

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

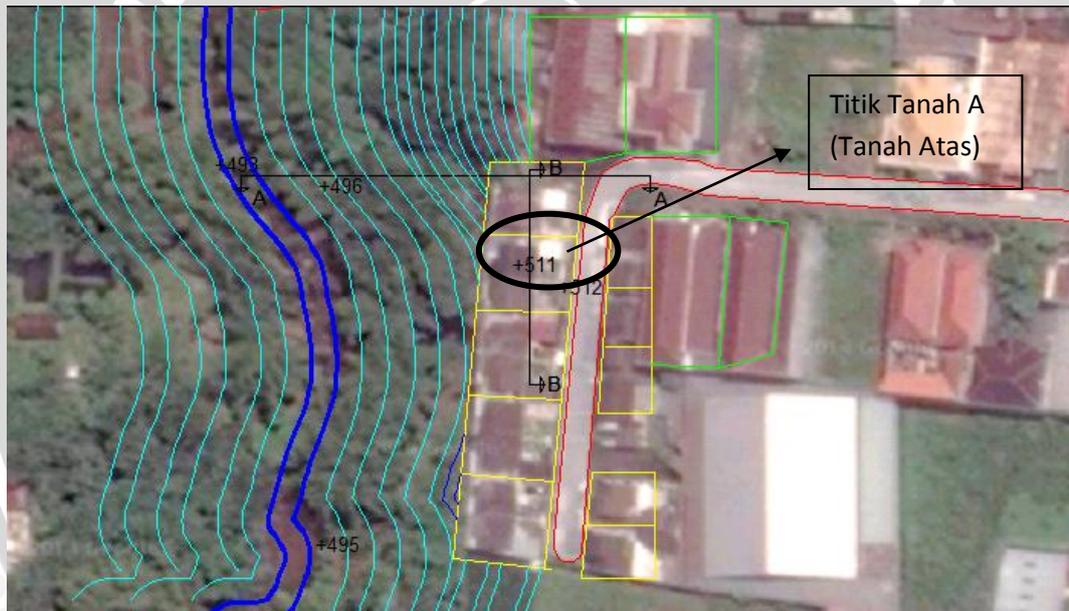
4.1 Lokasi Pengambilan *Sample*

Dalam studi ini data yang digunakan merupakan data primer sehingga akan dilakukan beberapa uji untuk mengetahui data yang akan diperlukan untuk analisis pada *Software Geostudio SLOPE/W 2007*.

Lokasi pengambilan sampel tanah terletak pada tiga titik yaitu:

a. Tanah A (Tanah Atas)

Tanah ini secara Astronomis terletak di $07^{\circ} 57' 21,4''$ LS dan $122^{\circ} 36' 15,4''$ BT berada di elevasi +511. Tanah ini diambil pada kedalaman 1 m dari permukaan tanah yang merupakan tanah timbunan. Pengambilan *sample* tanah diambil pada lokasi dinding longsor.

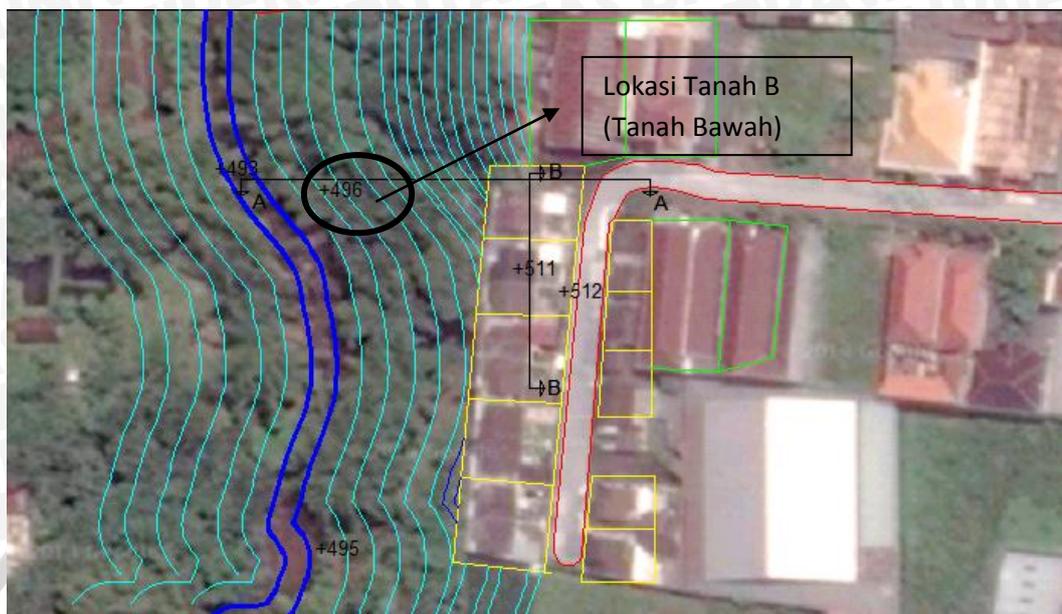


Gambar 4.1 Titik pengambilan *sample* Tanah A (Tanah Atas)

(sumber : dokumentasi tugas akhir)

b. TANAH B (Tanah Bawah)

Tanah ini berada di bawah longsor perumahan Royal Sigura-gura, secara astronomis terletak pada $07^{\circ} 57' 22,1''$ LS dan $122^{\circ} 36' 13,6''$ BT dan berada di elevasi +496 titik ini berada ± 5 m dari pinggir sungai. Tanah ini merupakan tanah campuran akibat longsor.

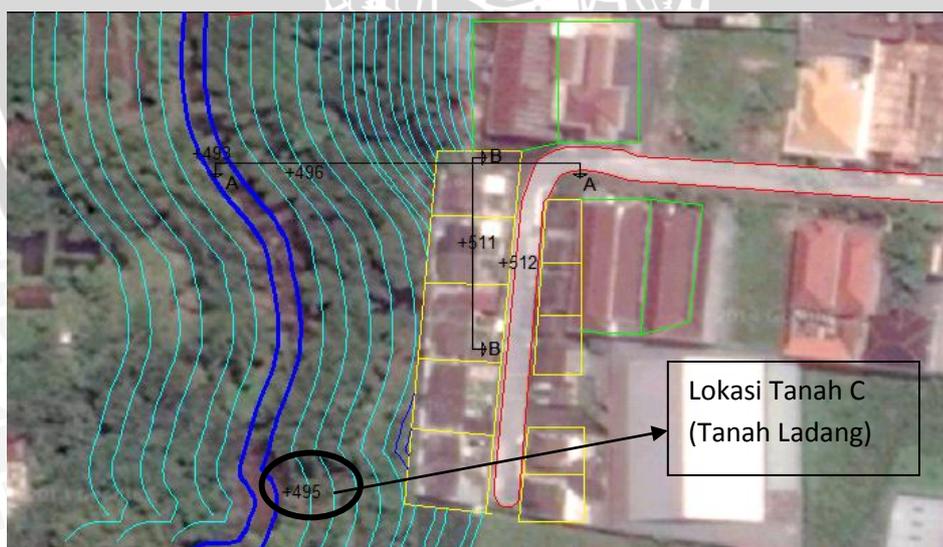


Gambar 4.2 Titik pengambilan *sample* Tanah B (Tanah Bawah)

(sumber : dokumentasi tugas akhir)

c. Tanah C (Tanah Ladang)

Titik ini secara astronomis terletak pada $07^{\circ} 57' 22,9''$ LS dan $112^{\circ} 36' 14''$ BT dan berada pada elevasi + 495. Tanah ini digunakan untuk bercocok tanam oleh warga sekitar dan tanah ini bisa dikondisikan sebagai tanah asli saat sebelum dibangunnya perumahan tersebut.



Gambar 4.3 Titik pengambilan *sample* Tanah C (Tanah Ladang)

(sumber : dokumentasi tugas akhir)

Pengambilan *sample* tanah dilakukan dengan cara *disturbed* dan selanjutnya akan dilakukan uji laboratorium untuk mengetahui komposisi tanah tersebut. Beberapa uji yang dilakukan yaitu :

1. Analisis Butiran (Uji Ayakan – ASTM D-1140 dan *Hydrometer* – ASTM D -442-63)

Analisis tersebut dimaksudkan untuk mengetahui agregat tanah yang terkandung dalam Tanah yang diteliti, *Hasil analisis terlampir*

2. Analisis Berat Jenis Tanah (SNI 1964 : 2008)

Analisis tersebut dimaksudkan untuk mengetahui Berat Jenis tanah yang terdapat dalam tanah yang diteliti, *Hasil analisis terlampir*

3. Analisis Pematatan (Uji *Proctor*) – ASTM D 698

Analisis tersebut dimaksudkan untuk mengetahui nilai MDD (*Maximum Dry Density*) dan nilai OMC (*Optimum Moisture Content*). Parameter ini digunakan untuk percobaan *Triaxial* dan Permeabilitas, *Hasil analisis terlampir*.

4. Analisis Index Plastisitas Tanah (Uji LL, PL, SL) – SNI 1966 : 2008

Analisis tersebut dimaksudkan untuk mengetahui keplastisitan tanah, *Hasil analisis terlampir*.

5. Analisis Kuat Geser Tanah (Uji *Triaxial*) – SNI 03-4813-1998

Analisis tersebut dimaksudkan untuk mengetahui nilai ϕ (sudut geser) dan c (kohesi) tanah tersebut yang akan digunakan untuk *input Software*, *Hasil analisis terlampir*.

6. Analisis Permeabilitas (Uji *Falling Head*) – SNI 03-6473-2000

Analisis tersebut dimaksudkan untuk mengetahui nilai koefisien permeabilitas tanah yang akan diteliti dan digunakan sebagai *input Software* , *Hasil analisis terlampir*.

Berikut merupakan tabulasi hasil uji laboratorium:

Tabel 4.1 Tabulasi Hasil Uji Laboratorium

Jenis Tanah	Tabulasi Hasil Uji Laboratorium													
	Klasifikasi tanah menurut AASHTO	Klasifikasi tanah menurut <i>Unified</i>	Gs	MDD (gr/cm ³)	γ_{wet} (gr/cm ³)	OMC (%)	e	PL (%)	LL (%)	SL (%)	IP (%)	c (kg/cm ²)	ϕ (o)	k (cm/detik)
Tanah A (Tanah Atas)	A-7-5 dan A-7-6 (Tanah Berlempung)	OH (Lempung Organik dengan Plastisitas sedang sampai tinggi)	2,629	1,011	1,45	34	1,55	46,31	63,2	39,92	16,89	0,158	6	4,67029 x 10 ⁻⁰⁶
Tanah B (Tanah Bawah)	A-2-6 (Tanah Pasir berlanau atau berlempung)	SC (Pasir berlanau atau campuran pasir berlempung)	2,428	1,049	1,41	29	1,271	42,93	52,9	22,48	9,97	0,12	7	2,3508 x 10 ⁻⁰⁷
Tanah C (Tanah Ladang)	A-7-5 dan A-7-6 (Tanah Berlempung)	OH (Lempung Organik dengan Plastisitas sedang sampai tinggi)	2,350	1,139	1,38	16	1,002	37,68	53,8	20,62	16,12	0,345	9	1,17705 x 10 ⁻⁰⁵

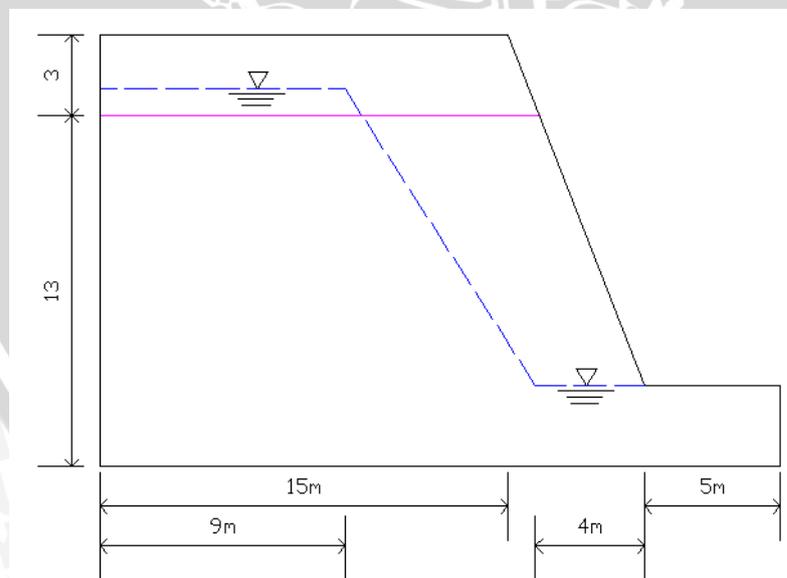


4.2 Simulasi Kondisi Beban dan Rembesan Yang Akan di Aplikasikan Kedalam Perhitungan Faktor Keamanan Lereng.

Pola rembesan yang digunakan mengacu pada kondisi di lapangan seperti ditampilkan pada gambar berikut :



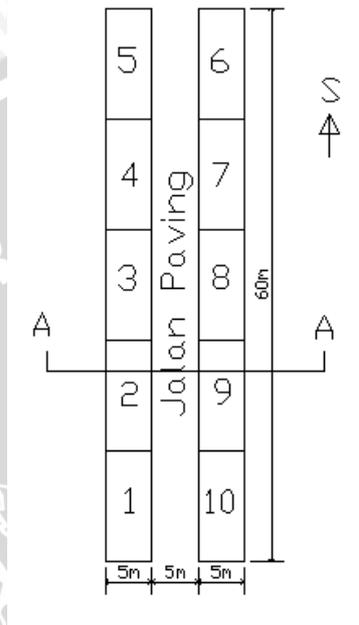
Gambar 4.4 Kondisi Rembesan di Lokasi Longsor
(sumber : dokumentasi tugas akhir)



Gambar 4.5 Sketsa Kondisi Rembesan di Lokasi Longsor
(sumber : simulasi tugas akhir)

4.2.1 Perhitungan Beban Terpusat (Rumah dan Jalan Paving di Perumahan Royal Sigura-gura Malang)

Perhitungan beban mengacu pada jumlah rumah yang ada di Perumahan Royal Sigura-gura Malang dengan luasan rumah sebesar = 60 m^2 . Berikut ini merupakan perhitungan beban :



Gambar 4.6 Sketsa Jumlah Rumah Tampak Atas
(Sumber : Simulasi tugas akhir)

4.2.1.1 Perhitungan Beban Rumah

Diketahui : $\gamma_{\text{beton}} = 22 \text{ kN/m}^3$
 $\gamma_{\text{batu bata}} = 17 \text{ kN/m}^3$
 Panjang Jalan = 60 m
 Luas satu rumah = 60 m^2

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} \gamma_{\text{rumah}} &= \frac{(\gamma_{\text{beton}} + \gamma_{\text{batu bata}})}{2} \\ &= \frac{(22 + 17)}{2} \\ &= 19,5 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban merata rumah} &= \gamma_{\text{rumah}} \times \text{panjang jalan} \\ &= 19,5 \times 60 \\ &= 1170 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban terpusat rumah} &= \text{Beban merata rumah} / \text{luas satu rumah} \times \\
 &\quad \text{jumlah rumah} \\
 &= 1170 / 60 * 5 \\
 &= 97,5 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

4.2.1.2 Perhitungan Beban Jalan Paving

$$\text{Diketahui : } \gamma_{\text{beton}} = 22 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Panjang Jalan} = 60 \text{ m}$$

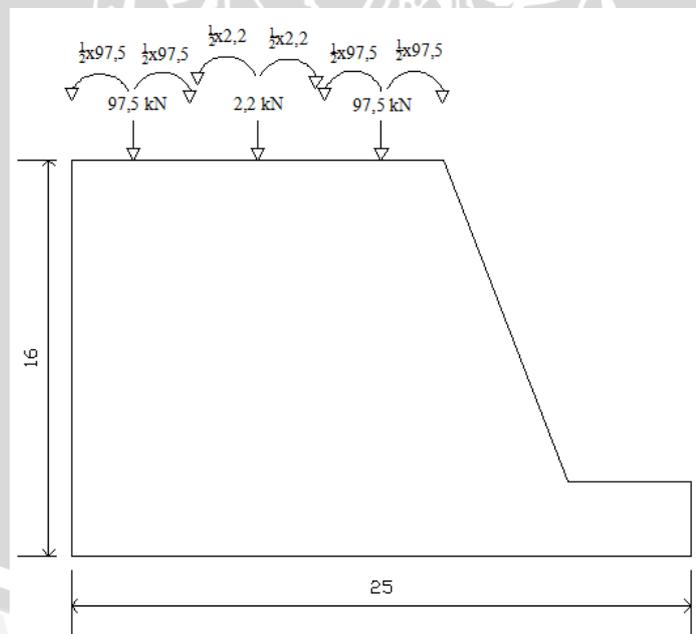
$$\text{Luas Jalan} = 300 \text{ m}^2$$

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}
 \text{Beban merata jalan} &= \gamma_{\text{beton}} \times \text{Panjang Jalan} \\
 &= 22 \times 60 \\
 &= 1320 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban terpusat jalan} &= \text{Beban merata jalan} / \text{luas jalan raya} \\
 &= 1320 / 300 \\
 &= 2,2 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Pembagian Beban Terpusat Rumah dan Jalan:



Gambar 4.7 Potongan A-A Pembagian Beban Terpusat Rumah dan Jalan

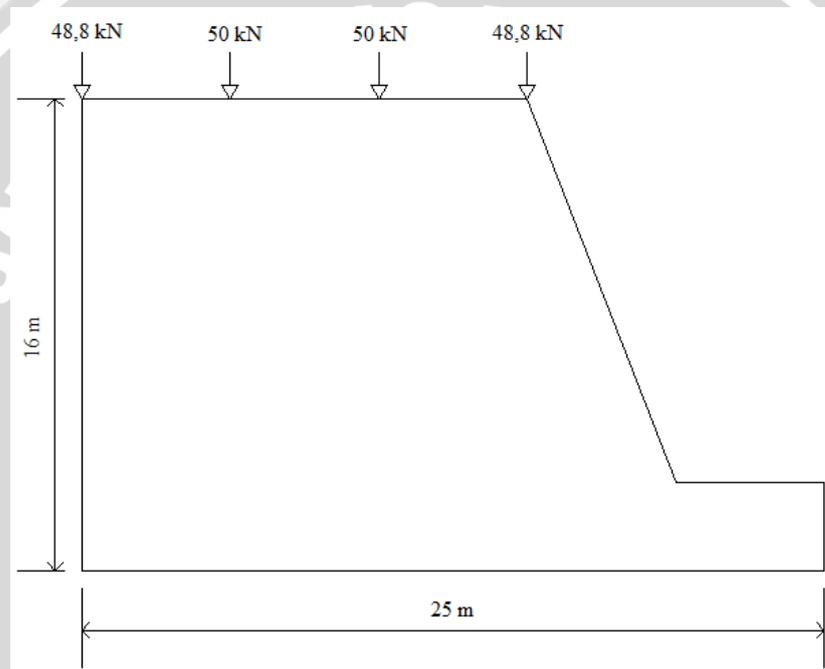
(Sumber : Simulasi tugas akhir)

$$\begin{aligned}
 \text{Beban Terpusat A} &= \frac{1}{2} \times \text{Beban Terpusat Rumah} \\
 &= \frac{1}{2} \times 97,5
 \end{aligned}$$

$$= 48,75 \approx 48,8 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban Terpusat B} &= \left(\frac{1}{2} \times \text{Beban Terpusat Rumah}\right) + \left(\frac{1}{2} \times \text{Beban Terpusat Jalan Paving}\right) \\ &= \left(\frac{1}{2} \times 97,5\right) + \left(\frac{1}{2} \times 2,2\right) \\ &= 48,8 + 1,1 \\ &= 50 \text{ kN} \end{aligned}$$

Hasil Penggambaran Beban Terpusat pada lereng :



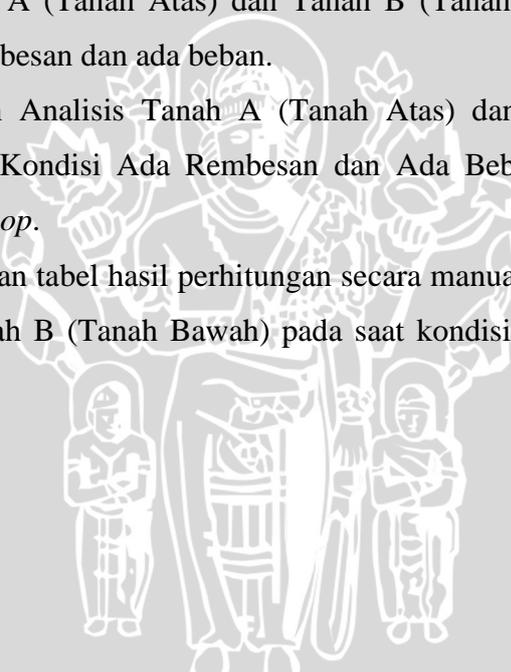
Gambar 4.8 Potongan A-A Penggambaran Beban Terpusat Pada Lereng
(Sumber : Simulasi tugas akhir)

4.3 Analisis Perhitungan Faktor Keamanan Lereng Secara Manual dengan Menggunakan Metode *Bishop*

Dalam perhitungan secara manual ini akan dilakukan beberapa simulasi untuk mengetahui faktor apakah yang berpengaruh pada longsor yang terjadi ini, simulasi yang akan dilakukan yaitu :

1. Analisis Tanah A (Tanah Atas) dan Tanah B (Tanah Bawah) pada saat kondisi kering yaitu kondisi tanpa rembesan dan tanpa beban.
 2. Analisis Tanah A (Tanah Atas) dan Tanah B (Tanah Bawah) pada saat kondisi ada rembesan.
 3. Analisis Tanah A (Tanah Atas) dan Tanah B (Tanah Bawah) pada saat kondisi ada beban namun tanpa rembesan.
 4. Analisis Tanah A (Tanah Atas) dan Tanah B (Tanah Bawah) pada saat kondisi ada rembesan dan ada beban.
- a. Contoh Perhitungan Analisis Tanah A (Tanah Atas) dan Tanah B (Tanah Bawah) Pada Saat Kondisi Ada Rembesan dan Ada Beban Secara Manual dengan Metode *Bishop*.

Berikut ini merupakan tabel hasil perhitungan secara manual Analisis Tanah A (Tanah Atas) dan Tanah B (Tanah Bawah) pada saat kondisi ada rembesan dan ada beban.





Contoh Pengerjaan :

Diketahui :

$$\begin{aligned}\gamma_{dry} \text{ tanah atas} &= 10,306 \text{ kN/m}^3 \\ \gamma_{dry} \text{ tanah bawah} &= 10,69 \text{ kN/m}^3 \\ \gamma_{wet} \text{ tanah atas} &= 14,781 \text{ kN/m}^3 \\ \gamma_{wet} \text{ tanah bawah} &= 14,373 \text{ kN/m}^3 \\ \gamma_{air} &= 10 \text{ kN/m}^3 \\ \gamma_{rumah} &= 19,5 \text{ kN/m}^3\end{aligned}$$

(sebagai asumsi beban bangunan)

$$c \text{ (kohesi tanah atas)} = 15,5 \text{ kPa}$$

$$c \text{ (kohesi tanah bawah)} = 11,722 \text{ kPa}$$

$$\varphi \text{ (sudut geser tanah atas)} = 6^\circ$$

$$\varphi \text{ (sudut geser tanah bawah)} = 7^\circ$$

$$\text{Panjang Pias 1 (diatas garis } \textit{freatik}) = 2 \text{ m}$$

$$\text{Panjang Pias 1 (dibawah garis } \textit{freatik}) = 0,11 \text{ m}$$

$$\text{Lebar Pias 1 (diatas garis } \textit{freatik}) = 1,5 \text{ m}$$

$$\text{Lebar Pias 1 (dibawah garis } \textit{freatik}) = 1,5 \text{ m}$$

$$\alpha^\circ = -67^\circ$$

$$\begin{aligned}\text{a. } w &= (\gamma_{dry} \text{ tanah atas} \times \text{Panjang Pias 1 diatas garis } \textit{freatik} \times \text{Lebar Pias 1 diatas garis } \textit{freatik}) + (\gamma_{wet} \times \text{Panjang Pias 1 dibawah garis } \textit{freatik} \times \text{Lebar Pias 1 dibawah garis } \textit{freatik}) + (\gamma_{rumah} \times \text{Lebar Pias 1 diatas garis } \textit{freatik}) \\ &= (10,306 \times 2 \times 1,5) + (14,781 \times 0,11 \times 1,5) + (19,5 \times 1,5) \\ &= 62,607\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{b. } w \sin \alpha^\circ &= 62,607 \times \sin -67^\circ \\ &= -57,630\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{c. } u &= \gamma_{air} \times \text{Panjang Pias 1 dibawah garis } \textit{freatik} \\ &= 10 \times 0,11 \\ &= 1,1\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{d. } u \times b &= u \times \text{Lebar Pias 1 diatas garis } \textit{freatik} \\ &= 1,1 \times 1,5 \\ &= 1,65\end{aligned}$$

$$\text{e. } c \times b = \text{Kohesi tanah atas} \times \text{Lebar Pias 1 diatas garis } \textit{freatik}$$

$$= 15,5 \times 1,5$$

$$= 23,25$$

$$f. (W-u.b) \tan \varphi = (62,607 - 1,65) \cdot \tan 6^\circ$$

$$= 6,407$$

$$g. (W-u.b) \tan \varphi + c \cdot b = 6,407 + 23,25$$

$$= 29,657$$

$$h. \sec \alpha / (1 + (\tan \alpha \times \tan \varphi / F)) = \sec -67^\circ / (1 + (\tan -67^\circ \times \tan 6^\circ / 0,75))$$

$$= 3,821$$

$$i. m = (W-u.b) \tan \varphi + c \cdot b \times \sec \alpha / (1 + (\tan \alpha \times \tan \varphi / F))$$

$$= 29,657 \times 3,821$$

$$= 113,310$$

$$j. F_s (\text{trial error ke tiga}) = \frac{\sum m}{\sum w \sin \alpha}$$

$$= \frac{559,357}{824,640}$$

$$= 0,68 \leq 1 \text{ (Lereng Tidak Aman)}$$

(Analisis selanjutnya terlampir)

Berikut ini merupakan tabulasi hasil perhitungan secara manual:

Tabel 4.3 Tabulasi Hasil Perhitungan Secara Manual Menggunakan metode Bishop:

Kondisi	Nilai Faktor Keamanan Metode Bishop
Tanah A (Tanah Atas) dan Tanah B (Tanah Bawah) kondisi kering	0,89
Tanah A (Tanah Atas) dan Tanah B (Tanah Bawah) kondisi ada rembesan	0,73
Tanah A (Tanah Atas) dan Tanah B (Tanah Bawah) kondisi ada beban	0,80
Tanah A (Tanah Atas) dan Tanah B (Tanah Bawah) kondisi ada beban dan rembesan	0,68

Sumber : Hasil Perhitungan

4.4 Analisis perhitungan Faktor Keamanan Lereng Menggunakan Software *Geostudio Slope/W 2007*

Data yang digunakan untuk *input* material pada *Software Geostudio Slope/W 2007* mengacu pada hasil uji laboratorium yang terdapat pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Data Material Tanah Untuk *Input Software Geostudio SLOPE/W 2007*

No	Tanah	C (kohesi) Kpa	γ_{dry} kN/m ³	ϕ (sudut geser) (^o)	γ_{wet} kN/m ³
1.	TANAH A (Tanah Atas)	15,5	10,306	6	14,781
2.	TANAH B (Tanah Bawah)	11,722	10,690	7	14,373
3.	TANAH C (Tanah Ladang)	33,845	11,611	9	14,067

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

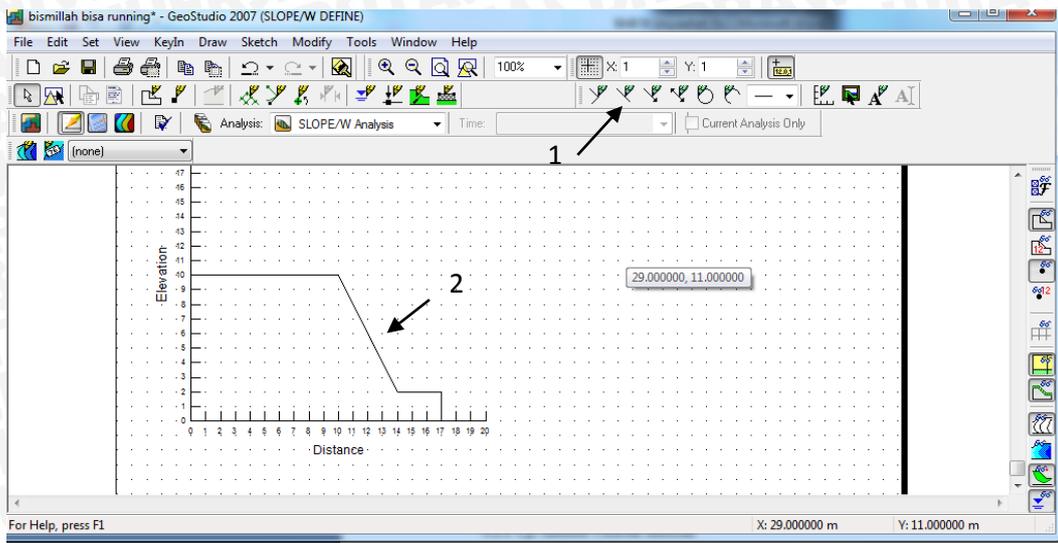
4.4.1 Simulasi Program *Geostudio 2007 Slope/W*

Dalam studi ini akan dilakukan sebanyak enam kali simulasi untuk mengetahui berapa Faktor Keamanan dari Lereng tersebut yaitu :

1. Analisis Tanah C (Tanah Ladang) pada saat kondisi kering yaitu kondisi tanpa rembesan dan tanpa beban.
2. Analisis Tanah C (Tanah Ladang) pada saat kondisi ada rembesan.
3. Analisis Tanah A (Tanah Atas) dan Tanah B (Tanah Bawah) pada saat kondisi ada rembesan dan ada beban.
4. Analisis Tanah A (Tanah Atas) dan Tanah B (Tanah Bawah) pada saat kondisi normal yaitu kondisi tanpa rembesan dan tanpa beban.
5. Analisis Tanah A (Tanah Atas) dan Tanah B (Tanah Bawah) pada saat kondisi ada rembesan.
6. Analisis Tanah A (Tanah Atas) dan Tanah B (Tanah Bawah) pada saat kondisi ada beban namun tanpa rembesan.

4.4.1.1 Analisis Tanah C (Tanah Ladang) Pada Saat Kondisi Kering Yaitu Kondisi Tanpa Rembesan dan Tanpa Beban.

1. Menggambar lereng menggunakan *icon Sketch Lines* sesuai dengan koordinat yang ada di lapangan yaitu dengan koordinat.

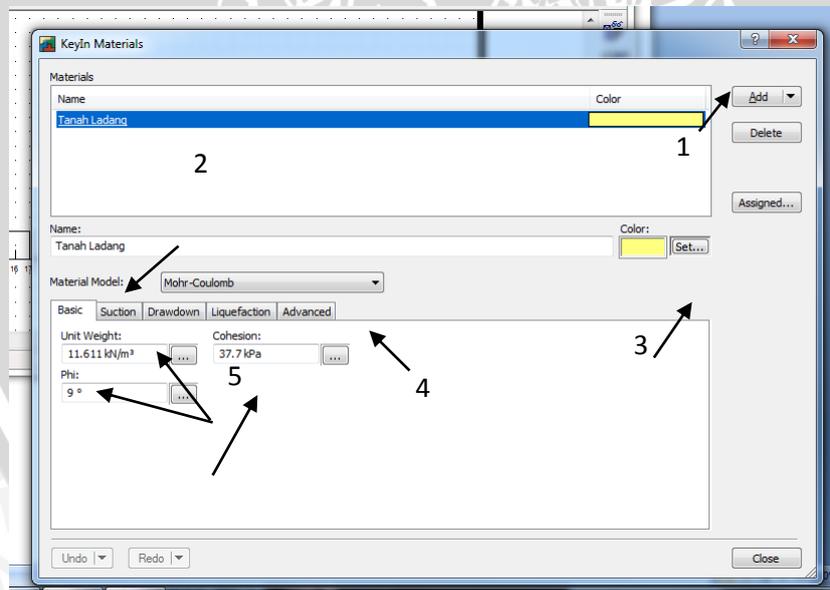


Gambar 4.10 *Input* Penggambaran Koordinat Lereng Tanah C (Tanah Ladang)

Pada Saat Kondisi Kering

(Sumber : Simulasi Tugas Akhir)

2. Memasukkan material tanah sesuai dengan data yang telah didapat menggunakan *icon Materials* pada tombol *KeyIn* dan pilih Mohr-Coloumb pada Material Model.

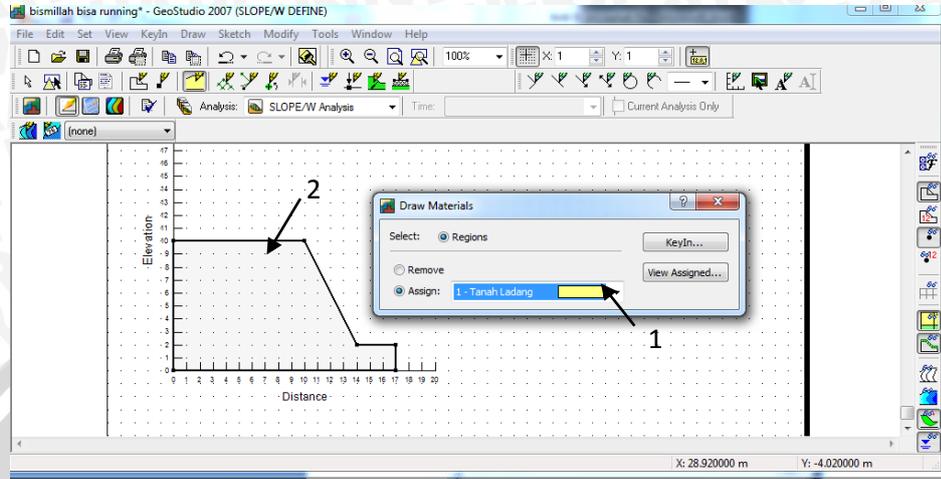


Gambar 4.11 *Input* Data Material Tanah C (Tanah Ladang) Pada Saat Kondisi

Kering.

(Sumber : Simulasi Tugas Akhir)

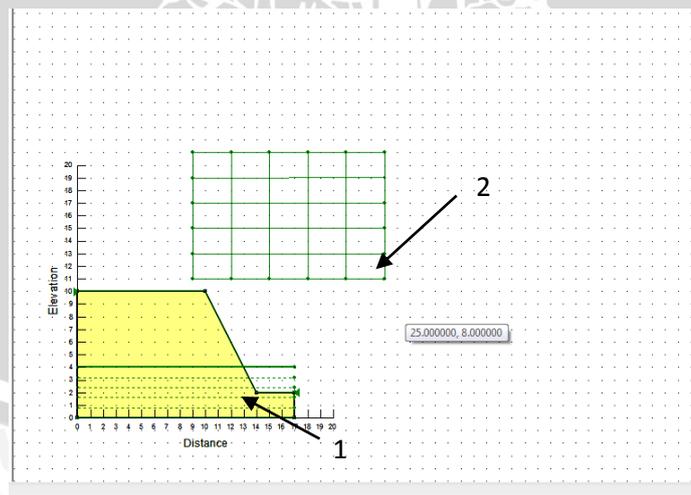
- Memasukkan data tanah pada layer yang telah digambarkan menggunakan *icon Draw* dan pilih *Materials* lalu klik pada layer tanah yang telah dibatasi.



Gambar 4.12 *Input* Data Material Tanah C (Tanah Ladang) Pada Saat Kondisi Kering.

(Sumber : Simulasi Tugas Akhir)

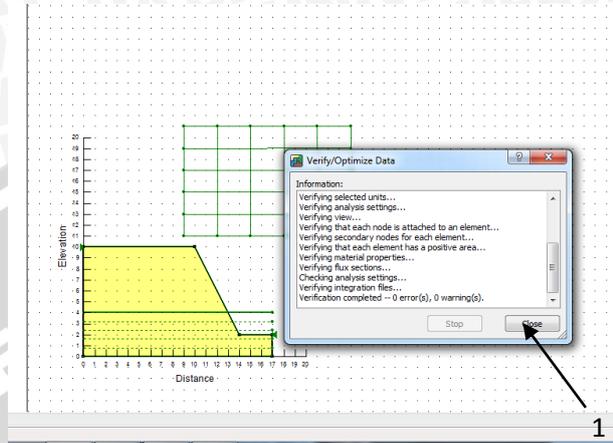
- Dalam simulasi ini metode yang digunakan yaitu metode Bishop, Ordinary dan Janbu yang mana perlu adanya *Radius* untuk mengukur jarak atau diameter dari bidang runtuh serta *Grid* untuk menentukan titik sembarang yang akan dijadikan acuan untuk perhitungan faktor keamanan lereng ini.



Gambar 4.13 Penggambaran *Radius* dan *Grid* Pada Simulasi *Running* Untuk Tanah C (Tanah Ladang) Pada Saat Kondisi Kering.

(Sumber : Simulasi Tugas Akhir)

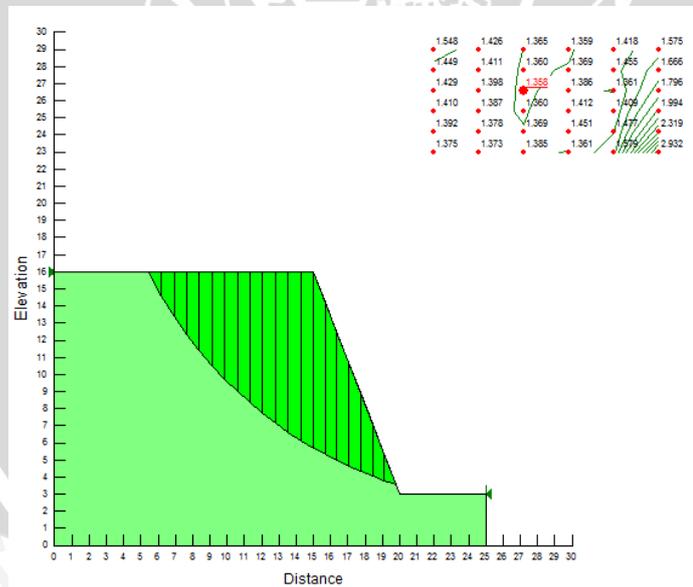
- Untuk mengecek apakah data yang kita masukkan dan langkah pengerjaannya telah sesuai dan bisa untuk menganalisis Faktor Keamanan lereng tersebut maka pilih menu *Tools* lalu klik *Verify / Optimize* jika tidak ada kesalahan maka program tersebut dapat dijalankan.



Gambar 4.14 Pengecekan Ulang Data dan Langkah Pengerjaan Simulasi Tanah C (Tanah Ladang) Pada Saat Kondisi Kering.

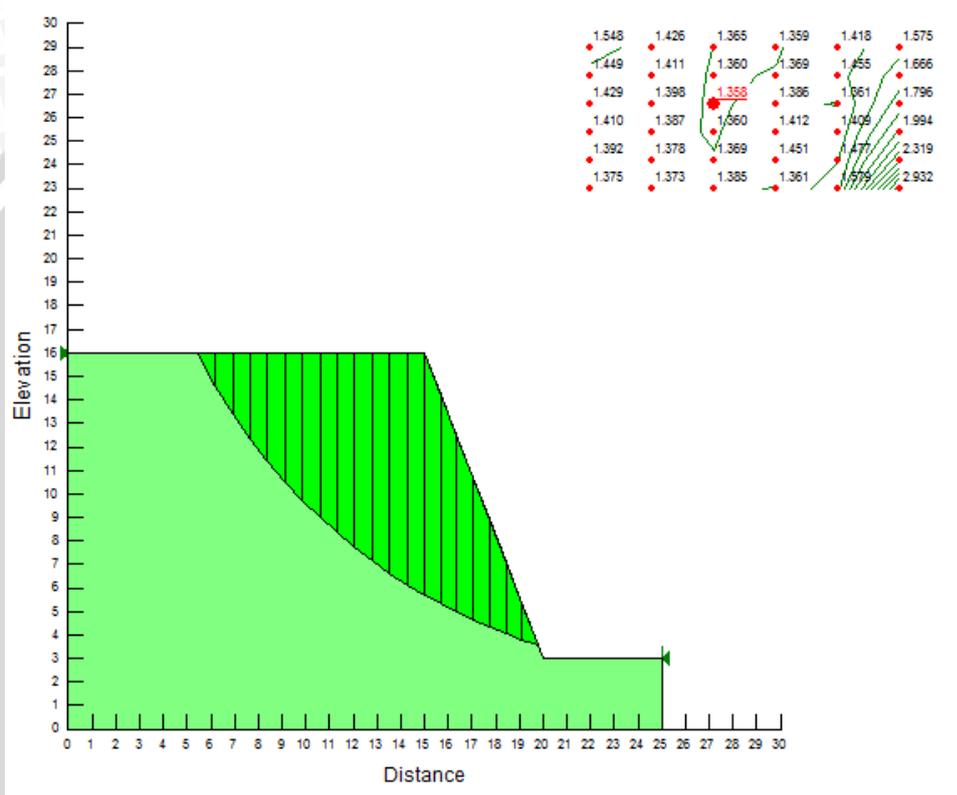
(Sumber : Simulasi Tugas Akhir)

- Hasil dari *Running Software Geostudio SLOPE/W 2007* pada Tanah C (Tanah Ladang) kondisi normal adalah sebagai berikut :



Gambar 4.15 Hasil *Running Software Geostudio SLOPE/W 2007* Untuk Simulasi Tanah C (Tanah Ladang) Pada Saat Kondisi Kering.

(Sumber : Simulasi Tugas Akhir)



Dari hasil *Running* simulasi TANAH C (Tanah Ladang) tersebut dapat diketahui nilai Faktor Keamanan Lereng. Metode yang digunakan yaitu Ordinary, Bishop dan Janbu. Berikut merupakan tabulasi Nilai Faktor Keamanannya :

Tabel 4.5 Hasil *Running Software Geostudio SLOPE/W 2007* Tanah C (Tanah Ladang) Untuk Kondisi Kering

No.	Metode	Nilai Faktor Keamanan
1.	Fellenius	1,369
2.	Bishop	1,358
3.	Janbu	1,431

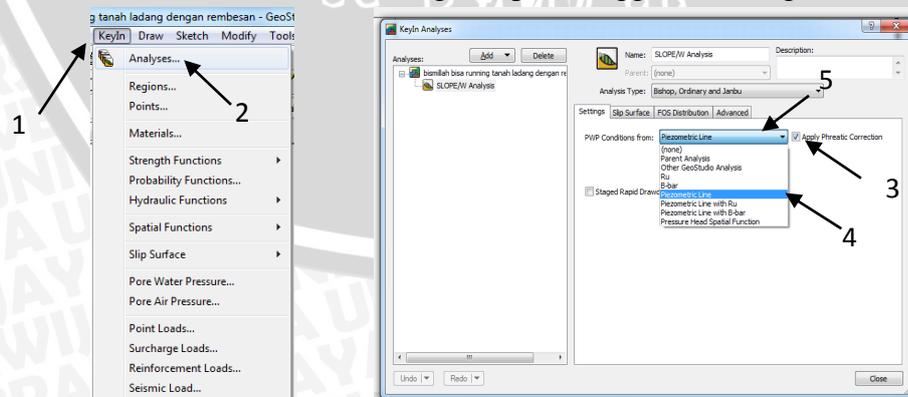
Sumber : Hasil *Running Software*

Dapat diketahui bahwa TANAH C (Tanah Ladang) pada saat kondisi kering, yang dikondisikan sebagai tanah asli masih tergolong sangat aman sesuai dengan kriteria nilai FK > 1,0 untuk perencanaan pada saat kondisi kering yaitu kondisi dimana saat tanpa rembesan dan tanpa beban. Jadi di area tersebut masih diperbolehkan untuk mendirikan suatu bangunan karena dari analisis ini masih tergolong sangat aman.

4.3.1.2 Analisis TANAH C (Tanah Ladang) Pada Saat Kondisi Ada Rembesan

Cara untuk penggambaran lereng dan *Input* data tanah sama seperti simulasi yang pertama namun setelah *Input* material ditambahkan penggambaran garis rembesan dengan langkah sebagai berikut :

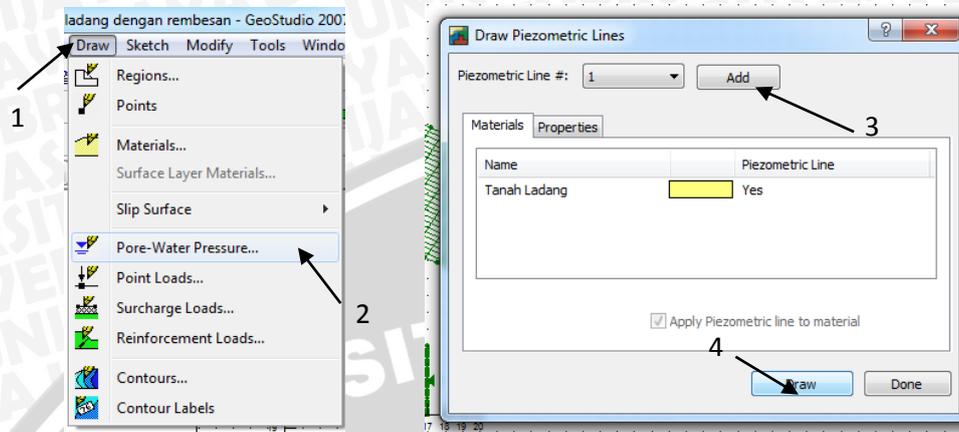
1. Pada saat simulasi ada rembesan klik *icon KeyIn* lalu pilih *Analyses*, pada *PWP conditions* pilih *Piezometric Lines* lalu centang *Apply Phreatic Corrections* hal ini dilakukan agar dapat menggambarkan garis rembesan.



Gambar 4.16 *Input* Metode Untuk Penggambaran Garis Rembesan.

(Sumber : Simulasi Tugas Akhir)

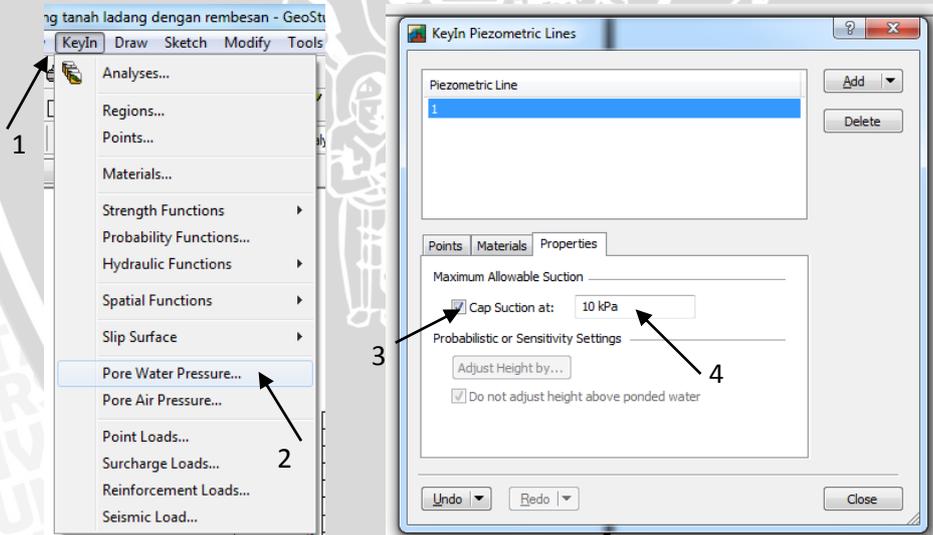
- Untuk penggambaran garis rembesan klik *Draw* lalu pilih *Pore-Water Pressure* klik *Add* lalu *Draw* dan gambarkan sesuai dengan garis rembesan yang diinginkan.



Gambar 4.17 Penggambaran Garis Rembesan Untuk Simulasi Tanah C (Tanah Ladang) Pada Saat Kondisi Ada Rembesan.

(Sumber : Simulasi Tugas Akhir)

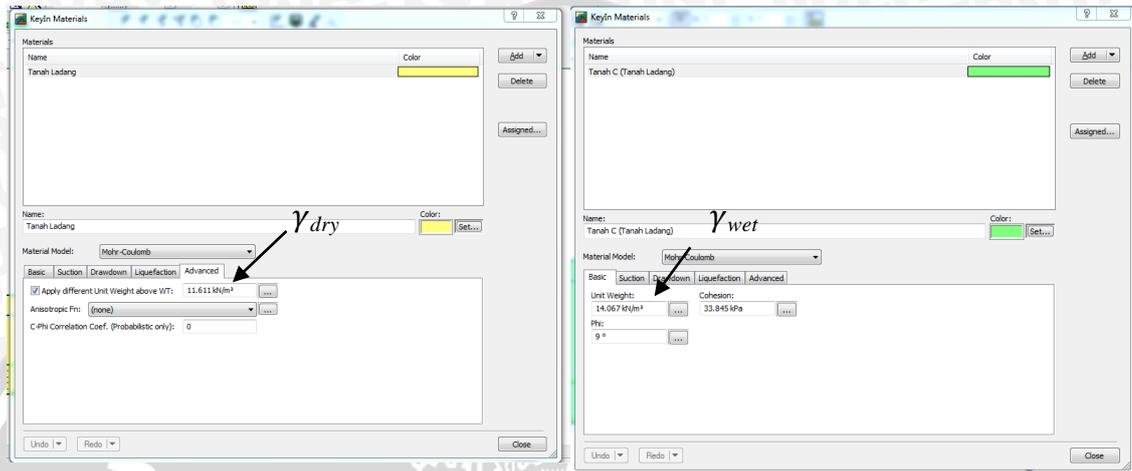
- Untuk memasukkan nilai dari *Pore-Water Pressure*nya maka klik *KeyIn* lalu pilih *Pore-Water Pressure* centang *Cap suction at* lalu isi dengan nilai $\gamma_w = 10$ kPa



Gambar 4.18 Input Nilai γ_{air} Untuk Simulasi Tanah C (Tanah Ladang) Pada Saat Kondisi Ada Rembesan

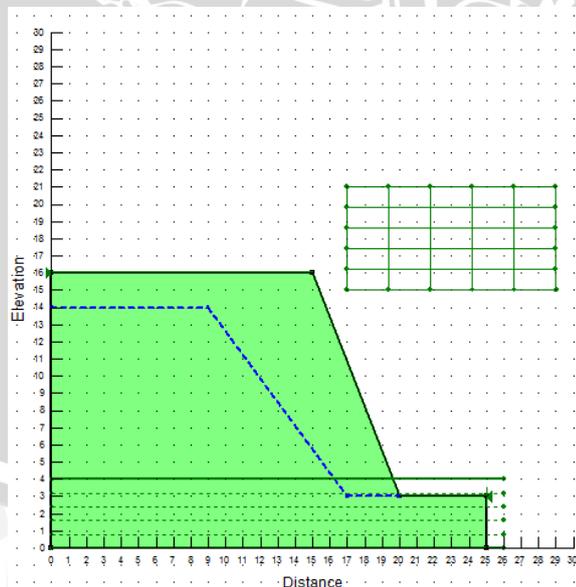
(Sumber : Simulasi Tugas Akhir)

4. Pada menu *Advance* di *Materials* centang *Apply different Unit Weight above Water Table* untuk memasukkkn nilai γ_d yang akan diaplikasikan diatas rembesan, sedangkan pada *Icon Basic* untuk nilai *Unit Weight* diisi dengan nilai γ_{wet} (berat isi basah) karena tanah tanah tersebut berada di bawah rembesan.



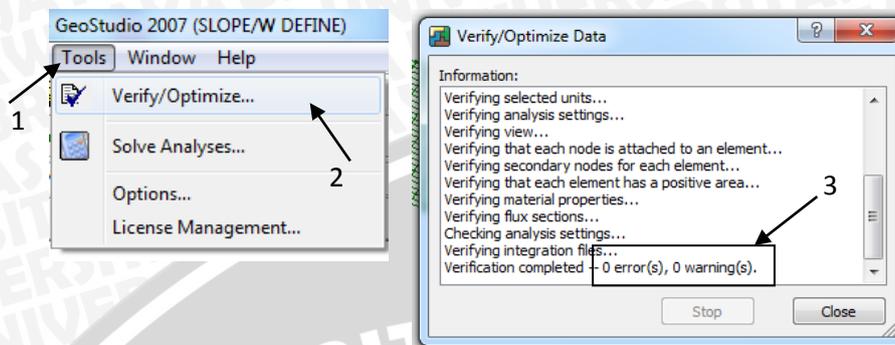
Gambar 4.19 Input Nilai γ_{dry} dan γ_{wet} Untuk Simulasi Tanah C (Tanah Ladang) Pada Saat Kondisi Ada Rembesan (Sumber : Simulasi Tugas Akhir)

5. Hasil yang akan ditampilkan sebagai berikut:



Gambar 4.20 Hasil Penggambaran Rembesan Untuk Simulasi Tanah C (Tanah Ladang) Pada Saat Kondisi Ada Rembesan (Sumber : Simulasi Tugas Akhir)

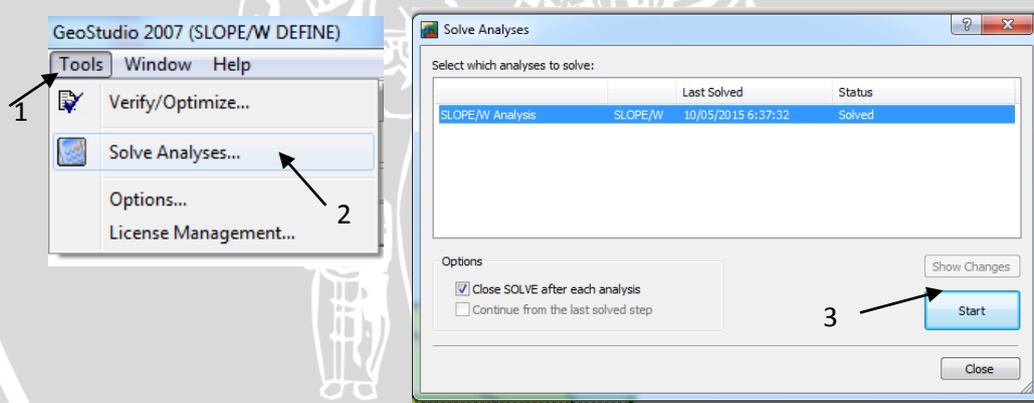
6. Pengecekan langkah dan data yang telah dimasukkan dengan klik *Tools* lalu pilih *Verify/Optimize* jika tidak ada kesalahan dan peringatan maka bisa dilanjutkan untuk penyelesaian masalah.



Gambar 4.21 Pengecekan Ulang Langkah dan Data Rembesan Untuk Simulasi Tanah C (Tanah Ladang) Dengan Rembesan.

(Sumber : Simulasi Tugas Akhir)

7. Penyelesaian simulasi Tanah C (Tanah Ladang) dengan rembesan klik *Tools* lalu pilih *Solve Analyses* dan klik *Start* untuk memulai penyelesaian.

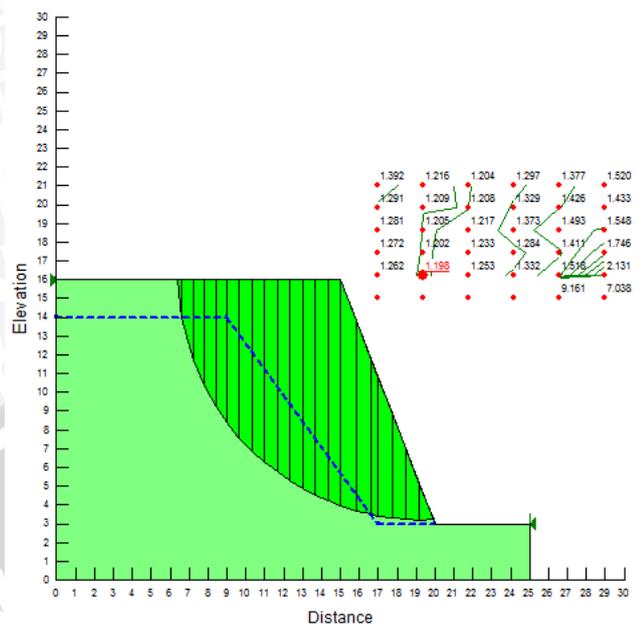


Gambar 4.22 Langkah Penyelesaian Untuk Simulasi Tanah C (Tanah Ladang)

Pada Saat Kondisi Ada Rembesan

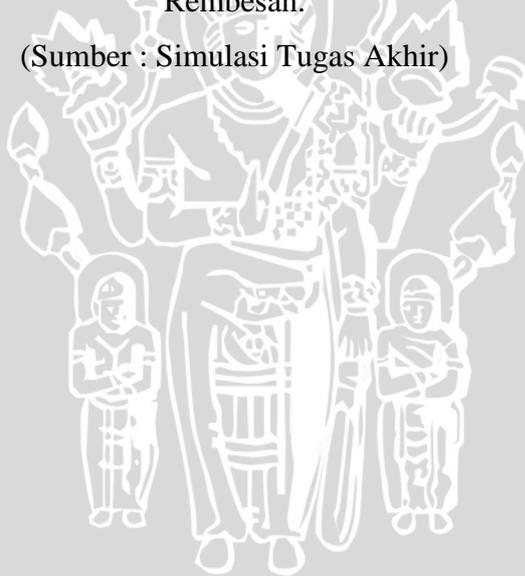
(Sumber : Simulasi Tugas Akhir)

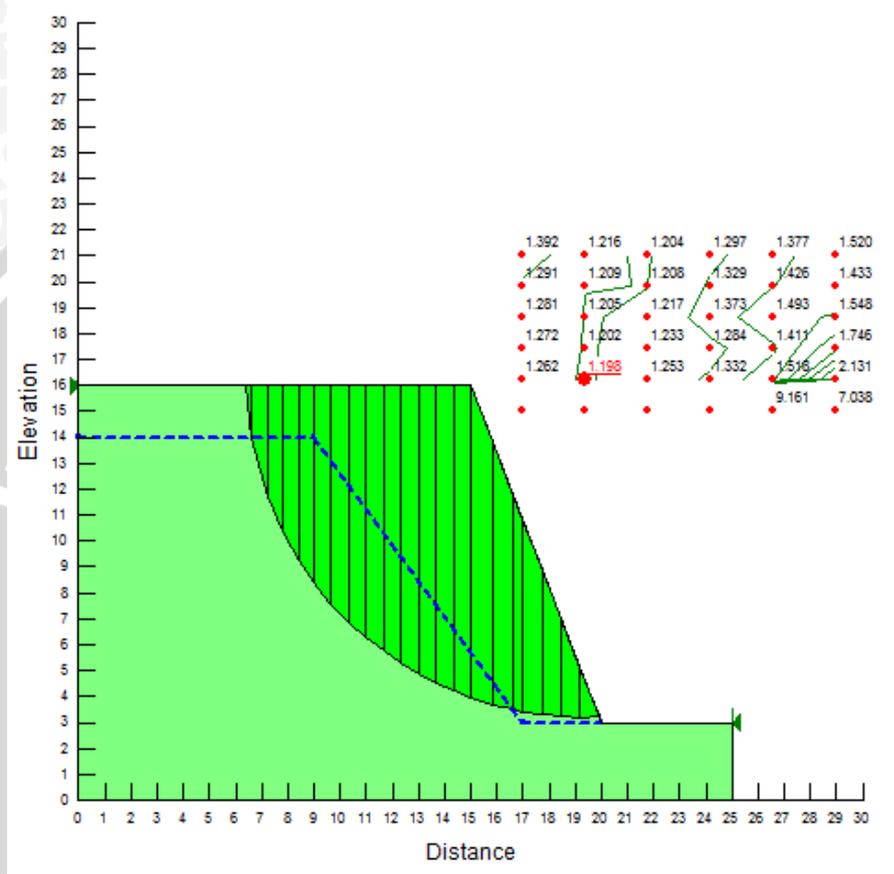
8. Hasil dari *Running software Geostudio SLOPE/W 2007* untuk simulasi TANAH C (Tanah Ladang) dengan rembesan adalah :



Gambar 4.23 Hasil Simulasi TANAH C (Tanah Ladang) Pada Saat Kondisi Ada Rembesan.

(Sumber : Simulasi Tugas Akhir)





Dari hasil *Running* simulasi Lereng TANAH C (Tanah Ladang) dengan adanya rembesan tersebut dapat diketahui nilai Faktor Keamanannya. Metode yang digunakan yaitu Ordinary, Bishop dan Janbu. Berikut tabulasi Nilai Faktor Keamanannya:

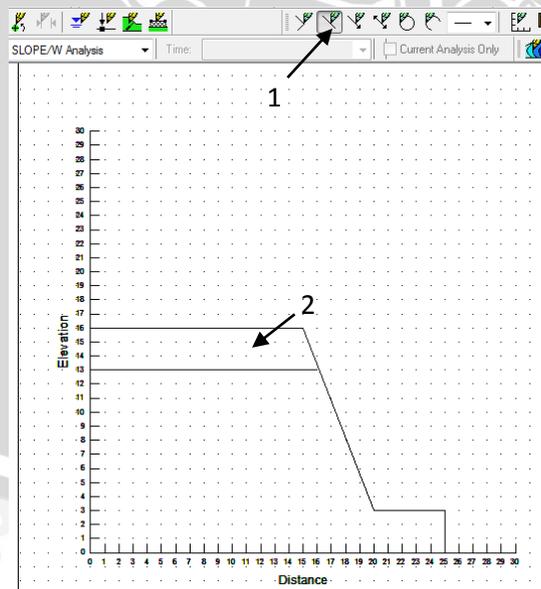
Tabel 4.6 Hasil *Running Software Geostudio SLOPE/W 2007*

No.	Metode	Nilai Faktor Keamanan
1.	Ordinary	1,248
2.	Bishop	1,198
3.	Janbu	1,280

Dapat diketahui bahwa TANAH C (Tanah Ladang) masih tergolong aman sesuai dengan kriteria nilai FK $> 1,0$ untuk perencanaan pada saat kondisi normal yaitu kondisi dimana saat ada rembesan. Jadi di area tersebut masih diperbolehkan untuk mendirikan suatu bangunan karena dari analisis ini masih tergolong aman.

4.3.1.3 Analisis TANAH A (Tanah Atas) dan TANAH B (Tanah Bawah) Pada Saat Kondisi Ada Rembesan dan Ada Beban.

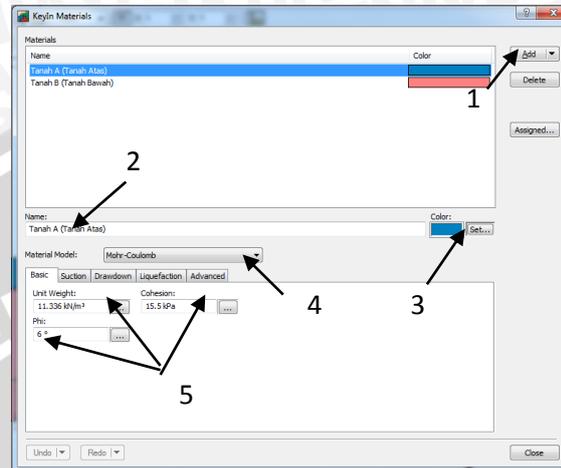
1. Menggambar lereng menggunakan *icon Sketch Lines* sesuai dengan koordinat yang ada di lapangan yaitu dengan koordinat.



Gambar 4.24 *Input* Penggambaran Koordinat Lereng Tanah A (Tanah Atas) dan Tanah B (Tanah Bawah) Pada Saat Kondisi Ada Beban dan Ada Rembesan

(Sumber : Simulasi Tugas Akhir)

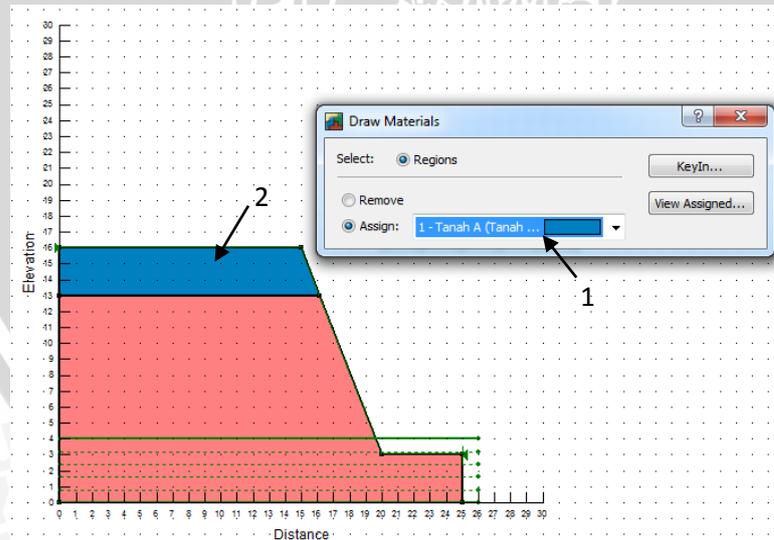
- Memasukkan material tanah sesuai dengan data yang telah didapat menggunakan *icon Materials* pada tombol *KeyIn* dan pilih Mohr-Coloumb pada Material Model dilakukan berulang saat memasukkan data TANAH B (Tanah Bawah)



Gambar 4.25 *Input Data Material Tanah A (Tanah Atas) dan Tanah B (Tanah Bawah) Pada Saat Kondisi Ada Beban dan Ada Rembesan.*

(Sumber : Simulasi Tugas Akhir)

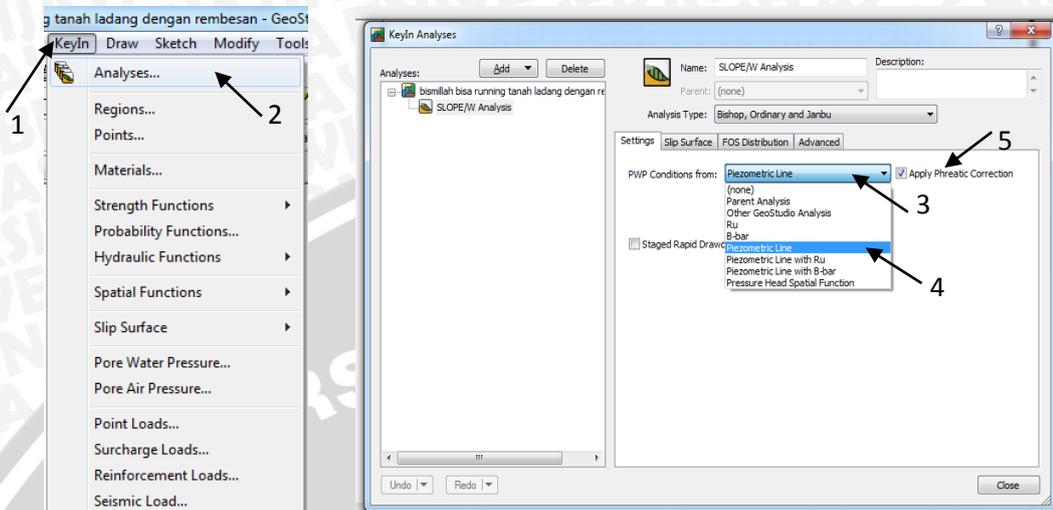
- Memasukkan data tanah pada layer yang telah digambarkan menggunakan *icon Draw* dan pilih *Materials* lalu klik pada layer tanah yang telah dibatasi.



Gambar 4.26 *Input Data Material Tanah A (Tanah Atas) dan Tanah B (Tanah Bawah) Pada Saat Kondisi Ada Beban dan Ada Rembesan.*

(Sumber : Simulasi Tugas Akhir)

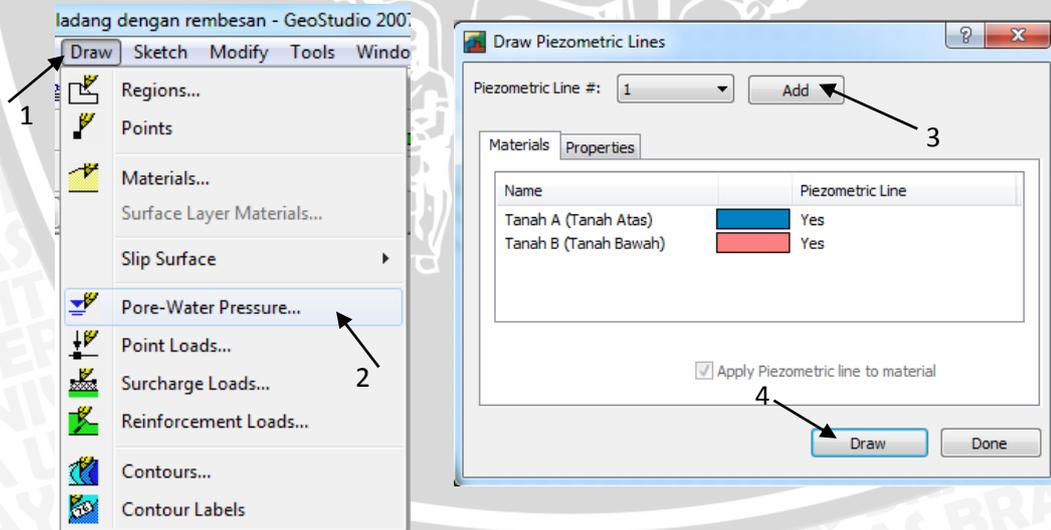
- Pemilihan analisa yang digunakan pada saat kondisi ada rembesan yaitu dengan klik *icon KeyIn* lalu pilih *Analyses*, pada *PWP conditions* pilih *Pizometric Lines* lalu centang *Apply Phreatic Corrections*.



Gambar 4.27 *Input Metode Untuk Penggambaran Garis Rembesan.*

(Sumber : Simulasi Tugas Akhir)

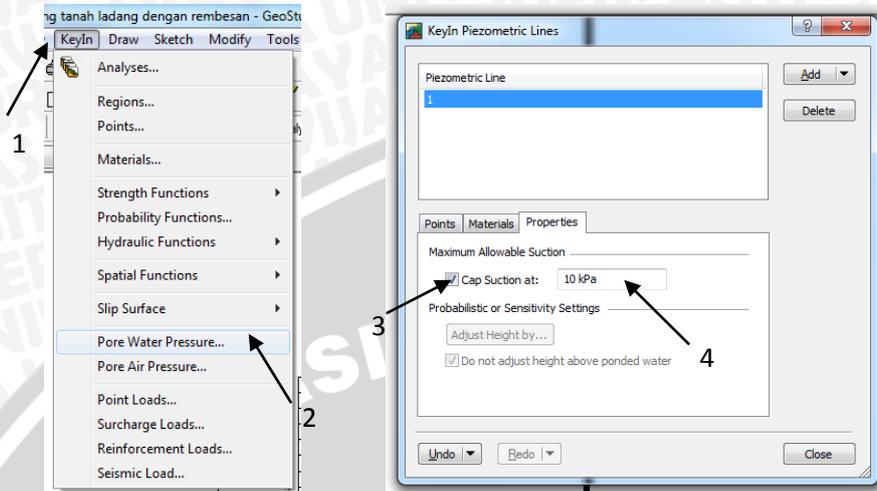
- Untuk penggambaran garis rembesan klik *Draw* lalu pilih *Pore-Water Pressure* klik *Add* lalu *Draw* dan gambarkan sesuai dengan garis rembesan yang diinginkan.



Gambar 4.28 *Penggambaran Garis Rembesan Untuk Simulasi Lereng Tanah A (Tanah Atas) dan Tanah B (Tanah Bawah) Pada Saat Kondisi Ada Beban dan Ada Rembesan.*

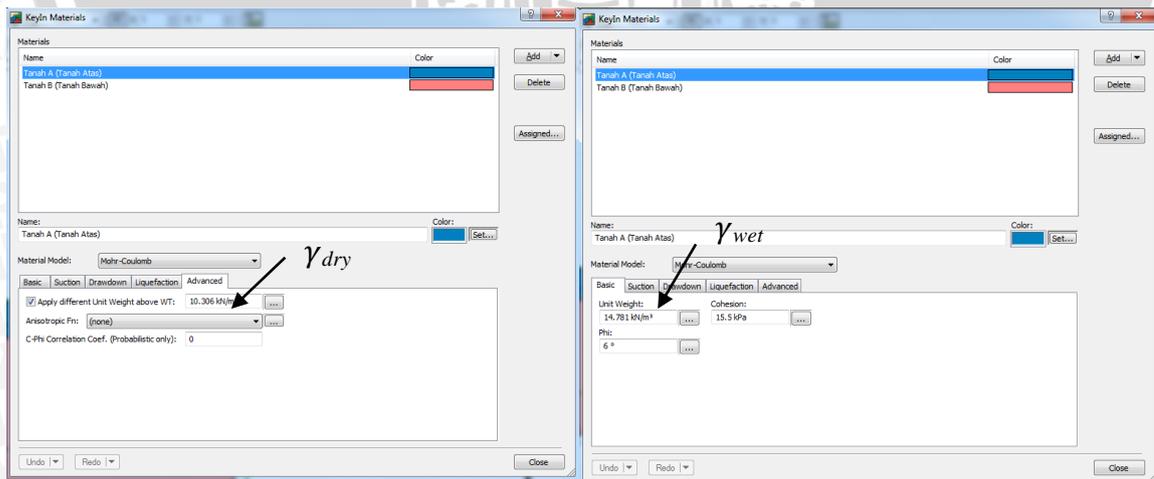
(Sumber : Simulasi Tugas Akhir)

- Untuk memasukkan nilai dari *Pore-Water Pressure*nya maka klik *KeyIn* lalu pilih *Pore-Water Pressure* centang *Cap suction at* lalu isi dengan nilai $\gamma_w = 10 \text{ kPa}$



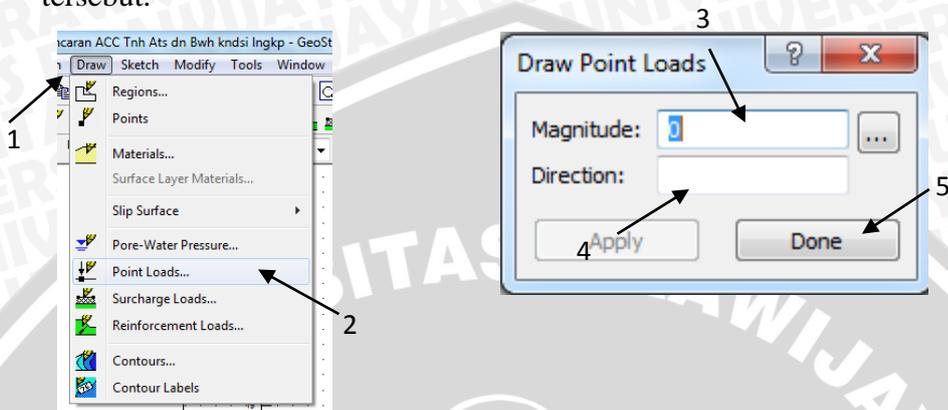
Gambar 4.29 Input Nilai γ_{air} Untuk Simulasi Lereng Tanah A (Tanah Atas) dan Tanah B (Tanah Bawah) Pada Saat Kondisi Ada Beban dan Ada Rembesan.
(Sumber : Simulasi Tugas Akhir)

- Pada menu *Advance* di *Materials* centang *Apply different Unit Weight above Water Table* untuk memasukkkn nilai γ_{dry} yang akan diaplikasikan diatas rembesan, sedangkan pada icon Basic untuk nilai Unit weight diisi dengan nilai γ_{wet} (berat isi basah) karena tanah tersebut berada di bawah rembesan.



Gambar 4.30 Input Nilai γ_{dry} dan γ_{wet} Untuk Simulasi Tanah A (Tanah Atas) dan Tana B (Tanah Bawah) Pada Saat Kondisi Ada Beban dan Ada Rembesan.
(Sumber : Simulasi Tugas Akhir)

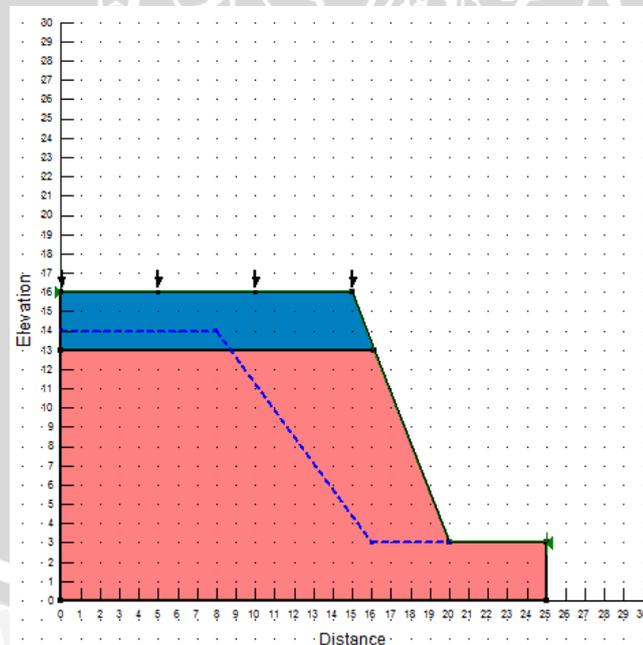
- Untuk memasukkan nilai beban terpusat pada *Software Geostudio SLOPE/W 2007* adalah dengan menggunakan *icon Point Loads* lalu klik pada titik yang diinginkan. Pengisian *Magnitude* adalah untuk total beban terpusat, sedangkan untuk *Direction* merupakan arah sudut beban terpusat tersebut.



Gambar 4.31 *Input* Nilai Beban Terpusat Untuk Simulasi Tanah A (Tanah Atas) dan Tanah B (Tanah Bawah) Pada Saat Kondisi Ada Beban dan Ada Rembesan.

(Sumber : Simulasi Tugas Akhir)

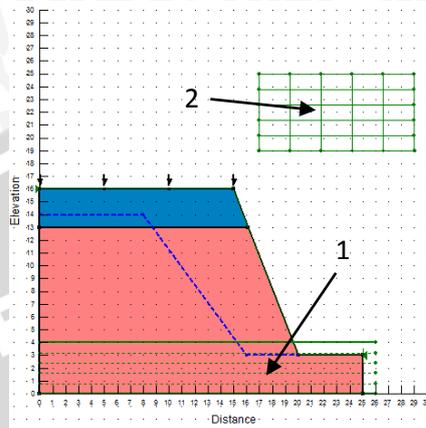
Hasil dari penggambaran beban adalah sebagai berikut :



Gambar 4.32 Hasil Penggambaran Simulasi Tanah A (Tanah Atas) dan Tanah B (Tanah Bawah) Pada Saat Kondisi Ada Beban dan Ada Rembesan.

(Sumber : Simulasi Tugas Akhir)

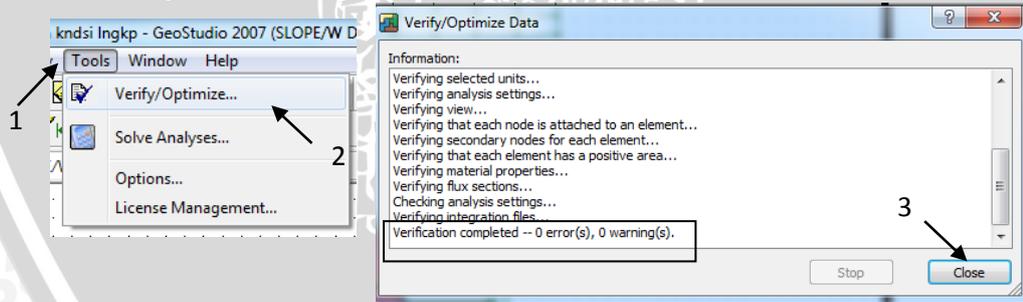
9. Dalam simulasi ini metode yang digunakan yaitu metode Bishop, Ordinary dan Janbu yang mana perlu adanya *radius* untuk mengukur jarak atau diameter dari bidang runtuh serta *Grid* untuk menentukan titik sembarang yang akan dijadikan acuan untuk perhitungan faktor keamanan lereng ini.



Gambar 4.33 Hasil Penggambaran *Grid and Radius* Pada Simulasi Tanah A (Tanah Atas) dan Tanah B (Tanah Bawah) Pada Saat Kondisi Ada Beban dan Ada Rembesan.

(Sumber : Simulasi Tugas Akhir)

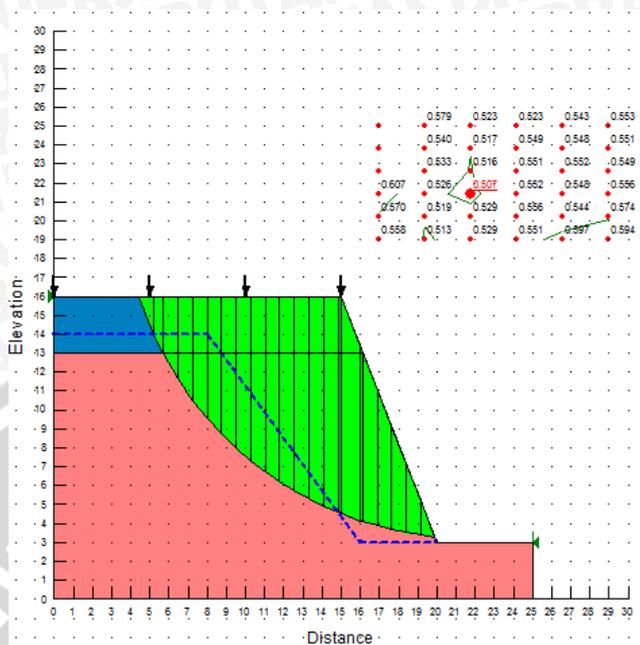
10. Pengecekan langkah dan data yang telah dimasukkan dengan klik *Tools* lalu pilih *Verify/Optimize* jika tidak ada kesalahan dan peringatan maka bisa dilanjutkan untuk penyelesaian masalah.



Gambar 4.34 Pengecekan Ulang Langkah dan Data Pada Simulasi Tanah A (Tanah Atas) dan Tanah B (Tanah Bawah) Pada Saat Kondisi Ada Beban dan Ada Rembesan.

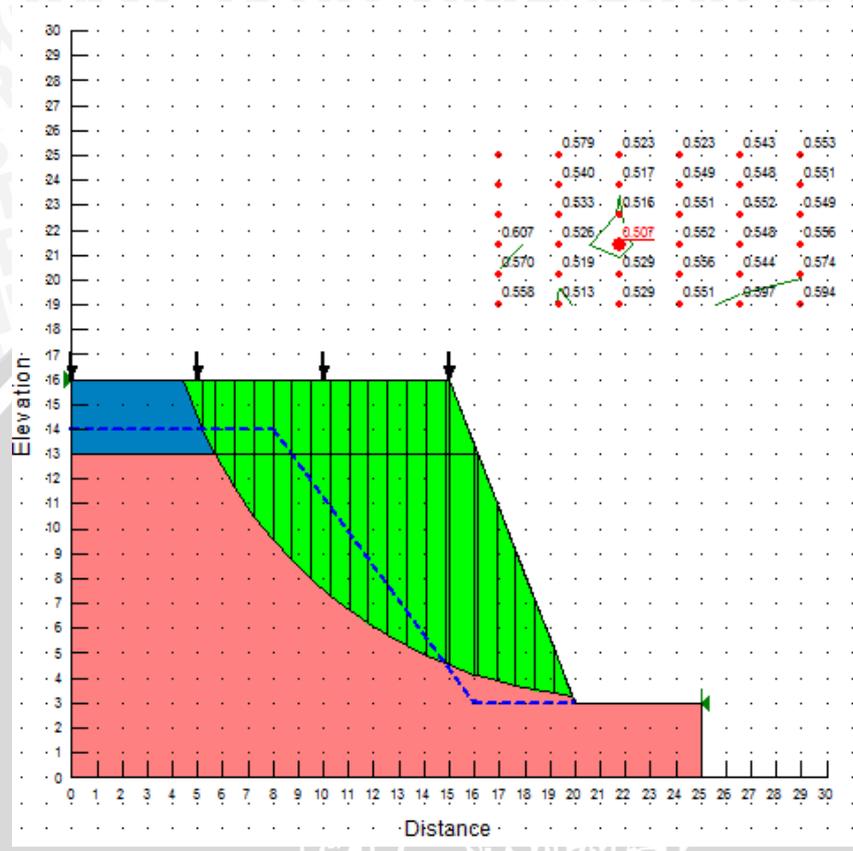
(Sumber : Simulasi Tugas Akhir)

11. Hasil dari *Running software Geostudio SLOPE/W 2007* untuk simulasi TANAH A (Tanah Atas) dan TANAH B (Tanah Bawah) pada saat kondisi ada beban dan ada rembesan adalah :



Gambar 4.35 Hasil *Running* Simulasi Tanah A (Tanah Atas) dan Tanah B (Tanah Bawah) Pada Saat Kondisi Ada Beban dan Ada Rembesan.
(Sumber : Simulasi Tugas Akhir)





Dari hasil *Running* simulasi Lereng TANAH A (Tanah Atas) dan TANAH B (Tanah Bawah) tersebut dapat diketahui nilai Faktor Keamanan pada saat kondisi ada beban dan ada rembesan. Metode yang digunakan yaitu Ordinary, Bishop dan Janbu. Berikut ini merupakan tabulasi hasil *Running*:

Tabel 4.7 Hasil *Running Software Geostudio SLOPE/W 2007*

No.	Metode	Nilai Faktor Keamanan
1.	Ordinary	0,501
2.	Bishop	0,507
3.	Janbu	0,502

Sumber : Hasil *Running Software Geostudio SLOPE/W 2007*

Dari tabulasi tersebut dapat diketahui bahwa TANAH A (Tanah Atas) dan TANAH B (Tanah Bawah) pada saat kondisi ada beban dan ada rembesan tergolong TIDAK AMAN. Sesuai dengan kriteria nilai FK > 1,0 untuk lereng lahan. Jadi di area tersebut memang benar terjadi longsor, seperti pada kondisi di lokasi Perumahan Royal Sigura-gura Malang. (Analisis Selanjutnya terlampir)

Berikut ini merupakan tabulasi hasil *Running Software Geostudio SLOPE/W 2007* dalam berbagai kondisi :

Tabel 4.8 Tabulasi hasil *Running Software Geostudio SLOPE/W 2007*

Tabulasi nilai Faktor Keamanan			
Kondisi	<i>Software Geostudio / SLOPE W 2007</i>		
	Metode Fellenius	Metode Bishop	Metode Janbu
Tanah C (Tanah Ladang) kondisi kering	1,369	1,358	1,431
Tanah C (Tanah Ladang) kondisi ada rembesan	1,248	1,198	1,280
Tanah A (Tanah Atas) dan Tanah B (Tanah Bawah) kondisi kering	0,608	0,591	0,683
Tanah A (Tanah Atas) dan Tanah B (Tanah Bawah) kondisi ada rembesan	0,536	0,534	0,584
Tanah A (Tanah Atas) dan Tanah B (Tanah Bawah) kondisi ada beban	0,540	0,532	0,572

Tabulasi nilai Faktor Keamanan			
Kondisi	Software Geostudio / SLOPE W 2007		
	Metode Fellenius	Metode Bishop	Metode Janbu
Tanah A (Tanah Atas) dan Tanah B (Tanah Bawah) kondisi ada beban dan rembesan	0,501	0,507	0,502

Sumber : Hasil *Running Software Geostudio SLOPE/W 2007*

Dari hasil diatas dapat dilihat bahwa pada saat Tanah A (Tanah Atas) dan Tanah B (Tanah Bawah) kondisi kering nilai Faktor Keamanannya sudah < 1 yang berarti bahwa lereng tersebut Tidak Aman, berbeda dengan Tanah C (Tanah Ladang) yang hasil Faktor Keamanannya > 1 yang berarti lereng tersebut Aman. Untuk itu perlu ditinjau lagi data-data untuk Tanah A (Tanah Atas) dan Tanah B (Tanah Bawah):

Tabel 4.9 Hasil Uji Laboratorium

Jenis Tanah	Hasil Uji Laboratorium			
	γ_d (kN/m ³)	γ_{wet} (kN/m ³)	c (kg/cm ²)	ϕ (o)
Tanah A (Tanah Atas)	10,306	14,781	15,5	6
Tanah B (Tanah Bawah)	10,69	14,373	11,722	7
Tanah C (Tanah Ladang)	11,611	14,067	33,845	9

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

Dari data diatas dapat dilihat bahwa nilai c (kohesi), γ_d dan ϕ (sudut geser) Tanah C (Tanah Ladang) lebih besar dari Tanah A (Tanah Atas) dan Tanah B (Tanah Bawah) sedangkan hal-hal tersebut sangat berpengaruh dalam kekuatan tanah. Tanah C (Tanah Ladang) memiliki nilai kohesi yang cukup besar dibandingkan Tanah A (Tanah Atas) dan Tanah B (Tanah Bawah) yang berarti kekuatan untuk menahan gesernya jauh lebih besar dan menyebabkan lereng Ladang menjadi lebih aman.

4.5 Hasil Faktor Keamanan Lereng Secara Manual dan *Software Geostudio SLOPE/W 2007* dengan Menggunakan Metode Bishop.

Berikut ini merupakan tabulasi perbandingan hasil Faktor Keamanan secara manual dan *Software Geostudio SLOPE/W 2007* :

Tabel 4.10 Tabulasi Perbandingan Nilai Faktor Keamanan

Kondisi	Nilai Faktor Keamanan metode Bishop	
	Manual	<i>Software Geostudio SLOPE/W 2007</i>
Tanah C (Tanah Ladang) kondisi kering	-	1,358
Tanah C (Tanah Ladang) kondisi ada rembesan	-	1,198
Tanah A (Tanah Atas) dan Tanah B (Tanah Bawah) kondisi kering	0,890	0,591
Tanah A (Tanah Atas) dan Tanah B (Tanah Bawah) kondisi ada rembesan	0,730	0,534
Tanah A (Tanah Atas) dan Tanah B (Tanah Bawah) kondisi ada beban	0,800	0,532
Tanah A (Tanah Atas) dan Tanah B (Tanah Bawah) kondisi ada beban dan rembesan	0,680	0,507

Sumber : Hasil Perhitungan dan *Running Software Geostudio SLOPE/W 2007*

Dari hasil tersebut bisa kita lihat bahwa pada saat ada rembesan terjadi penurunan nilai Faktor Keamanan sebesar 17,98% untuk perhitungan manual dan 9,64% untuk *Running Software* terhadap nilai Faktor Keamanan kondisi kering.

Berikut merupakan prosentase penurunan nilai Faktor Keamanan dengan berbagai kondisi terhadap nilai Faktor Keamanan dalam kondisi kering :

Tabel 4.11 Tabulasi Prosentase Penurunan Nilai Faktor Keamanan

Kondisi	Prosentase penurunan nilai Faktor Keamanan terhadap kondisi kering (%)	
	Manual	<i>Software Geostudio SLOPE/W 2007</i>
Tanah A (Tanah Atas) dan Tanah B (Tanah Bawah) kondisi ada rembesan	17,98	9,64
Tanah A (Tanah Atas) dan Tanah B (Tanah Bawah) kondisi ada beban	10,11	10,15
Tanah A (Tanah Atas) dan Tanah B (Tanah Bawah) kondisi ada beban dan rembesan	23,60	14,21

Sumber : Hasil Perhitungan

Penurunan nilai Faktor Keamanan yang terbesar adalah pada saat simulasi kondisi ada beban dan rembesan yaitu sebesar 23,60 % pada perhitungan manual dan 14,21 % dengan menggunakan *Software Geostudio SLOPE/W 2007*.

4.6 Rekomendasi Perbaikan Lereng

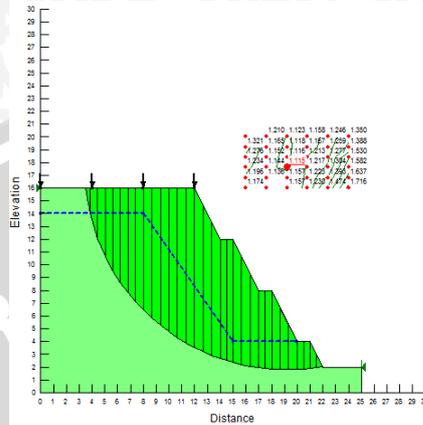
Dari simulasi yang telah dilakukan sebelumnya dapat diketahui bahwa, nilai Faktor Keamanannya < 1 dalam kondisi ada beban dan rembesan yang berarti bahwa lereng tersebut dalam kondisi TIDAK AMAN. Maka rekomendasi yang disarankan agar lereng tersebut menjadi aman adalah dengan menggunakan data tanah yang ada di sekitar lokasi. Tanah di sekitar lokasi bisa di kondisikan sebagai Tanah C (Tanah Ladang). Sesuai dengan hasil uji laboratorium data tanahnya sebagai berikut :

Tabel 4.12 Data Tanah C (Tanah Ladang)

Jenis Tanah	Hasil Uji Laboratorium			
	γ_d (kN/m ³)	γ_{wet} (kN/m ³)	c (kg/cm ²)	ϕ (o)
Tanah C (Tanah Ladang)	11,611	14,067	33,845	9

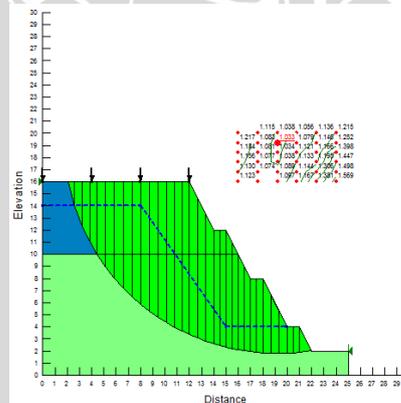
Sumber : Hasil Uji Laboratorium

- Membuat Lereng Trap
 - ✓ Alternatif 1 lereng trap dengan simulasi ada rembesan dan beban, Tanah Homogen {Tanah C (Tanah Ladang)}



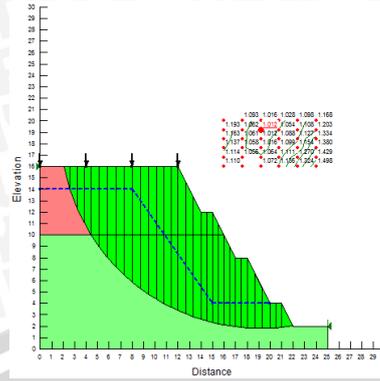
Gambar 4.36 Lereng trap dengan simulasi ada rembesan dan beban, Tanah Homogen {Tanah C (Tanah Ladang)}
(Sumber : Simulasi Tugas Akhir)

- ✓ Alternatif 2 lereng trap dengan simulasi ada rembesan dan beban, Tanah Heterogen {Tanah A (Tanah Atas) dan Tanah C (Tanah Ladang)}



Gambar 4.37 Lereng trap dengan simulasi ada rembesan dan beban, Tanah Heterogen {Tanah A (Tanah Atas) dan Tanah C (Tanah Ladang)}
(Sumber : Simulasi Tugas Akhir)

- ✓ Alternatif 3 lereng trap dengan simulasi ada rembesan dan beban, Tanah Heterogen {Tanah B (Tanah Bawah) dan Tanah C (Tanah Ladang)}



Gambar 4.38 Lereng trap dengan simulasi ada rembesan dan beban, Tanah Heterogen {Tanah B (Tanah Bawah) dan Tanah C (Tanah Ladang)}

(Sumber : Simulasi Tugas Akhir)

Analisis dilakukan dengan menggunakan *Software Geostudio SLOPE/W 2007*. Berikut ini merupakan hasil Faktor Keamanan simulasi lereng trap:

Tabel 4.13 Tabulasi Nilai Faktor Keamanan simulasi lereng trap dengan berbagai kondisi

Alternatif	Kondisi	Nilai Faktor Keamanan
1	Tanah Homogen {Tanah C (Tanah Ladang)}	1,116
2	Tanah Heterogen {Tanah A (Tanah Atas) dan Tanah C (Tanah Ladang)}	1,034
3	Tanah Heterogen {Tanah B (Tanah Bawah) dan Tanah C (Tanah Ladang)}	1,012

Sumber : Hasil *Running Software Geostudio SLOPE/W 2007*

Dari hasil tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa pihak pengembang Perumahan Royal Sigura-gura Malang bisa menggunakan Tanah C (Tanah Ladang) yang lokasinya berada di sekitar lereng perumahan Royal Sigura-gura tersebut sebagai tanah utama (jika tanah tersebut homogen) ataupun tanah dasar (jika tanah tersebut heterogen) agar dalam kondisi Ada Beban dan Rembesan Lereng Perumahan tersebut tetap Aman sesuai dengan kriteria Faktor Keamanan Lereng Lahan > 1 AMAN.

Berikut ini merupakan prosentase kenaikan Faktor Keamanan setelah dilakukan alternatif lereng trap pada saat kondisi adanya rembesan dan beban adalah sebagai berikut :

Tabel 4.14 Prosentase Kenaikan Faktor Keamanan

Kondisi	Prosentase Kenaikan Faktor Keamanan (%)
Tanah Homogen {Tanah C (Tanah Ladang)}	54,570
Tanah Heterogen {Tanah A (Tanah Atas) dan Tanah C (Tanah Ladang)}	50,967
Tanah Heterogen {Tanah B (Tanah Bawah) dan Tanah C (Tanah Ladang)}	49,901

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan tersebut dapat diketahui bahwa tingkat keberhasilan rekomendasi lereng trap dengan menggunakan data Tanah C (Tanah Ladang) cukup efektif yaitu sebesar 54,570 %. Hal ini ditinjau dari Faktor Keamanannya dengan menggunakan *Software Geostudio SLOPE/W 2007*.

Selain rekomendasi lereng trap yang telah dijelaskan diatas terdapat rekomendasi lain yang bisa juga digunakan sebagai acuan untuk studi selanjutnya. Rekomendasi yang bisa digunakan yaitu :

- Geotekstil

Geotekstil atau biasa disebut dengan tulangan lembaran ini merupakan tulangan yang terdiri dari lembaran-lembaran geotekstil, diletakkan di antara lapisan-lapisan tanah urug. Hal ini sesuai dengan kondisi yang ada di lokasi, dimana Tanah A (Tanah Atas) merupakan tanah urugan. Penutup dinding depan dapat dibuat dengan melipat geotekstil atau berupa blok-blok beton.

- Melakukan *Biogrouting*

Biogrouting merupakan cara untuk meningkatkan nilai kuat geser yang cukup rendah, sesuai dengan nilai kuat geser yang terdapat pada Tanah A (Tanah Atas) dan Tanah B (Tanah Bawah). *Biogrouting* yang telah dikembangkan oleh Mahasiswa Teknik Pengairan Universitas Brawijaya ini menggunakan limbah tahu yang didalamnya terdapat bakteri *Lactobasillus sakei*. Hal ini tentunya lebih ramah lingkungan dibandingkan menggunakan cara *Grouting* yang dapat menimbulkan efek negatif terhadap lingkungan .

Dari hasil *Biogrouting* tersebut dapat meningkatkan nilai kuat geser sebesar 102,7 % dari nilai kuat geser tanah tersebut (Adibtya Asyhari, dkk PKM *Pemanfaatan Limbah Cair Tahu Sebagai Media Pertumbuhan Bakteri Dalam Upaya Perbaikan Struktur Tanah Melalui Bioclogging dan Biocementation*). Rekomendasi penggunaan *Biogrouting* ini dapat dilakukan karena biaya yang cukup murah dan cukup efektif tanpa melakukan penggantian tanah yang telah ada di lokasi tersebut.

