sets*  . Kemudian melakukan *drag data set* tiap lapisan dari jendela *Material Sets* ke area lapisan tanah yang diikuti oleh perubahan warna pada model geometri. Berikut ini salah satu tampilan *material sets* sesuai Gambar 2.11 berikut ini:



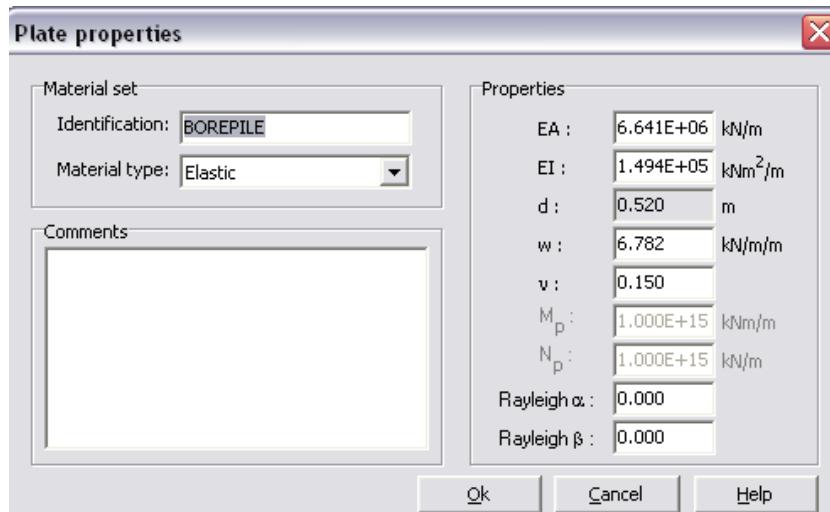
Gambar 2.11. Properties Lapisan Tanah

Untuk properties DPT WF-80 dapat dilihat pada Tabel 2.4. seperti di bawah ini:

Tabel 2.4. Properties DPT WF-80

Jenis Perkuatan	Material Type	γ_{unsat} (kN/m ³)
DPT	Non-Porous	20
Kaki DPT	Non-Porous	24

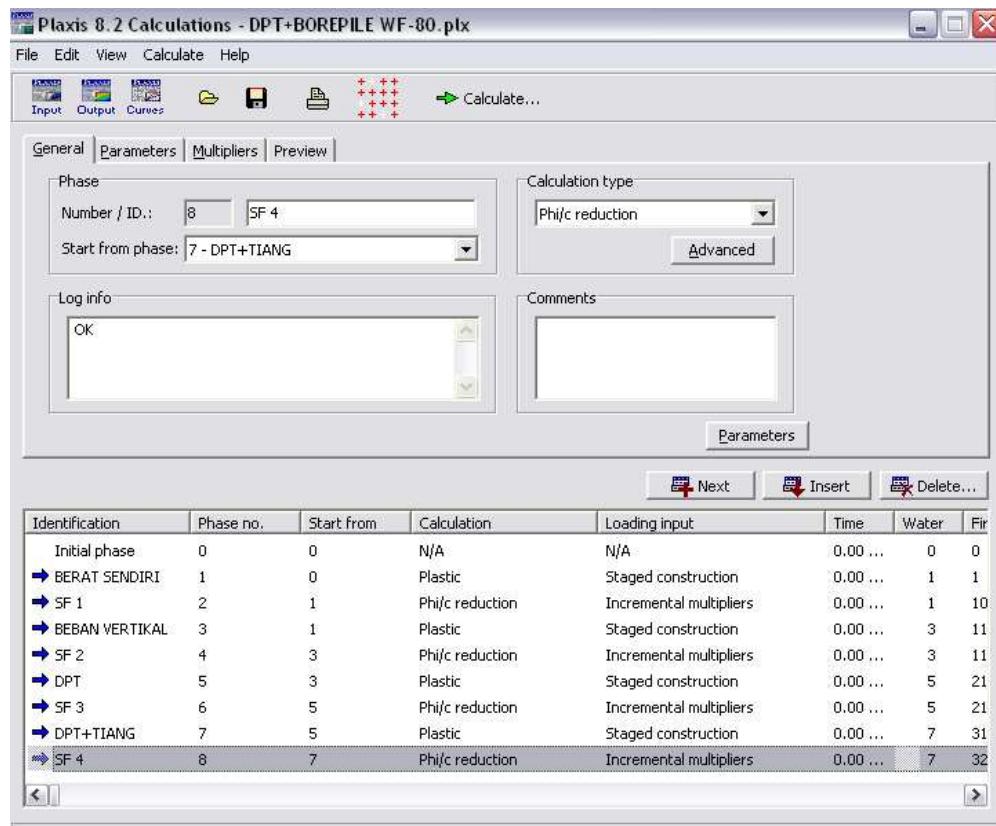
Untuk properties *bored pile* WF-80 dapat dilihat pada Gambar 2.12. seperti berikut ini:



Gambar 2.12. *Properties* untuk *Bored Pile WF-80*

2. *Plaxis Calculation V8.2*

Tahap-tahap perhitungan kalkulasi dapat dilihat pada Gambar 2.13. di bawah ini:



Gambar 2.13. Tahap-Tahap Perhitungan kalkulasi

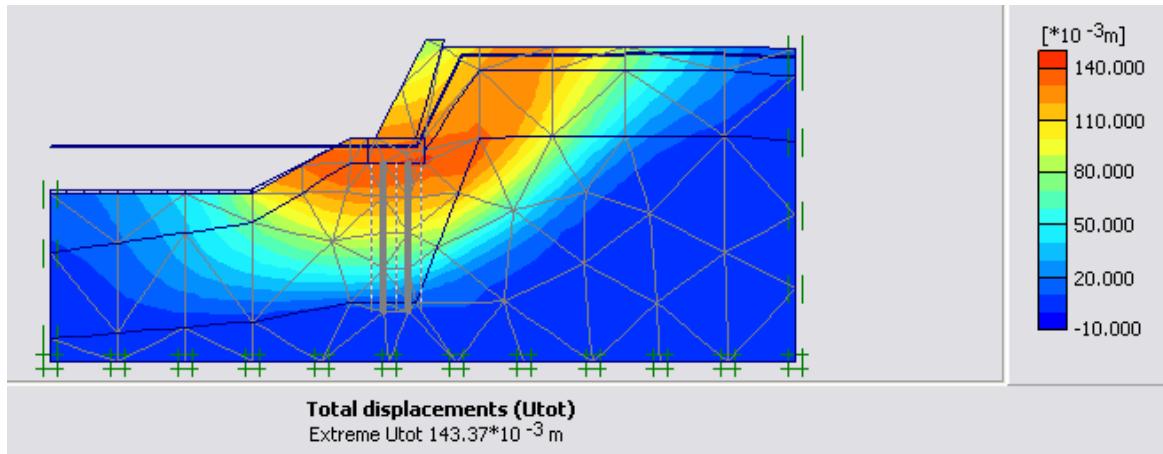
Tahap-tahap perhitungan (*calculation*) dibagi menjadi delapan tahap / *phase* yaitu :

- 1. Initial Phase**, merupakan default dari program (fase 0).
- 2. Tahap berat sendiri (*gravity loading*)**, yaitu *phase* dimana tegangan dan regangan awal akibat berat tanah sendiri dari model, dihitung (fase 1).
- 3. Tahap perhitungan faktor keamanan (SF)**, yaitu fase dimana kestabilan lereng akibat fase 1 dihitung (fase 2).
- 4. Tahap beban vertikal**, yaitu *phase* akibat berat sendiri struktur dan penambahan beban vertical, dihitung (fase 3).
- 5. Tahap perhitungan faktor keamanan (SF)**, yaitu fase dimana kestabilan lereng akibat fase 3 dihitung (fase 4).
- 6. Tahap DPT**, yaitu *phase* akibat berat sendiri struktur, penambahan beban vertikal dan pemasangan DPT, dihitung (fase 5).
- 7. Tahap perhitungan faktor keamanan (SF)**, yaitu fase dimana kestabilan lereng akibat fase 5 dihitung (fase 6).
- 8. Tahap DPT+Tiang**, yaitu *phase* akibat berat sendiri struktur, penambahan beban vertikal, pemasangan DPT dan Penambahan Tiang, dihitung (fase 7).
- 9. Tahap perhitungan faktor keamanan (SF)**, yaitu fase dimana kestabilan lereng akibat fase 7 dihitung (fase 8).

3. Plaxis Output V8.2

1. Tahap Berat Sendiri

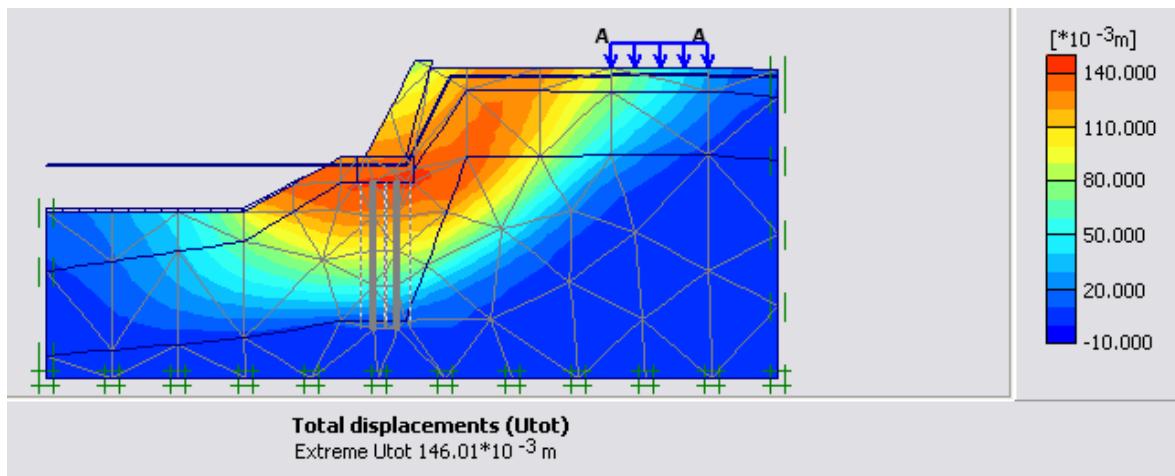
Pada tahap ini menunjukkan hasil bahwa dengan berat sendiri tanah, pada bagian tanggul sungai mengalami *displacements* sebesar 14,337 cm seperti pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14. *Displacements* akibat berat sendiri

2. Tahap Beban Vertikal

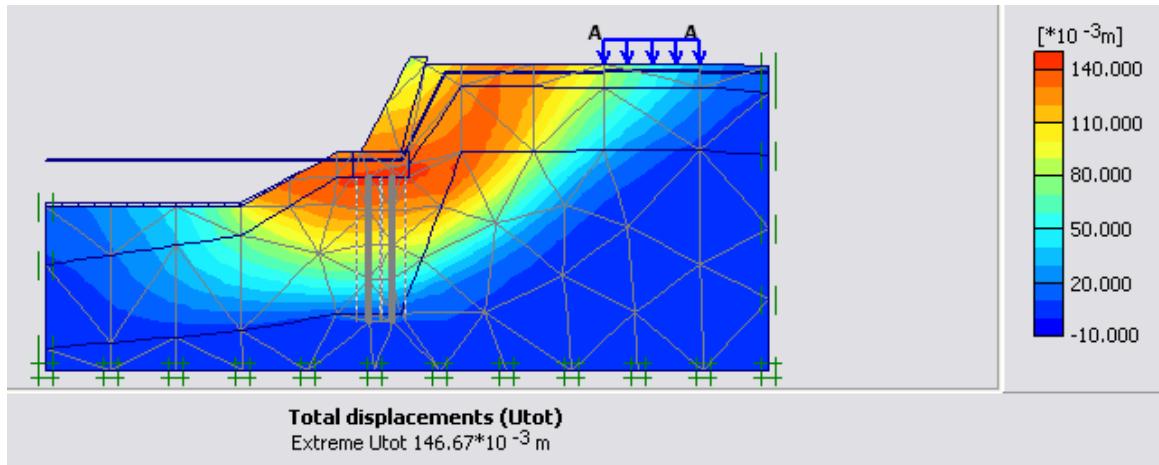
Pada tahap ini menunjukkan hasil bahwa dengan beban vertikal tanah dan penambahan beban vertikal (*traction*), pada bagian tanggul sungai mengalami *displacements* sebesar 14,601 cm seperti pada Gambar 2.15.



Gambar 2.15. *Displacements* akibat beban vertikal

3. Tahap DPT

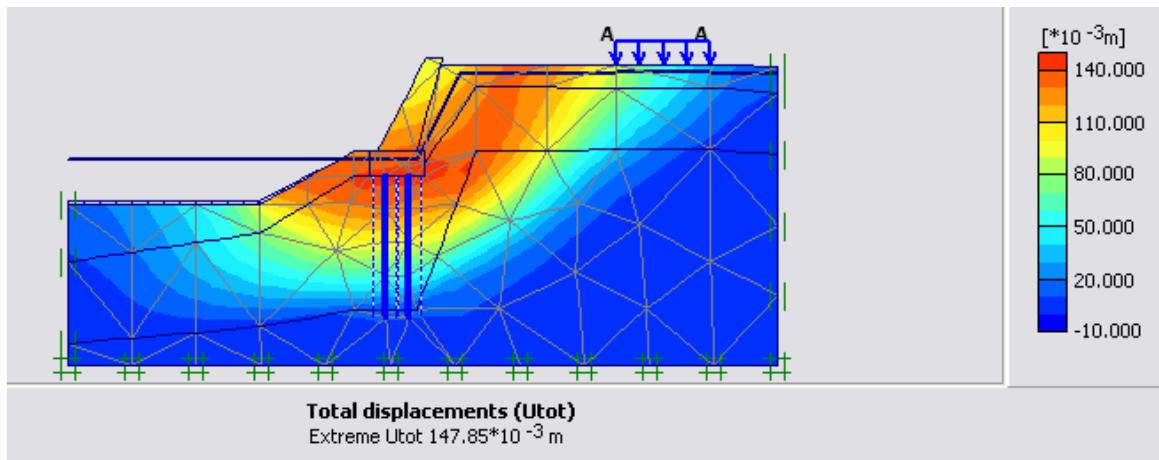
Pada tahap ini menunjukkan hasil bahwa dengan berat sendiri tanah dan penambahan beban vertikal (*traction*) dan pemasangan DPT, pada bagian tanggul sungai mengalami *displacements* sebesar 14,667 cm seperti pada Gambar 2.16.



Gambar 2.16. *Displacements* akibat DPT

4. Tahap DPT+Tiang

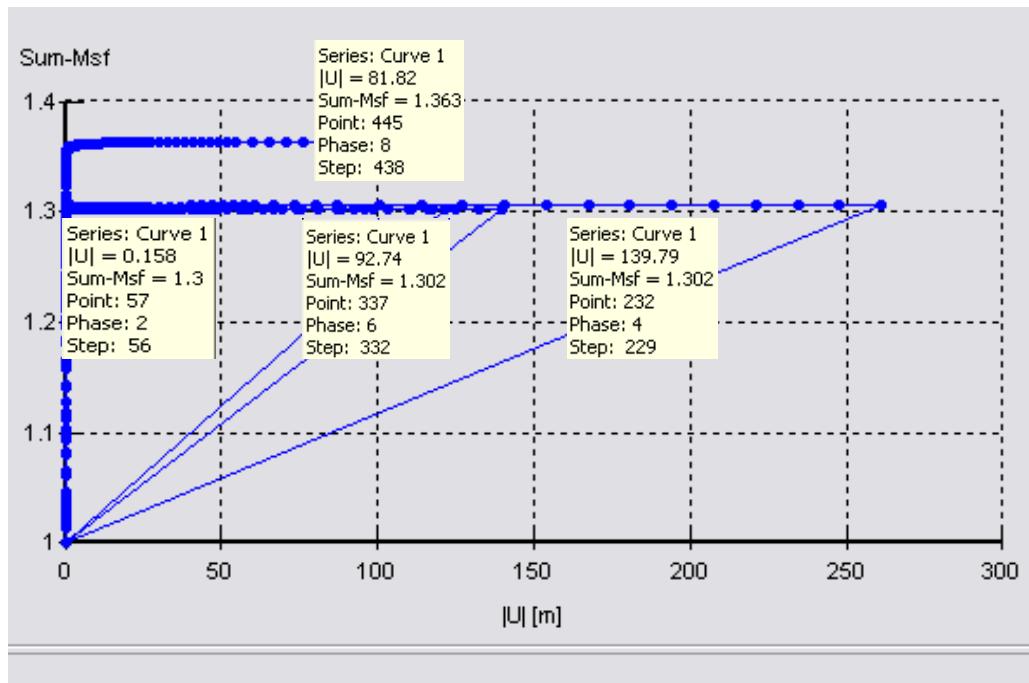
Pada tahap ini menunjukkan hasil bahwa dengan berat sendiri tanah dan penambahan beban vertikal (*traction*) dan pemasangan DPT+Tiang, pada bagian tanggul sungai mengalami *displacements* sebesar 14,785 cm seperti pada Gambar 2.17.



Gambar 2.17. *Displacements* akibat DPT + tiang

4. Plaxis Curve V8.2

Nilai angka keamanan WF-80 dengan perkuatan DPT+Tiang dapat dilihat pada Gambar 2.18. di bawah ini:



Gambar 2.18. Angka keamanan WF-80 dengan Perkuatan DPT+Tiang

5. Safety Factor

Berdasarkan Gambar 2.25. didapat nilai *Safety Factor* :

1. Akibat berat sendiri (*Phase 2*) = 1,3
2. Akibat beban vertikal (*Phase 4*) = 1,302
3. Akibat DPT (*Phase 6*) = 1,302
4. Akibat DPT+Tiang (*Phase 8*) = 1,363

3. Kesimpulan

- a. Hasil analisa secara manual (Metode Fellinius) di titik lokasi penelitian pada kondisi awal terjadinya longsor di peroleh angka keamanan 0,98.
- b. Alternatif penanganan berdasarkan nilai keamanan dari program komputer (PLAXIS Version 8.2) diperoleh angka keamanan dengan perkuatan dinding penahan tanah yaitu sebesar 1,302 dan perkuatan dengan dinding penahan tanah + *bored pile* diperoleh angka keamanan sebesar 1,363.
- c. Kelongsoran disebabkan karena dasar sungai yang dangkal sehingga pada saat banjir muka air banjir hampir sejajar dengan tanggul, hal ini menyebabkan daya dukung di tanggul melemah akibat terendam air. Selain itu akibat pembuangan air dari pemukiman sekitar Kali Garang yang merembes ke tanah di sekitar tanggul sehingga pada saat air kembali ke muka air normal, tanggul yang terendam air kondisi tanahnya melemah.

Saran

- a. Dalam penentuan parameter tanah diharapkan menggunakan korelasi empiris yang sesuai dan relevan serta didukung data-data yang lengkap, jelas dan teruji kebenarannya guna memperoleh hasil analisa yang akurat.
- b. Pengambilan *sample* tanah tambahan untuk pengujian laboratorium perlu dilakukan untuk mendapatkan data yang lebih representatif.
- c. Perlu dilakukan investigasi secara lebih lanjut untuk mendapatkan bidang gelincir yang tepat dengan memasang alat instrumentasi yang dipasang langsung dilokasi penelitian dilapangan, instrumentasi yang digunakan dapat berupa *inclinometer* atau *slip indicator*.

DAFTAR PUSTAKA

- BBWS Pemali Juana. 1997. *Soil Mechanics Survey for The Detailed Design of Flood Control.* Semarang
- Bogeman. 1989. Geologi untuk Teknik Sipil. Erlangga. Jakarta.
- Bowles, Joseph E., 1987. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah.* Erlangga. Jakarta.
- Das, Braja, M., 1998. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid-1,* Erlangga. Jakarta.
- Das, Braja, M., 1990. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid-2.* Erlangga. Jakarta.
- Departemen PU. 2002. *Panduan Geoteknik Indonesia Timbunan Jalan pada Tanah Lunak.* Kimprasil. Jakarta.
- Kusuma Gideon, Ir., M.Eng dan W.C. Vis, Ir. 1997. *Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang.* Erlangga. Jakarta.
- Hardiyatmo, Hary, C. 1992. *Mekanika Tanah 1.* Gajahmada, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, Hary, C. 2010. *Mekanika Tanah 2.* Gajahmada, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, Hary, C. 2010. *Analisis dan Perancangan Fondasi bagian I.* Gajahmada, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, Hary, C. 2010. *Analisis dan Perancangan Fondasi bagian II.* Gajahmada, Yogyakarta.
- Holtz and Kovacs, 1981. *Soil Mechanics in Engineering Practice.* New York
- Irsyam, Mahsyur. 2001. *Rekayasa Pondasi.* Bandung.
- Kh. Sunggono, Ir. 1984. *Mekanika Tanah.* Nova. Bandung.
- Kh. Sunggono, Ir. 1995. *Buku Teknik Sipil.* Nova. Bandung.
- Kopertis, 1997, *Rekayasa Pondasi 1 Konstruksi Penahan Tanah.* Gunadarma. Jakarta.
- Kopertis, 1997, *Rekayasa Pondasi II Fundasi Dangkal dan Fundasi Dalam.* Gunadarma. Jakarta.
- Lambe, T. C., and Whitman, R. V. 1969. *Soil Mechanics.* New York.
- Meyerhoff. 1976. *Principle of Gotechnical Engineering.* PWS Publisher.
- Nurlina Siti. 2008. *Struktur Beton.* Malang.
- Panitia Teknik Standardisasi Bidang Konstruksi dan Bangunan. 2002. *SNI-Standar Nasional Indonesia Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.* Bandung.
- Terzaghi, K., and Peck, R. 1967. *Soil Mechanics in Engineering Practice.* New York.

Terzaghi, Karl, Peck, B., Ralph, 1987, *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa Jilid-1*. Erlangga. Jakarta.

Terzaghi, Karl, Peck, B., Ralph, 1991, *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa Jilid-2*. Erlangga. Jakarta.

Whilliam T., Whitman., Robert V., 1962. *Soil Mechanics*. New York.