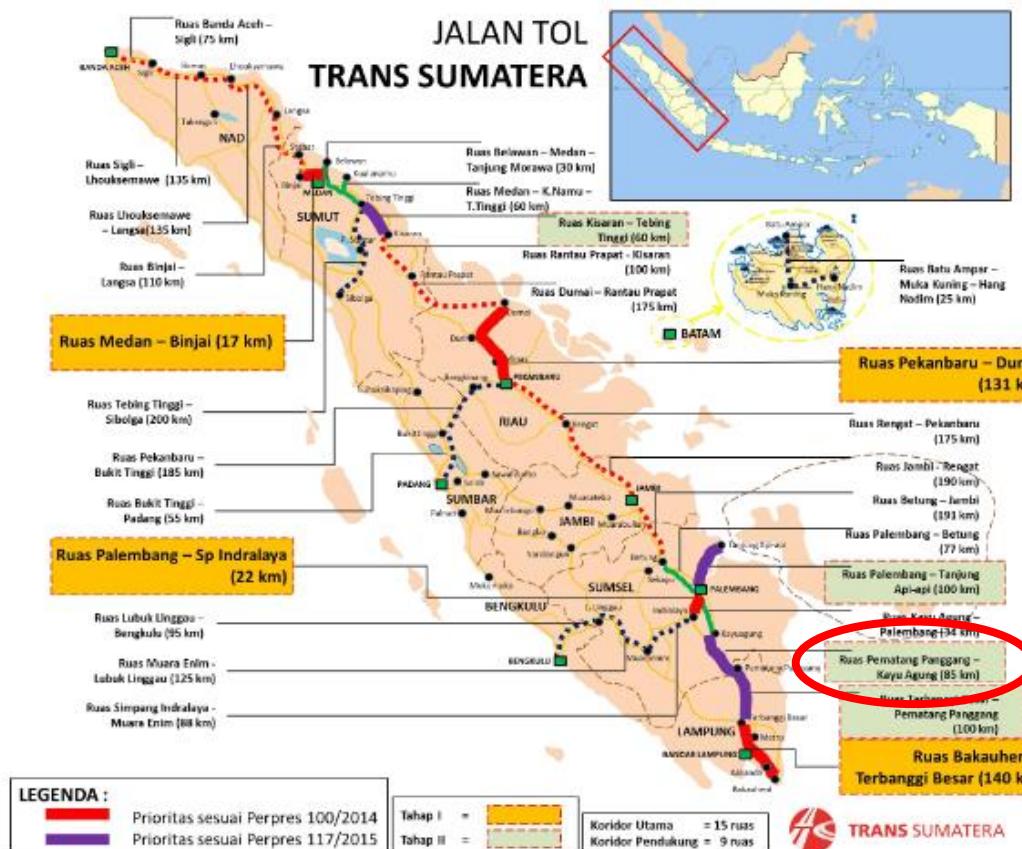


## BAB 3

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian Proyek Pembangunan Jalan Tol Pematang Panggang – Kayu Agung Seksi 2, STA. 152+025 sampai dengan STA. 158+000 yang merupakan bagian dari Jalan Tol Sumatera, Provinsi Sumatera Selatan, Indonesia.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

(Sumber : Materi Seminar Hutama Karya, 2018)

### 3.2 Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Februari sampai dengan bulan Agustus 2021 disajikan pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1** Waktu Penelitian

No.	Kegiatan	Bulan																												
		Februari				Maret				April				Mei				Juni				Juli				Agustus				
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1	Pengumpulan bahan referensi	■	■	■	■																									
2	Pengumpulan data sekunder Proyek Pembangunan Jalan Tol Pematang Panggang - Kayu Agung Seksi II																													
3	Analisis karakteristik tanah					■	■	■	■																					
4	Pemodelan PVD dan analisis smear zone pada Geostudio									■	■	■	■																	
5	Pemodelan Vacuum pada Geostudio									■	■	■	■																	
6	Analisis hasil penelitian									■	■																			
7	Pembahasan dan penyusunan laporan									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
8	Kesimpulan																													

### 3.3 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian deskriptif. Metode deskriptif adalah suatu metode yang digunakan untuk menganalisis suatu hasil penelitian tetapi tidak digunakan untuk membuat kesimpulan yang lebih luas (Sugiyono, 2018).

Pada penelitian ini digunakan pendekatan kuantitatif. Kuantitatif diartikan sebagai metode penelitian yang berlandaskan pada filsafat positivisme, digunakan untuk meneliti pada populasi atau sampel tertentu, pengumpulan data menggunakan instrumen penelitian, analisis data bersifat kuantitatif/statistik, dengan tujuan untuk menguji hipotesis yang telah ditetapkan (Sugiyono, 2017:8).

Produk yang dihasilkan adalah alternatif pemodelan *vertical drains* menggunakan *vacuum preloading* dengan *software* Geostudio berdasarkan kondisi timbunan seperti perencanaan di lapangan yang diverifikasi berdasarkan hasil instrumen geoteknik di lapangan, selanjutnya dilakukan variasi *load ratio* untuk dianalisis pengaruhnya terhadap stabilitas dan deformasi lateral. Target pengguna adalah konsultan dan kontraktor.

### 3.4 Instrumen Penelitian

1. Peralatan Perangkat Keras (*Hardware*)

Alat yang digunakan oleh peneliti dari mulai pemodelan sampai dengan pengujian yaitu Laptop Asus A416JP – VIPS552 dengan spesifikasi prosesor intel core i5, NVDIA MX330, *Random Access Memory (RAM)* 4 GB, *Solid State Drive (SSD)* 512 GB.

2. Perangkat Lunak (*Software*)

Perangkat yang digunakan oleh peneliti yaitu Microsoft Office, AutoCAD dan Geostudio 2018 R2.

### 3.5 Populasi dan *Sampling Technique*

Populasi pada penelitian ini adalah informasi hasil penyelidikan tanah pada ruas STA. 153+950, STA. 154+300, dan STA. 155+350 dan gambar kerja perbaikan tanah yang akan digunakan pada Geostudio 2018 R2.

Teknik pengambilan sampel pada penelitian ini *purposive sampling* yaitu dengan cara mengambil subjek didasarkan dengan tujuan tertentu :

1. Kondisi tanah lunak dengan kedalaman tertentu meliputi lebar perbaikan tanah dan timbunan yang akan digunakan.
2. Analisis parameter sampel tanah.
3. Peninjauan model *vertical drain* dikombinasi dengan *vacuum preloading*.

### 3.6 Data dan Sumber Data

Jenis dan sumber data dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 3.2.

**Tabel 3. 2** Jenis dan sumber data yang digunakan pada penelitian

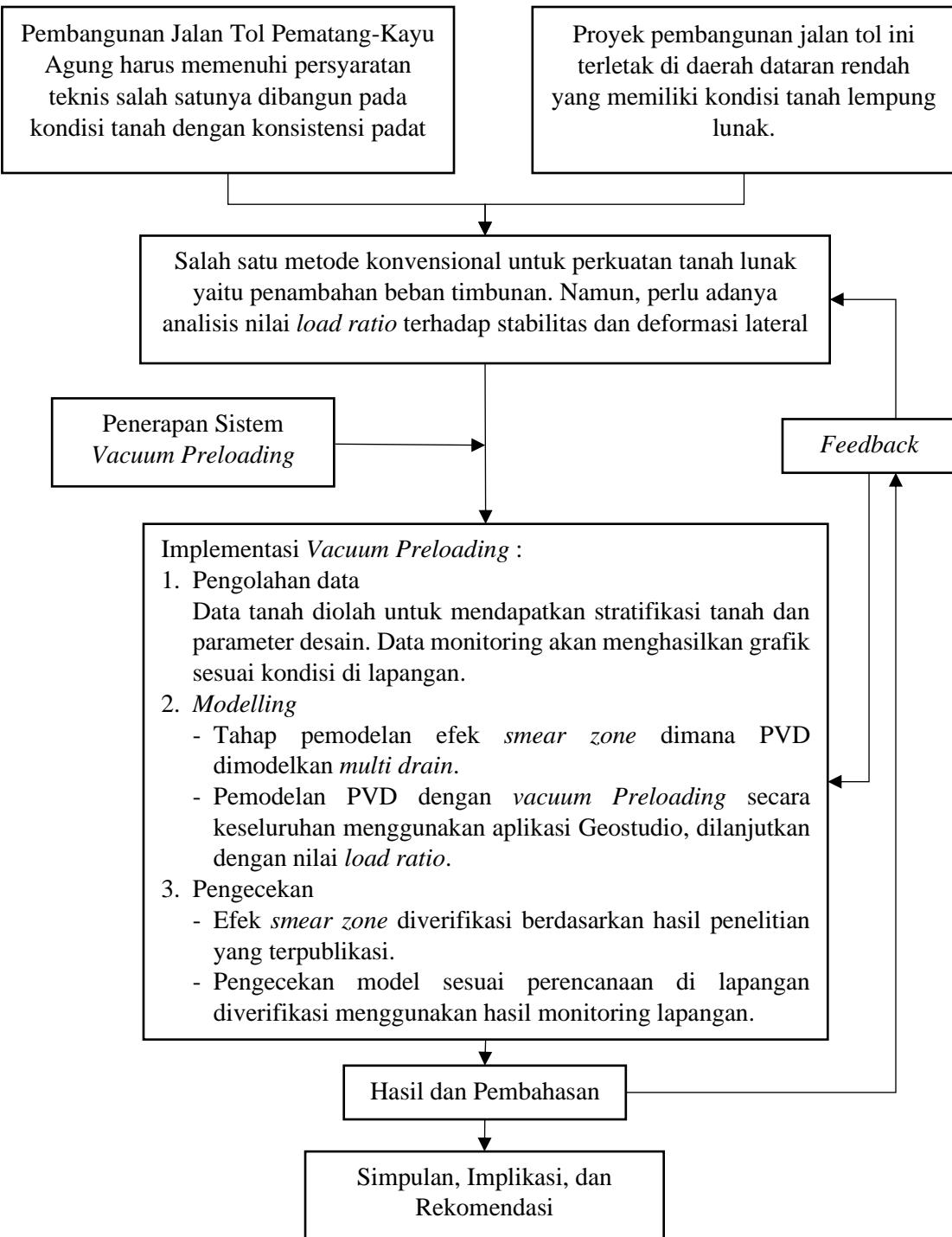
No	Jenis Data	Sumber Data	Keterangan
1	Data penyelidikan tanah di lapangan	PT. Geotekindo	Data <i>Cone Penetration Test</i>
2	Justifikasi Stabilitas Lereng	PT. Geotekindo	Model stabilitas lereng timbunan

No	Jenis Data	Sumber Data	Keterangan
3	Gambar <i>cross section</i> <i>vacuum</i>	PT. Geotekindo	Gambar kerja timbunan dan <i>vacuum</i> <i>preloading</i> tinjauan
4	Data monitoring instrumen lapangan	PT. Geotekindo	<i>Surface Settlement,</i> <i>Vacuum Degree,</i> <i>Layered Settlement,</i> <i>Pore Water Pressure,</i> <i>Inclinometer</i>
5	Laporan Kajian Geoteknik Jalan Tol Pematang Panggang – Kayu Agung	PT. Waskita Karya	-

### 3.7 Teknik Analisis

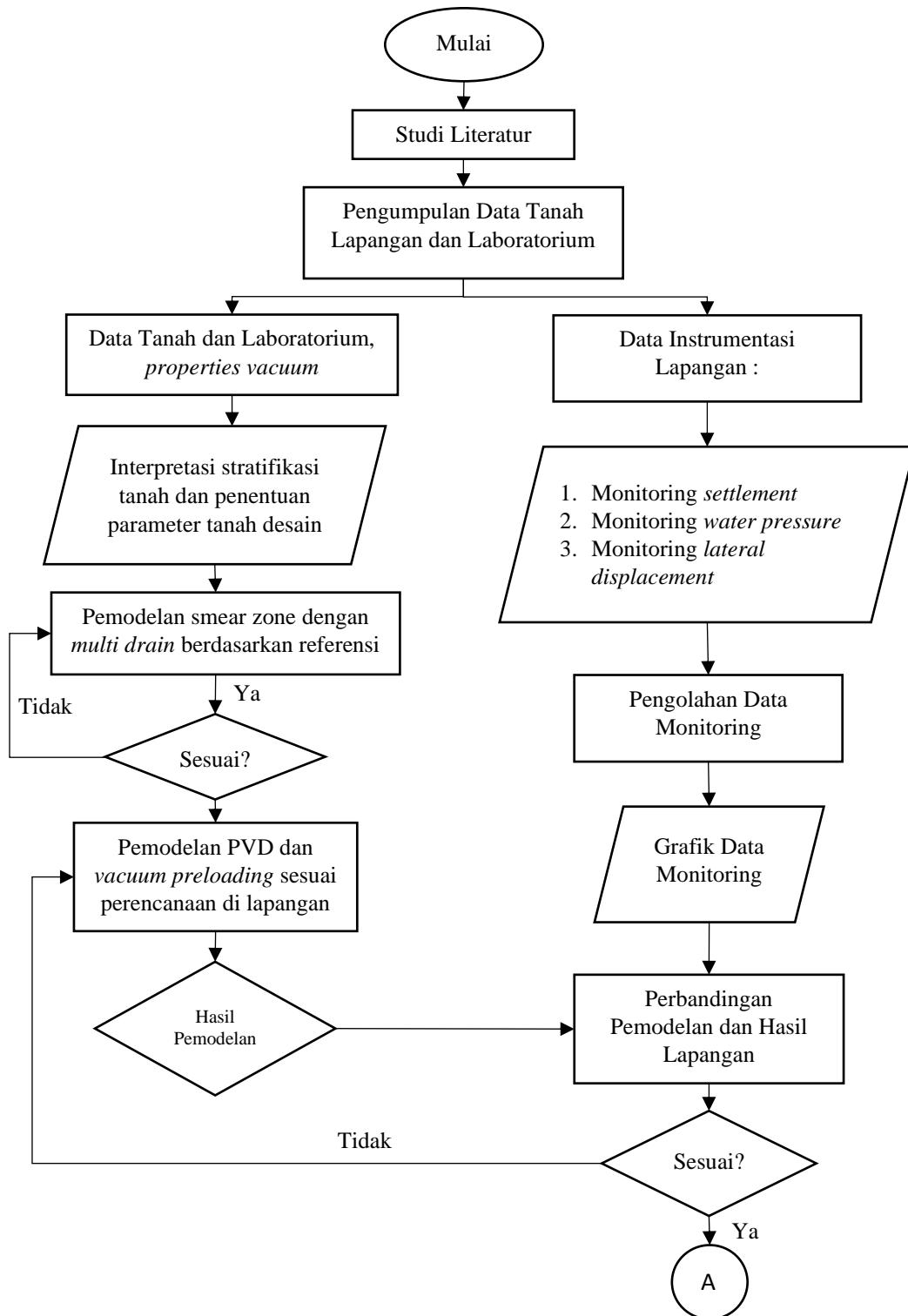
Data yang digunakan merupakan data sekunder. Data hasil penyelidikan *Cone Penetration Test* dan data laboratorium ditinjau pertama kali untuk menentukan stratifikasi tanah dan menentukan kedalaman tanah lunak kemudian penentuan parameter desain tanah menggunakan hasil uji laboratorium dan beberapa korelasi empiris, kemudian untuk mengetahui efek *smear zone*, pemodelan PVD pada Geostudio 2018 R2 dimodelkan dengan *multi drain* lalu diverifikasi berdasarkan jurnal hasil penelitian yang sudah terpublikasi, selanjutnya data *final cross section* perbaikan tanah dan tekanan *vacuum* dimodelkan ke dalam Geostudio 2018 R2 lalu diverifikasi berdasarkan data monitoring instrumen di lapangan. Selanjutnya dilakukan penambahan variasi *load ratio* untuk mengetahui pengaruh terhadap stabilitas dan deformasi lateral, untuk tekanan *vacuum* dimodelkan dengan *hydraulic boundary condition*. Data hasil monitoring lapangan meliputi data penurunan, tekanan air pori, dan deformasi lateral. Data tersebut di plot terhadap waktu untuk dibandingkan dengan hasil analisis pemodelan pada *software* Geostudio 2018 R2.

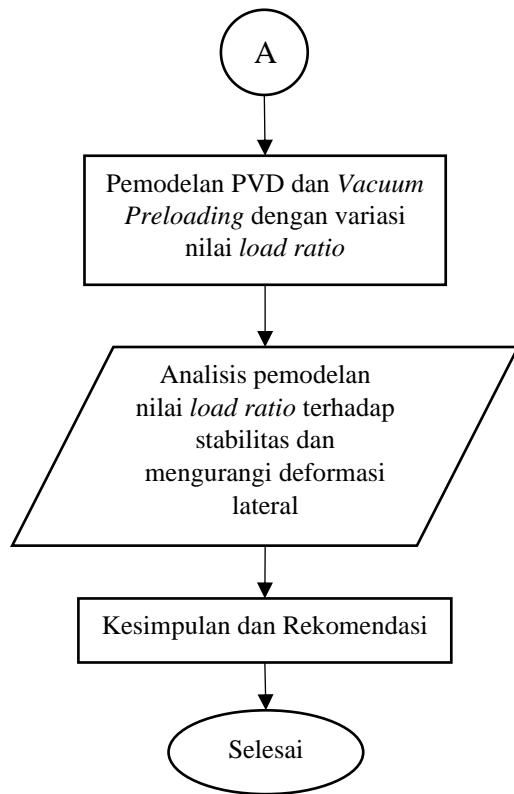
### 3.8 Kerangka Berpikir



**Gambar 3. 2** Diagram Kerangka Berpikir

### 3.9 Diagram Alir





**Gambar 3. 3** Diagram Alir

### 3.10 Pemodelan dengan SIGMA/W

#### 3.10.1 Pendahuluan

SIGMA/W pada GeoStudio 2018 R2 merupakan program yang dapat digunakan untuk menganalisis deformasi dan tegangan pada tanah. Berikut ini beberapa hal yang dapat dianalisis menggunakan SIGMA/W, antara lain :

- Analisis deformasi
- Konstruksi bertahap
- Tekanan air pori berlebih (*excess pore pressure*)
- Interaksi struktur dan tanah
- Analisis konsolidasi

#### 3.10.2 Pemodelan dan Sifat Material pada SIGMA/W

Model material pada SIGMA/W dibagi menjadi :

- Model Linear-Elastik (*Elastic Linear Model*)
- Model Non Linear/Hiperbolik (*Hyperbolic E-B Model*)
- Model Elastik Plastik (*Elastic Plastic Model*)
- Model Cam Clay (*Critical State Model/Hardening Elastic Plastic Model*)

SIGMA/W membagi material ke dalam beberapa sifat. Untuk setiap model tanah sifatnya akan berbeda tergantung apakah akan menggunakan tegangan total (*Total Stress*), tegangan efektif tanpa perubahan tekanan (*Effective stress with no pressure change*), atau tegangan efektif dengan perubahan tekanan air pori (*Effective stress with pore-water pressure change*).

Pada kasus perbaikan tanah *vacuum preloading*, material tanah menggunakan Model Cam Clay dan memperhitungkan perubahan tekanan air pori, karena terdapat peristiwa konsolidasi.

### 3.10.3 Kondisi Batas (*Boundary Condition*) pada SIGMA/W

Kondisi batas yang bisa diterapkan pada SIGMA/W dapat dilihat pada Tabel 3.3 dan Tabel 3.4.

**Tabel 3. 3** Kondisi batas dan simbol yang digunakan

Type	Value	Symbol X-Direction	Symbol Y-Direction	Description
(none)	-----	-----	-----	none
Displacement	positive (+)			hollow arrow
Displacement	negative (-)			hollow arrow
Displacement	zero (0)			hollow triangle
Force	positive (+)			solid arrow
Force	negative (-)			solid arrow
Force	zero (0)	-----	-----	none
Spring	not applicable			springs
Spring	zero (0)	-----	-----	none
Rotation	zero (0)	-----	-----	hollow circle

**Tabel 3. 4** Kondisi batas yang digunakan pada bagian tepi model

Type	Value	Symbol	Description
(none)	-----	none	-----
Normal Stress	positive (+)		line along edge, arrow perpendicular towards edge
Normal Stress	negative (-)		line along edge, arrow perpendicular away from edge
Tangential Stress	positive (+)		line along edge along edge, arrow in counter-clockwise direction around an element
Tangential Stress	negative (-)		line along edge along edge, arrow in clockwise direction around an element
X-Stress	positive (+)		line along edge, arrow pointing right
X-Stress	negative (-)		line along edge, arrow pointing left
X-Stress	zero (0)		line along edge
Y-Stress	positive (+)		line along edge, arrow pointing up
Y-Stress	negative (-)		line along edge, arrow pointing down
Y-Stress	zero (0)		line along edge
Fluid Elevation	greater than min. edge y-coordinate		line along edge, arrow perpendicular towards edge
Fluid Elevation	less than min. edge y-coordinate		line along edge

### 3.10.4 Tipe Analisis pada SIGMA/W

Tipe analisis pada SIGMA/W yaitu :

- *In situ*

Sebagian besar analisis masalah membutuhkan tegangan awal (*intial stresses*) sebelum dilanjutkan ke tahap analisis pembebahan deformasi (*load deformation analysis*) atau tegangan-regangan coupled (*coupled stress-strain*) dan analisis rembesan (*seepage analysis*). *Initial stresses* hanya memberikan hasil dari gaya gravitasi dan kesetimbangan tanah tak terganggu.

- *Stress Restribution*

Analisis ini bisa digunakan untuk perhitungan tegangan yang lebih besar daripada kekuatan tanah (*over-stressed*). Umumnya terjadi pada model Linear Elastik dimana tegangan dihitung tanpa pertimbangan kekuatan tanah, lalu pada kasus infiltrasi air ke dalam tanah yang terdapat kenaikan tekanan air pori, sementara tegangan total tetap konstan. *Stress Restribution Analysis* adalah tipe analisis yang dapat digunakan untuk menganalisis stabilitas reduksi kekuatan (*strength reduction stability analysis*).

- *Load/Deformation*

Analisis Pembebanan/Deformasi adalah tipe analisis yang digunakan jika akan mengaplikasikan pembebanan dan mencari perubahan nilai tegangan dan pergeseran yang dihasilkan.

- *Volume Change*

Analisis yang dapat digunakan untuk menganalisis hasil deformasi akibat adanya perubahan volume yang terjadi. Perubahan volume yang terjadi diakibatkan adanya perubahan air dan udara dari dalam tanah.

- *Dynamic Deformation*

Analisis Deformasi Dinamis (*Dynamic Deformation Analysis*) terintegrasi antara SIGMA/W dengan QUAKE/W yang dapat digunakan untuk menghitung deformasi akibat beban gempa. Dibutuhkan analisis dengan program QUAKE/W terlebih dahulu.

- *Coupled Stress/PWP*

Pada analisis *coupled* dibutuhkan tegangan-deformasi dan persamaan rembesan yang akan diselesaikan secara bersamaan. Dengan menggunakan analisis *coupled* maka tidak lagi dibutuhkan analisis SEEP/W dan SIGMA/W secara bersamaan, karena semua *hydraulic properties* dan *boundary condition* sudah dapat diaplikasikan langsung pada SIGMA/W. Pada analisis ini terdapat dua persamaan kesetimbangan (pergeseran) dan satu persamaan kontinuitas

(aliran). Penyelesaian dilakukan secara bersamaan sehingga menghasilkan pergeseran dan perubahan tekanan air pori.

Pada studi ini analisis yang digunakan yaitu *Coupled Stress/PWP*.

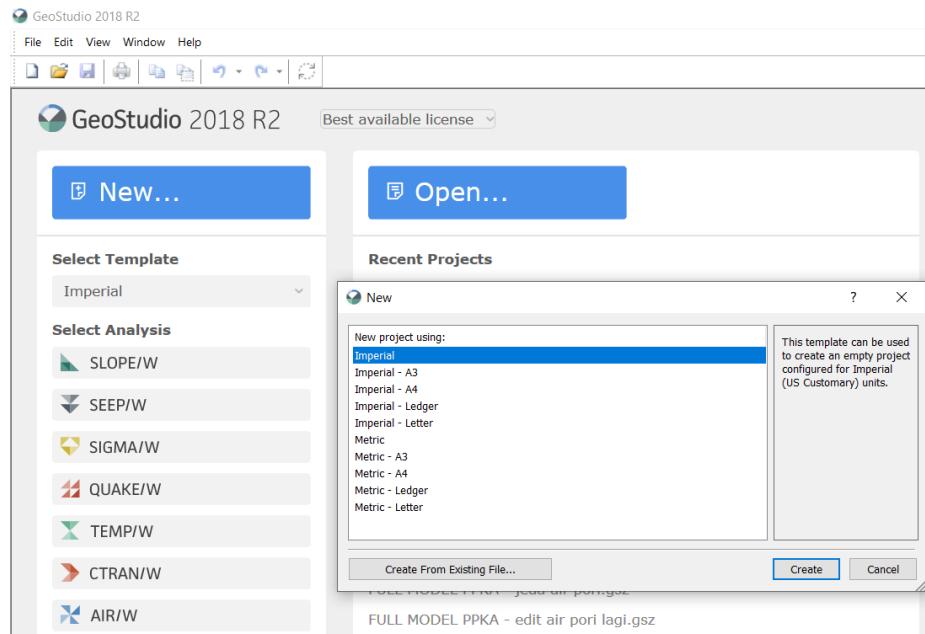
### 3.10.5 Langkah-langkah Pemodelan Menggunakan SIGMA/W

Sebelum melakukan input data, maka terlebih dahulu masuk ke program GeoStudio 2018 R2.



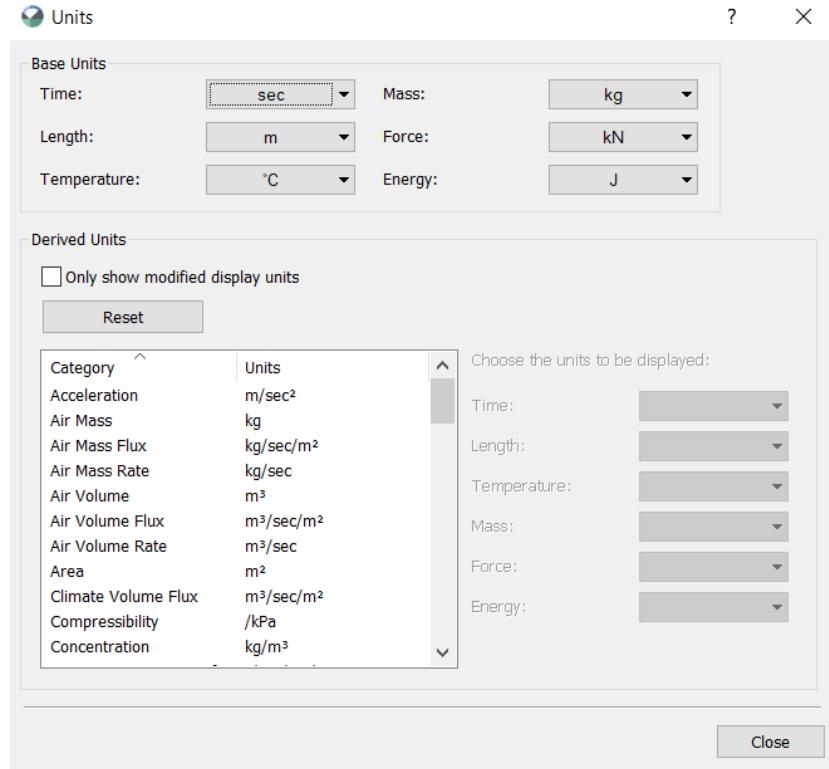
**Gambar 3. 4** Program GeoStudio 2018 R2

Untuk memulai, pilih *New* lalu klik *Create*.

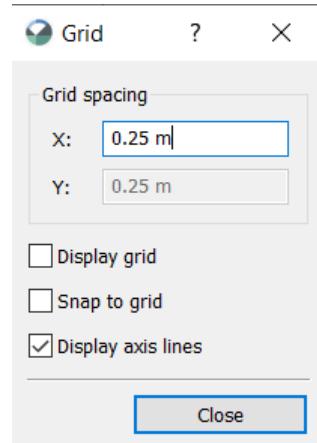


**Gambar 3. 5** Membuat Data Baru

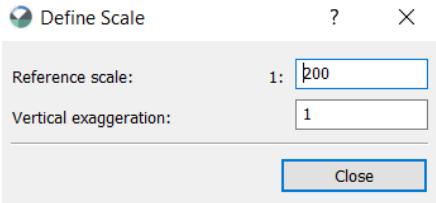
Sebelum ke tahap *Define Analysis*, klik *close* terlebih dahulu, lalu lakukan pengaturan *grid, units and scale* sesuai dengan pemodelan yang akan dibuat.



**Gambar 3. 6** Pengaturan *units* pada SIGMA/W



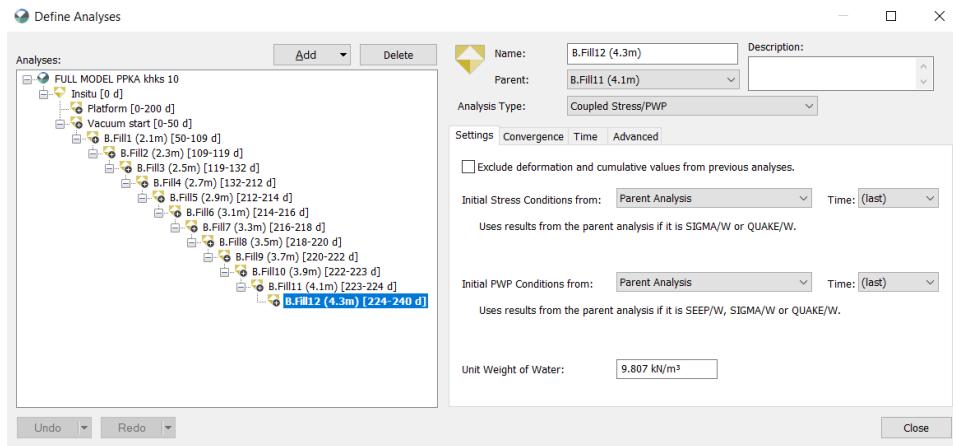
**Gambar 3. 7** Pengaturan *grid* pada SIGMA/W



**Gambar 3. 8 Pengaturan scale pada SIGMA/W**

### 1. Define Analyses

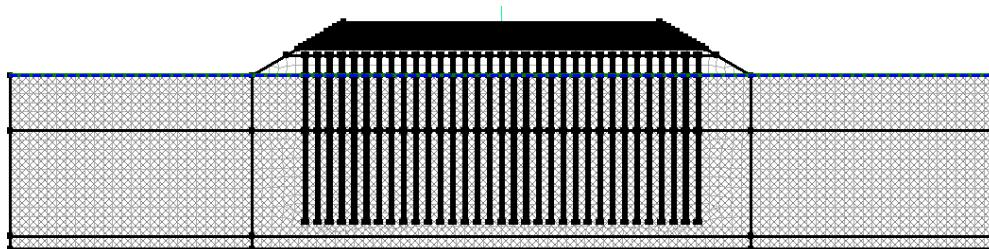
Pada tahap ini kita menentukan analisis apa yang akan digunakan. Studi ini menggunakan dua tipe analisis yaitu *In situ* dan *Coupled Stress/PWP*. Tahap pertama analisis kondisi initial sebelum penerapan *vacuum* dan penentuan muka air tanah. Lalu dilanjutkan dengan tahap aktif *vacuum* dan penambahan timbunan bertahap.



**Gambar 3. 9 Penentuan Analysis Type pada SIGMA/W**

### 2. Menggambar Geometri Tanah dan Region

Membuat geometri model tanah sesuai dengan data *cross section* yang sudah ditentukan menggunakan *tools* yang ada pada *toolbar Draw*.



**Gambar 3. 10 Geometri Model Tanah pada SIGMA/W**

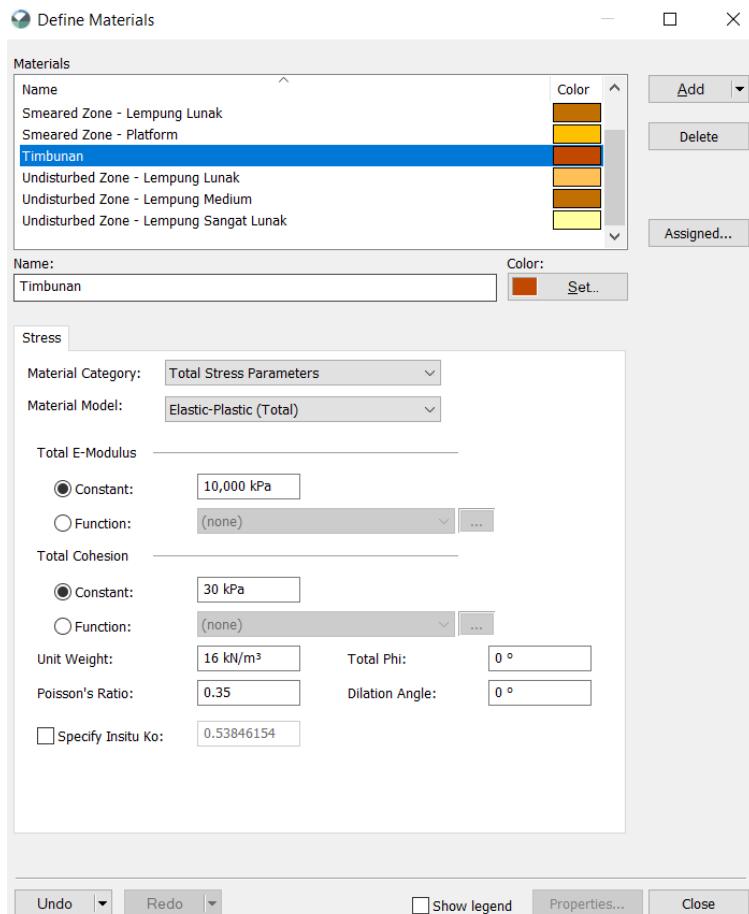
### 3. Define Materials

Tahap selanjutnya adalah *input* material tanah, pilih *Define* lalu klik *Materials*.

Kategori material (*Material Category*) pada setiap lapisan tanah, ditentukan sebagai berikut :

#### a. Timbunan

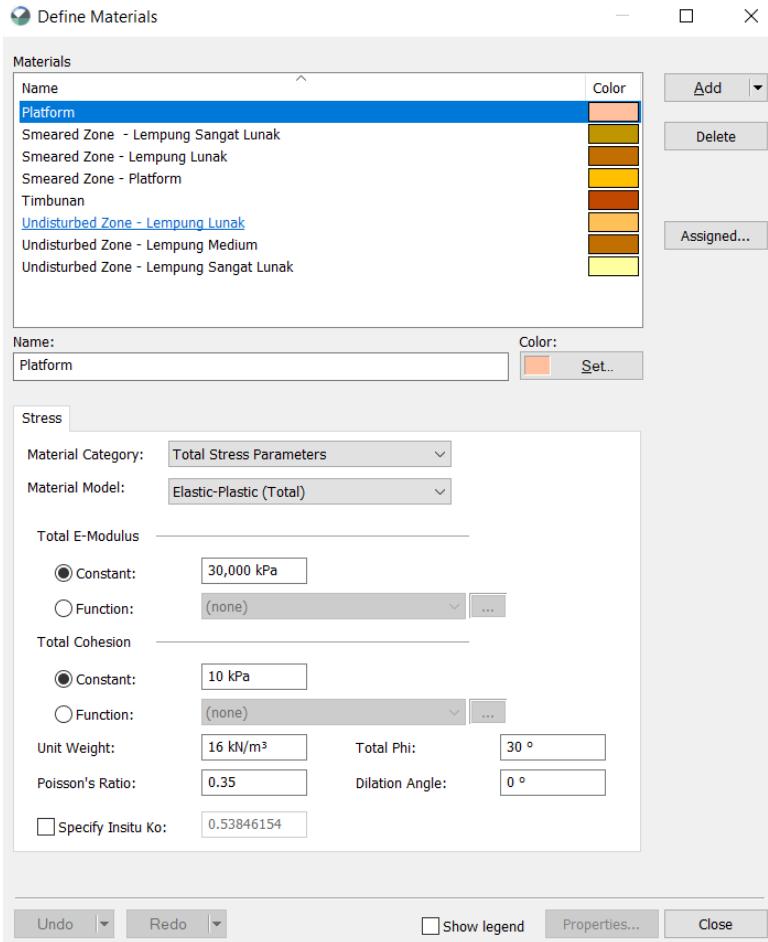
Material timbunan menggunakan kategori material *Total Stress Parameter* dengan *material model Elastic-Plastic (Total)*.



**Gambar 3. 11** Material Properties Timbunan SIGMA/W

#### b. Sand Platform

Material *sand platform* menggunakan kategori material *Total Stress Parameter* dengan *material model Elastic-Plastic (Total)*.

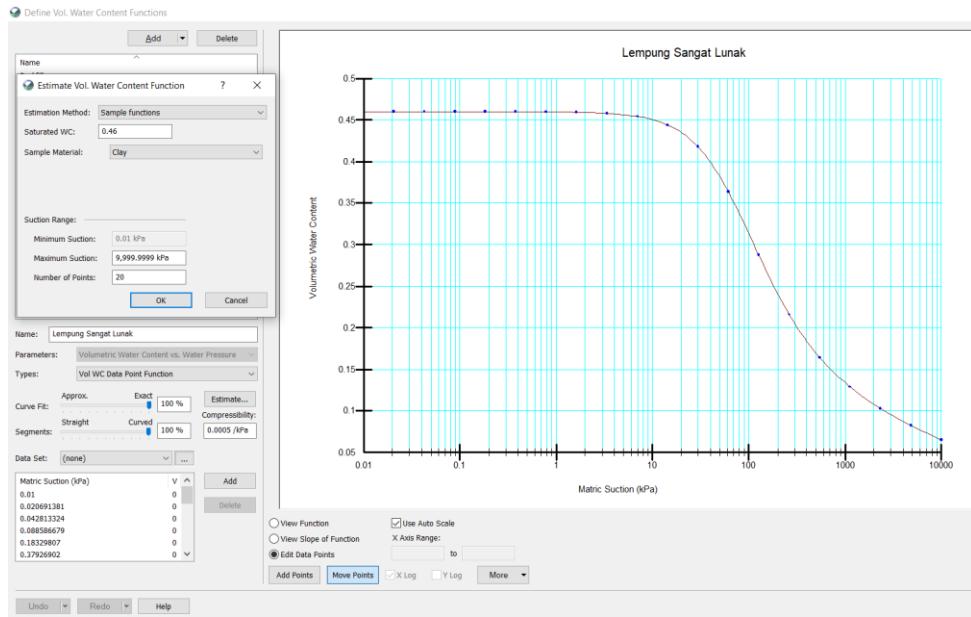


**Gambar 3. 12 Material Properties Sand Platform SIGMA/W**

### c. Lempung (Sangat Lunak)

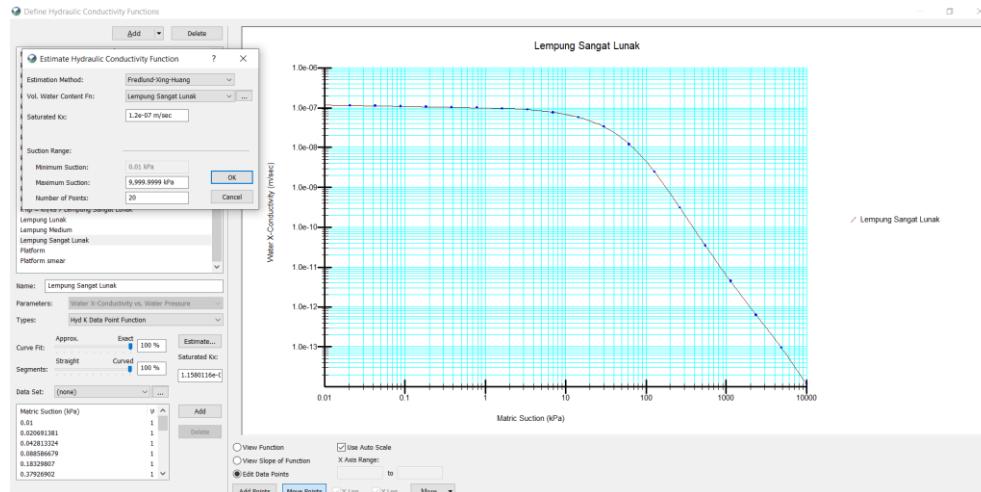
Material lempung dengan konsistensi sangat lunak menggunakan kategori material *Effective Parameters with PWP Change* dengan *material Soft Clay (MCC with PWP Change)*. Material ini membutuhkan input *Hydraulic Properties* seperti *Volume Water Content Function*, *Hydraulic Conductivity* (Nilai permeabilitas), dan *Anisotropy Ky'/Kx' Ratio*.

Untuk fungsi *volume water content* dilakukan *estimate* dengan metode *sample function* dan memasukkan *Saturated WC* (kadar air) dari pengujian laboratorium serta nilai kompresibilitas tanah. Nilai *ratio Ky'/Kx'* sebesar 0,5.



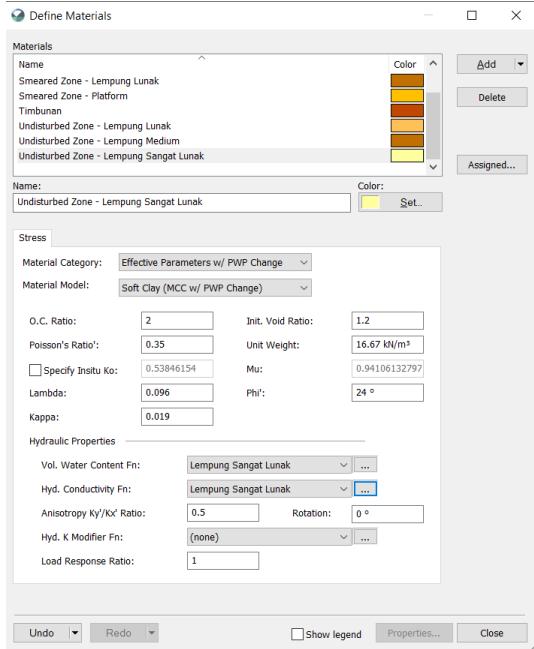
**Gambar 3. 13 Volumetric Water Content Function Lempung (Sangat Lunak)**

Untuk nilai *Hydraulic Conductivity* (Nilai permeabilitas) material dengan input permeabilitas *plane strain* kondisi *undisturbed* dan melakukan *estimate* menggunakan metode *Fredlund and Xing* lalu memasukkan fungsi VWC yang telah dibuat sebelumnya.



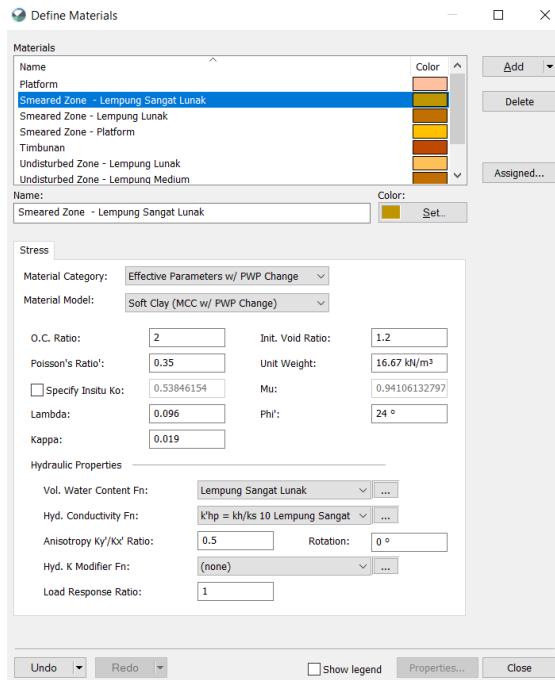
**Gambar 3. 14 Hydraulic Conductivity Lempung (Sangat Lunak)**

Lalu masukkan *Hydraulic Properties* yang telah dibuat pada Material tanah.



**Gambar 3. 15** Material Properties Lempung (Sangat Lunak) SIGMA/W

Untuk input *Hydraulic Conductivity* pada tanah *smeared zone* menggunakan permeabilitas *plane strain* kondisi *smeared*.

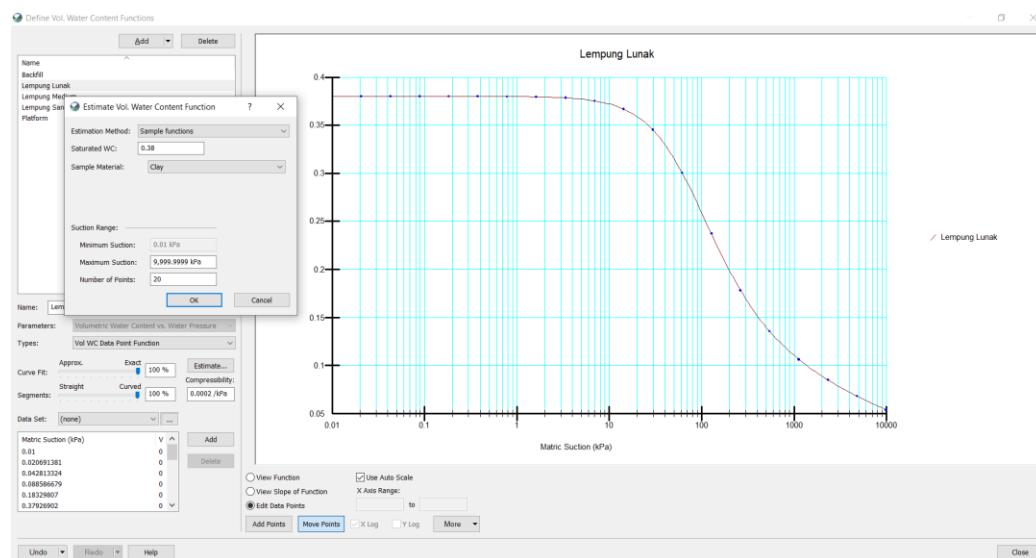


**Gambar 3. 16** Material Properties Lempung (Sangat Lunak) *Smeared Zone*

#### d. Lempung (Lunak)

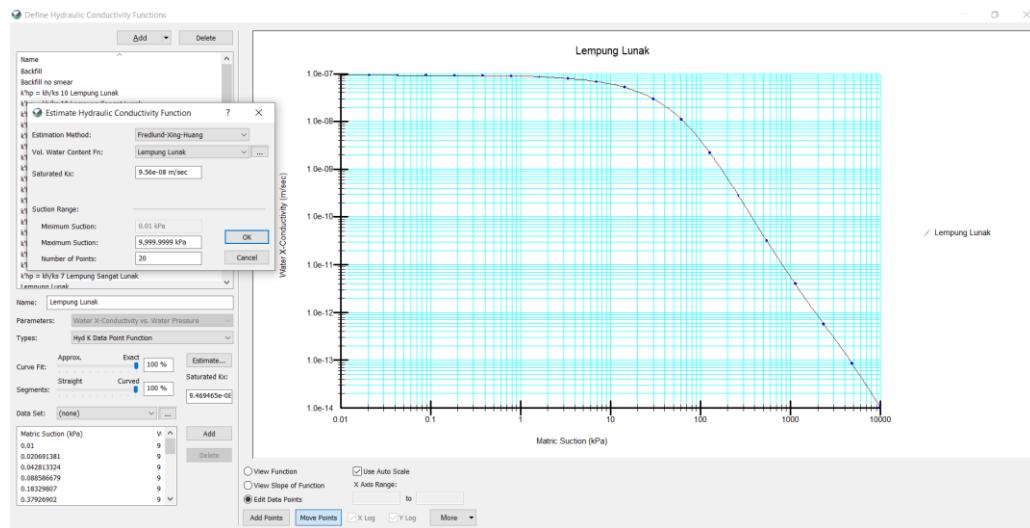
Material lempung dengan konsistensi lunak menggunakan kategori material *Effective Parameters with PWP Change* dengan *material Soft Clay (MCC with PWP Change)*. Material ini membutuhkan input *Hydraulic Properties*.

Untuk fungsi *volume water content* dilakukan *estimate* dengan metode *sample function* dan memasukkan *Saturated WC* (kadar air) dari pengujian laboratorium serta nilai kompresibilitas tanah. Nilai *ratio Ky'/Kx'* sebesar 0,5.



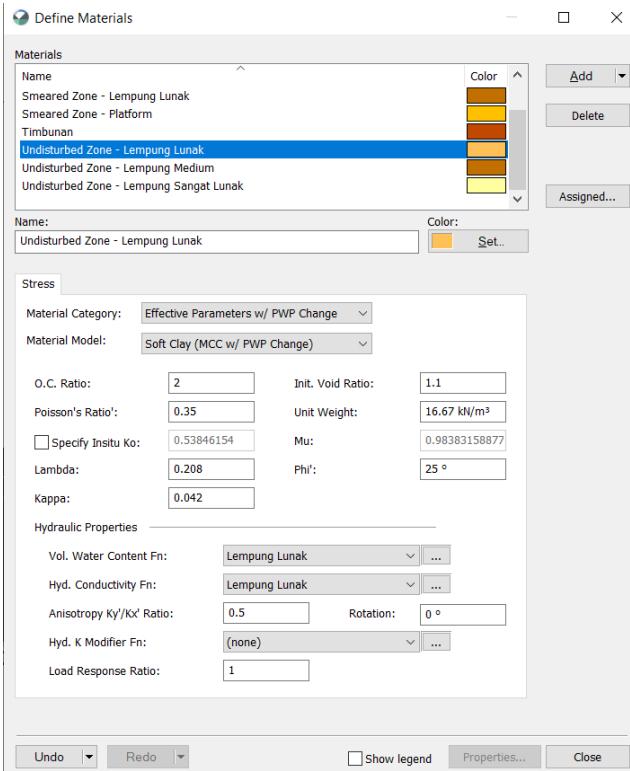
**Gambar 3. 17** Volumetric Water Content Function Lempung (Lunak)

Untuk nilai *Hydraulic Conductivity* (Nilai permeabilitas) material dengan input permeabilitas *plane strain* kondisi *undisturbed* dan melakukan *estimate* menggunakan metode *Fredlund and Xing* lalu memasukkan fungsi VWC yang telah dibuat sebelumnya.



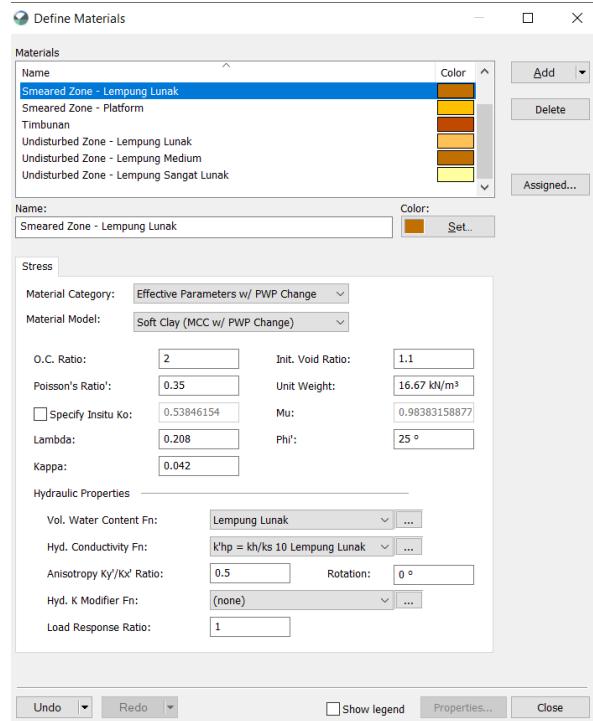
**Gambar 3. 18 Hydraulic Conductivity Lempung (Sangat Lunak)**

Lalu masukkan *Hydraulic Properties* yang telah dibuat pada Material tanah.



**Gambar 3. 19 Material Properties Lempung (Sangat Lunak) SIGMA/W**

Untuk input *Hydraulic Conductivity* pada tanah *smeared zone* menggunakan permeabilitas *plane strain* kondisi *smeared*.

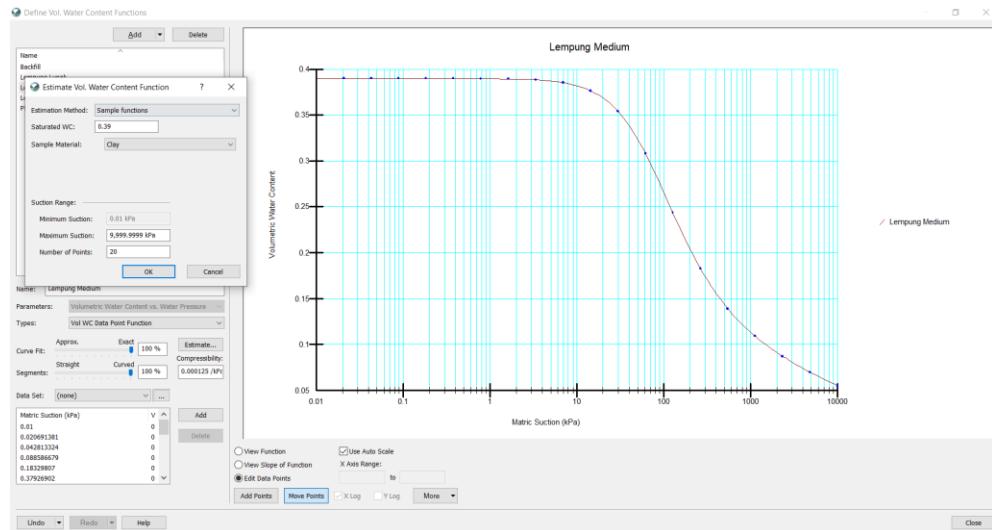


**Gambar 3. 20** Material Properties Lempung (Sangat Lunak) *Smeared Zone*

e. Lempung (Medium/Teguh)

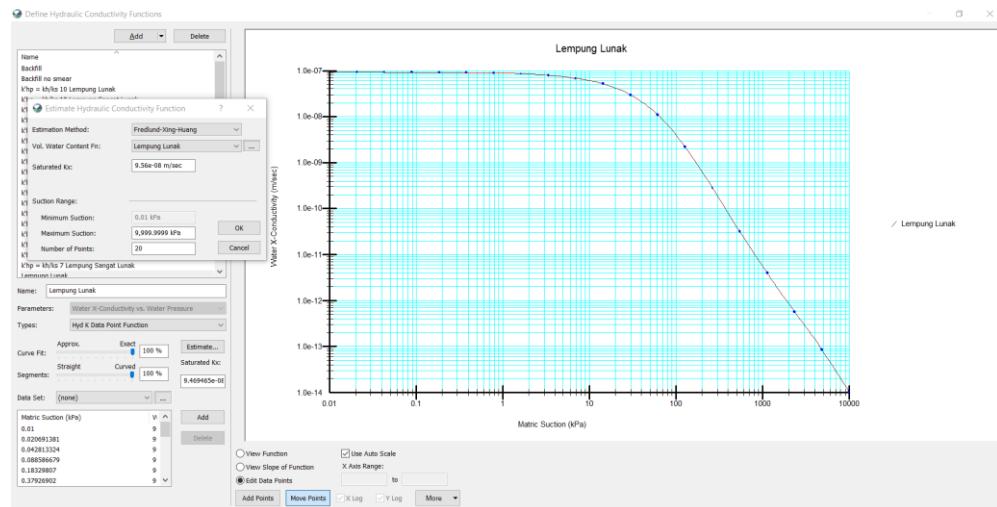
Material lempung dengan konsistensi teguh/medium menggunakan kategori material *Effective Parameters with PWP Change* dengan material *Soft Clay (MCC with PWP Change)*. Material ini membutuhkan input *Hydraulic Properties*.

Untuk fungsi *volume water content* dilakukan *estimate* dengan metode *sample function* dan memasukkan *Saturated WC* (kadar air) dari pengujian laboratorium serta nilai kompresibilitas tanah. Nilai *ratio Ky'/Kx'* sebesar 0,5.



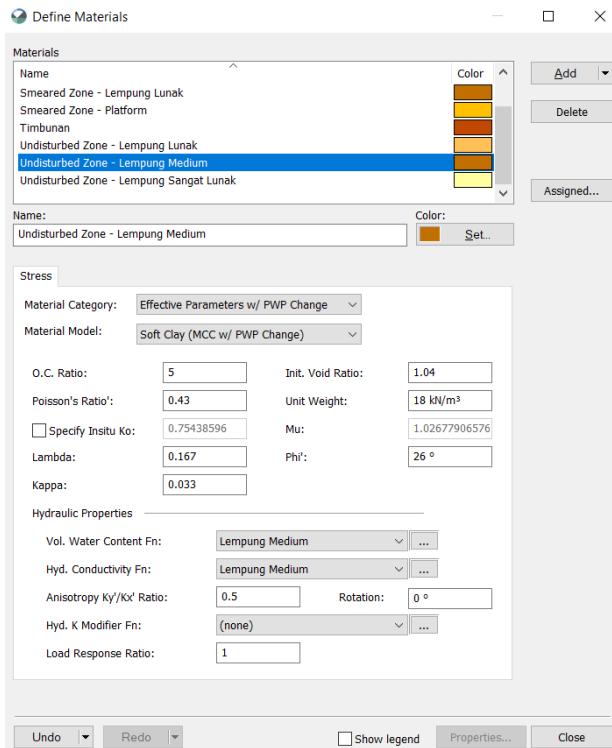
**Gambar 3. 21** Volumetric Water Content Function Lempung (Medium)

Untuk nilai *Hydraulic Conductivity* (Nilai permeabilitas) material dengan input permeabilitas *plane strain* kondisi *undisturbed* dan melakukan *estimate* menggunakan metode *Fredlund and Xing* lalu masukkan fungsi VWC yang telah dibuat sebelumnya.



**Gambar 3. 22** Hydraulic Conductivity Lempung (Medium)

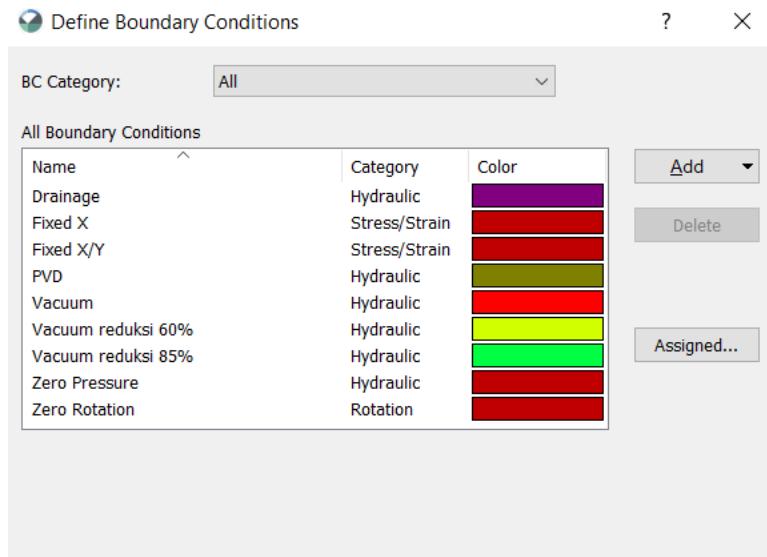
Lalu masukkan *Hydraulic Properties* yang telah dibuat pada Material tanah.



**Gambar 3. 23 Material Properties Lempung (Medium) SIGMA/W**

#### 4. Define Boundary Condition

Kondisi batas pada SIGMA/W pada studi ini yaitu sebagai berikut.



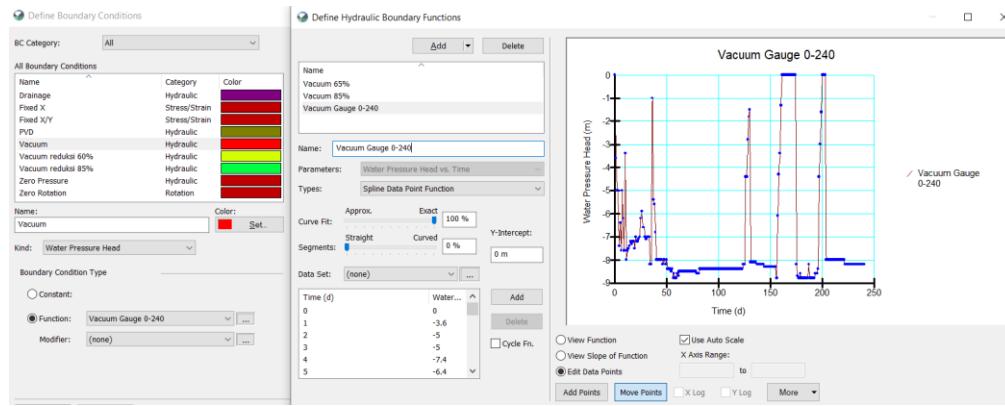
**Gambar 3. 24 Boundary Condition SIGMA/W**

### Kategori Stress/Strain :

- *Fixed X*, untuk mengunci kondisi batas arah horizontal (X) sehingga tidak terjadi pergeseran arah X.
- *Fixed X/Y*, untuk mengunci kondisi batas arah horizontal (X) dan vertikal (Y) sehingga tidak terjadi pergeseran arah horizontal maupun vertikal.

### Kategori Hydraulic :

- *Vacuum*, tekanan *vacuum* dimodelkan dengan fungsi negatif *water total head* disesuaikan dengan nilai *vacuum gauge*.

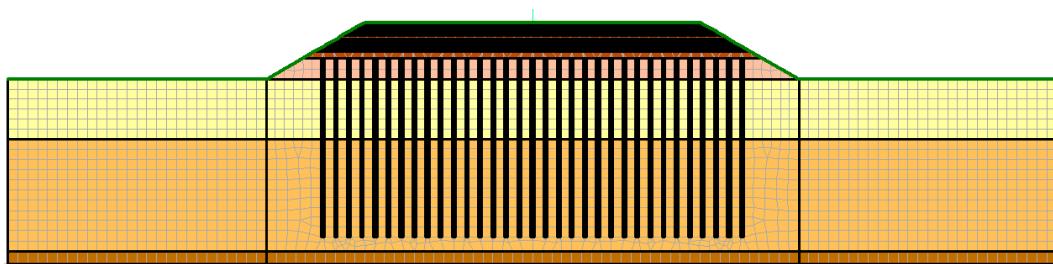


**Gambar 3. 25 Boundary Condition Tekanan Vacuum**

- *Vacuum reduksi 85%*, dari fungsi tekanan *vacuum* (Gambar 3.25), nilai *water total head* direduksi sebesar 85%.
- *Vacuum reduksi 60%*, dari fungsi tekanan *vacuum* (Gambar 3.25), nilai *water total head* direduksi sebesar 60%.
- *PVD*, untuk kondisi batas ini merupakan tekanan *water total head constant 0 m*, untuk memodelkan tekanan *vacuum* yang telah dimatikan.

## 5. Draw Material pada Model

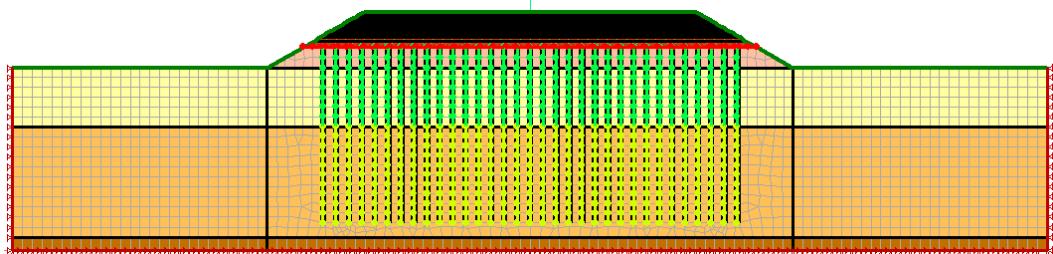
Dari penggambaran geometri dan region sesuai data *cross section*, kemudian pilih toolbar *Draw* lalu klik *materials*. Selanjutnya pilih *material properties* tanah yang telah dibuat sebelumnya, dan inputkan ke area tersebut. SIGMA/W akan memberi warna pada setiap area sesuai dengan warna material tersebut.



**Gambar 3. 26** Model setelah diinput material

#### 6. *Draw Boundary Conditions* pada Model

Selanjutnya adalah menentukan kondisi batas *vacuum* pada permukaan *sand platform* dan di sepanjang PVD. Di sepanjang PVD kondisi batas *vacuum* diinputkan yang telah tereduksi 85% dan 60%. Pada bagian kiri dan kanan menggunakan kondisi batas *Fixed X* dan bagian bawah menggunakan *Fixed X/Y*.



**Gambar 3. 27** Model setelah diinput *boundary conditions*

#### 7. *Draw Mesh Properties*

Selanjutnya geometri harus dibagi-bagi menjadi elemen-elemen yang lebih kecil untuk memudahkan perhitungan. Elemen dan hasil *mesh* dapat berbentuk segitiga ataupun persegi, besarnya pembagian elemen dapat dipilih secara manual.

#### 8. *Solve Analysis*

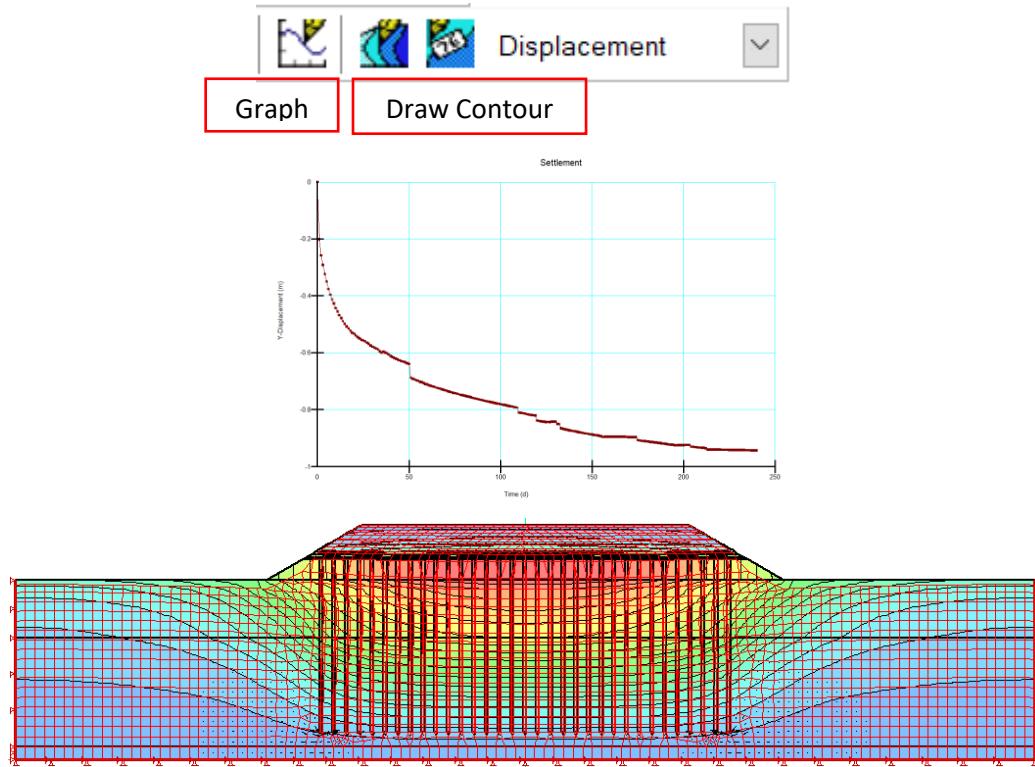
Sebelum melakukan analisis pemodelan harus terlebih dahulu disimpan (*save*), setelah itu bisa dilakukan analisis untuk mendapatkan hasil penurunan, perubahan tekanan air pori, dan deformasi lateral.

Solve Manager	
	Status
<input checked="" type="checkbox"/> In situ	Solved 08/02/2021 11:24:20 PM
<input checked="" type="checkbox"/> Platform	Solved 08/02/2021 11:27:02 PM
<input checked="" type="checkbox"/> Vacuum start	Solved 08/02/2021 11:30:56 PM
<input checked="" type="checkbox"/> B.Fill1 (2.1m)	Solved 08/02/2021 11:35:04 PM
<input checked="" type="checkbox"/> B.Fill2 (2.3m)	Solved 08/02/2021 11:35:48 PM
<input checked="" type="checkbox"/> B.Fill3 (2.5m)	Solved 08/02/2021 11:36:44 PM
<input checked="" type="checkbox"/> B.Fill4 (2.7m)	Solved 08/02/2021 11:41:52 PM
<input checked="" type="checkbox"/> B.Fill5 (2.9m)	Solved 08/02/2021 11:42:08 PM
<input checked="" type="checkbox"/> B.Fill6 (3.1m)	Solved 08/02/2021 11:42:28 PM
<input checked="" type="checkbox"/> B.Fill7 (3.3m)	Solved 08/02/2021 11:42:38 PM
<input checked="" type="checkbox"/> B.Fill8 (3.5m)	Solved 08/02/2021 11:42:50 PM
<input checked="" type="checkbox"/> B.Fill9 (3.7m)	Solved 08/02/2021 11:43:00 PM
<input checked="" type="checkbox"/> B.Fill10 (3.9m)	Solved 08/02/2021 11:43:06 PM
<input checked="" type="checkbox"/> B.Fill11 (4.1m)	Solved 08/02/2021 11:43:14 PM
<input checked="" type="checkbox"/> B.Fill12 (4.3m)	Solved 08/02/2021 11:44:12 PM

**Gambar 3. 28 Solve Analysis**

## 9. Menampilkan Hasil

Setelah analisis selesai dilakukan, maka hasil dapat dikeluarkan. Untuk memperoleh kontur klik *Draw Contour* lalu pilih kontur apa saja yang diperlukan. Untuk memperoleh hasil berupa grafik maka klik *Graph*.

**Gambar 3. 29 Menampilkan output kontur dan grafik**

### **3.11 Program SLOPE/W**

#### **3.11.1 Pendahuluan**

SLOPE/W pada GeoStudio 2018 R2 merupakan program yang dapat digunakan untuk menganalisis kestabilan lereng dengan metode keseimbangan terbatas (*limit equilibrium*). Berikut ini beberapa hal yang dapat dianalisis menggunakan SLOPE/W, antara lain :

- Menghitung faktor kemanan lereng yang bertanah heterogeny di atas tanah keras (*bedrock*), dengan lapisan lempung.
- Menghitung faktor keamanan dari lereng dengan beban luar dan perkuatan lereng dengan angker atau geotekstil.
- Kondisi tekanan air pori dalam tanah yang kompleks.
- Menganalisis stabilitas dengan tekanan batas elemen.
- Memasukkan data tekanan lereng dari analisis batas stabilitas elemen SIGMA/W ke SLOPE/W untuk mempermudah.
- Menghitung faktor kemanan tiap potongan, sebaik perhitungan faktor keamanan seluruh longsoran.

#### **3.11.2 Metode dan Sifat Material pada SLOPE/W**

Berikut ini adalah metode keseimbangan batas yang dapat digunakan pada SLOPE/W :

- Morgenstern-Price
- Spencer
- Corps of Engineer
- Lowe-Karafiath
- Janbu Generalized
- Sarma (*vertical slices only*)
- Bishop
- Janbu
- Ordinary

Model material pada SLOPE/W dapat dilihat pada Tabel 3.5.

**Tabel 3. 5** Strength Material Model

Strength Model	Basic Parameter
Mohr-Coloumb	<i>Unit weight, cohesion, phi</i>
Undrained ( $\phi=0$ )	<i>Unit weight, cohesion</i>
No strength (e.g. Water)	<i>Unit weight</i>
Bedrock (Impenetrable)	-
Bilinear	<i>Unit weight, cohesion, phi1, phi2, normal</i>
$S = f(\text{depth})$	<i>Unit weight, C-top of layer, rate of increase, C-maximum</i>
$S = f(\text{datum})$	<i>Unit weight, C-datum, rate of increase, C-maximum, datum (elevation)</i>
Anisotropic Strength	<i>Unit weight, C-horizontal, C-vertikal, phi-horizontal, phi-vertical</i>
Shear/Normal Fn.	<i>Unit weight, function #</i>
Anisotropic Fn.	<i>Unit weight, cohesion, phi, C-anisotropic Fn, phi-anisotropic Fn</i>
Combined, $S = f(\text{depth})$	<i>Unit weight, phi, C-top of layer, C rate increase, Cu-top of layer, Cu rate increase, C/Cu Ratio</i>
Combined, $S - f(\text{datum})$	<i>Unit weight, phi, C-datum, C rate increase, Cu-datum, Cu rate increase, C/Cu Ratio, datum (elevation)</i>
$S = f(\text{overburden})$	<i>Unit weight, tau/sigma ratio</i>

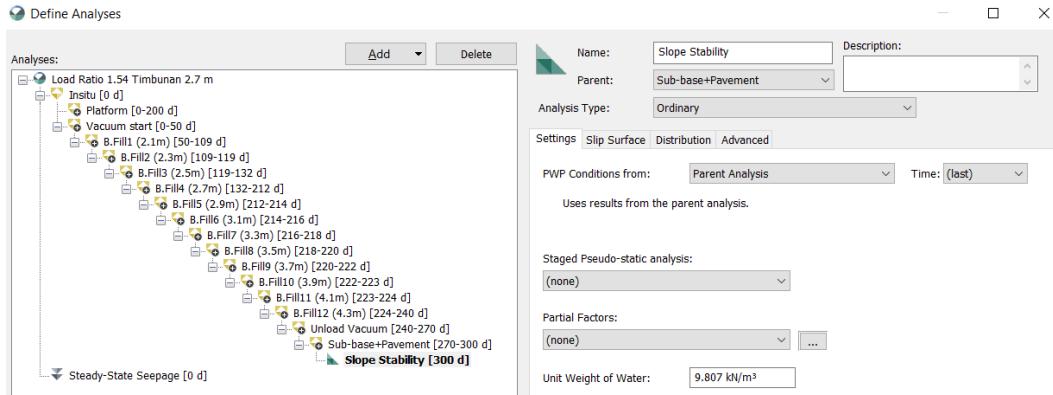
Pada studi ini, material tanah menggunakan Model Mohr Columb.

### 3.11.3 Langkah-langkah Pemodelan Menggunakan SLOPE/W

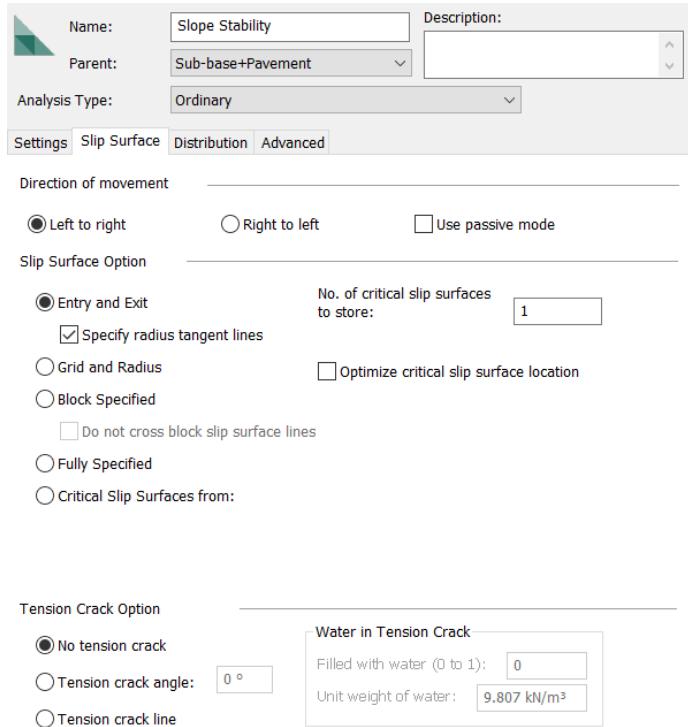
Sebelum melakukan input data, maka terlebih dahulu lakukan langkah seperti pada Gambar 3.4 – 3.8 mengatur *grid, units and scale* sesuai dengan pemodelan yang akan dibuat.

#### 1. Define Analyses

Pada tahap ini kita menentukan analisis apa yang akan digunakan. Studi ini menggunakan tipe analisis *limit equilibrium* metode Ordinary. Untuk kondisi *pore water pressure* diambil dari *parent analysis* program SIGMA/W sebelumnya. Untuk *slip surface* pada model ini menggunakan *slip surface option* dengan *entry and exit*, dimana *entry* merupakan awal bidang longsoran dan *exit* merupakan akhir dari bidang longsoran. Dalam model ini tidak diperhitungkan *tension crack*.



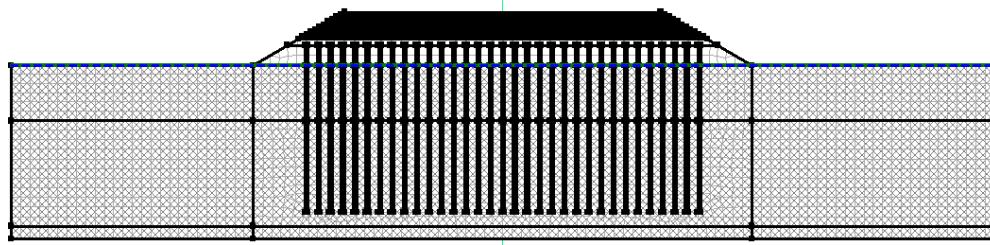
**Gambar 3. 30** Penentuan *Analysis Type* pada SLOPE/W



**Gambar 3. 31** Penentuan *Slip Surface* pada SLOPE/W

## 2. Menggambar Geometri Tanah dan Region

Membuat geometri model tanah sesuai dengan data *cross section* yang sudah ditentukan menggunakan *tools* yang ada pada *toolbar Draw*.



**Gambar 3. 32 Geometri Model Tanah pada SLOPE/W**

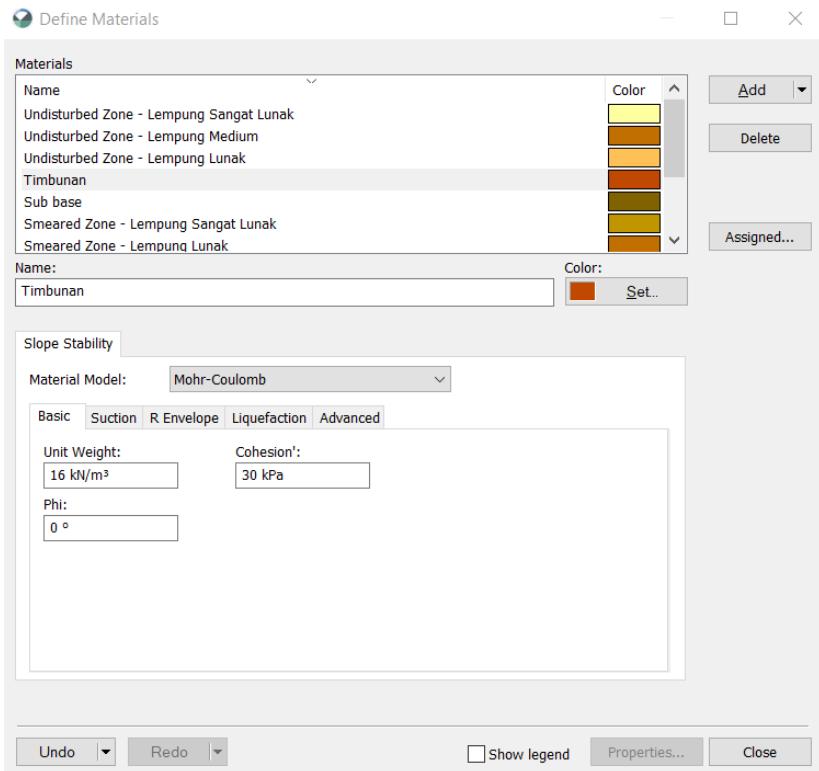
### 3. Define Materials

Tahap selanjutnya adalah *input* material tanah, pilih *Define* lalu klik *Materials*.

Kategori material (*Material Category*) pada setiap lapisan tanah, ditentukan sebagai berikut :

- Timbunan

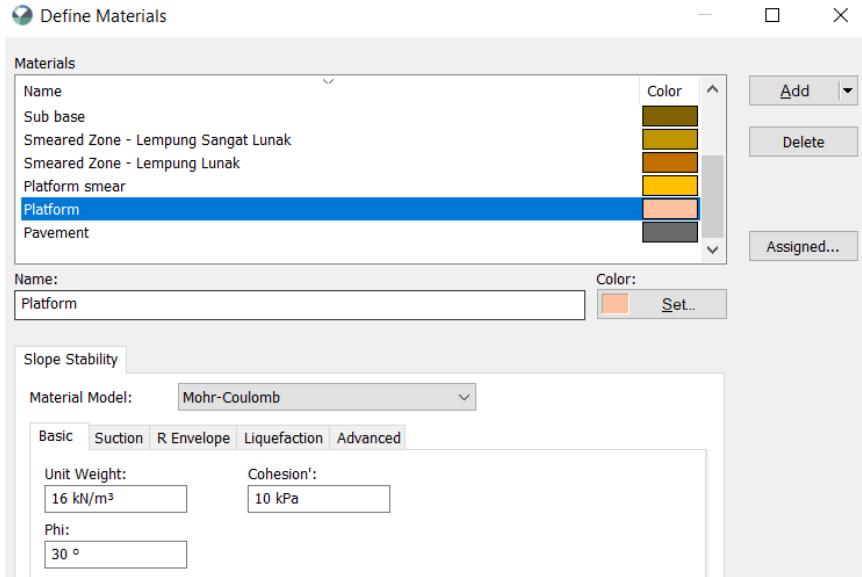
Material timbunan menggunakan *material model Mohr-Coulomb*.



**Gambar 3. 33 Material Properties Timbunan SLOPE/W**

b. *Sand Platform*

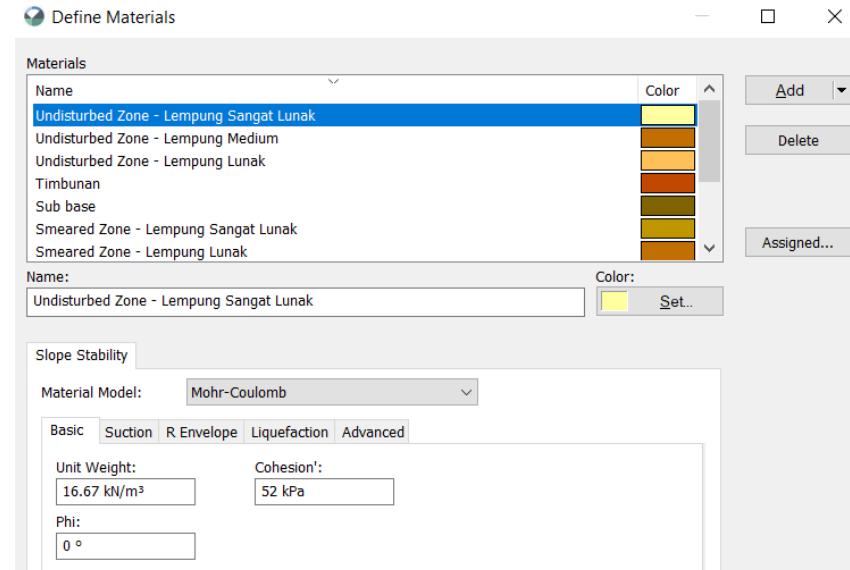
Material *sand platform* menggunakan kategori *material model Mohr-Coloumb*.



**Gambar 3. 34** Material Properties *Sand Platform* SLOPE/W

c. Lempung (Sangat Lunak)

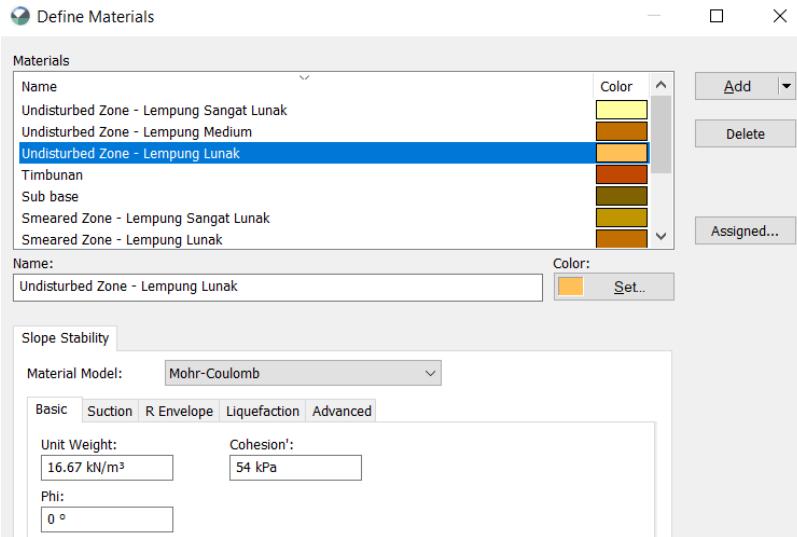
Material lempung dengan konsistensi sangat lunak menggunakan *Total Stress Parameter* dengan *material model Mohr-Coloumb*.



**Gambar 3. 35** Material Properties Lempung (Sangat Lunak) SLOPE/W

d. Lempung (Lunak)

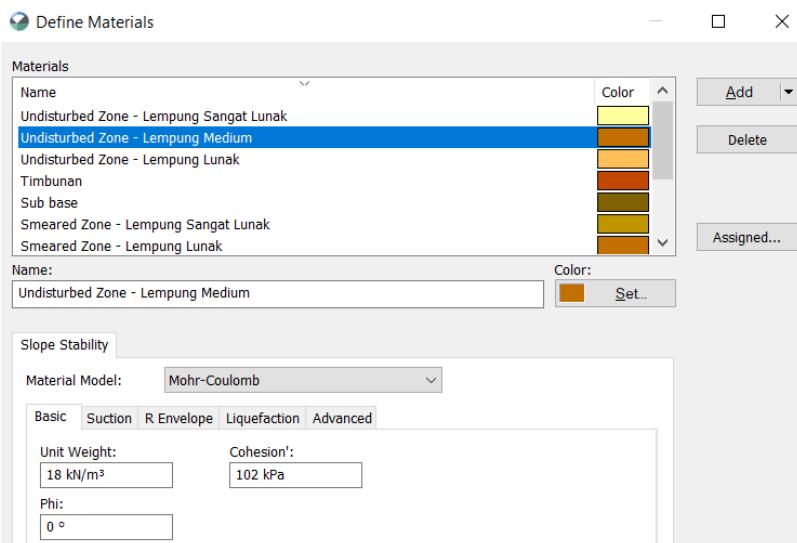
Material lempung dengan konsistensi lunak menggunakan *Total Stress Parameter* dengan *material model Mohr-Coloumb*.



**Gambar 3. 36** Material Properties Lempung (Sangat Lunak) SLOPE/W

e. Lempung (Medium/Teguh)

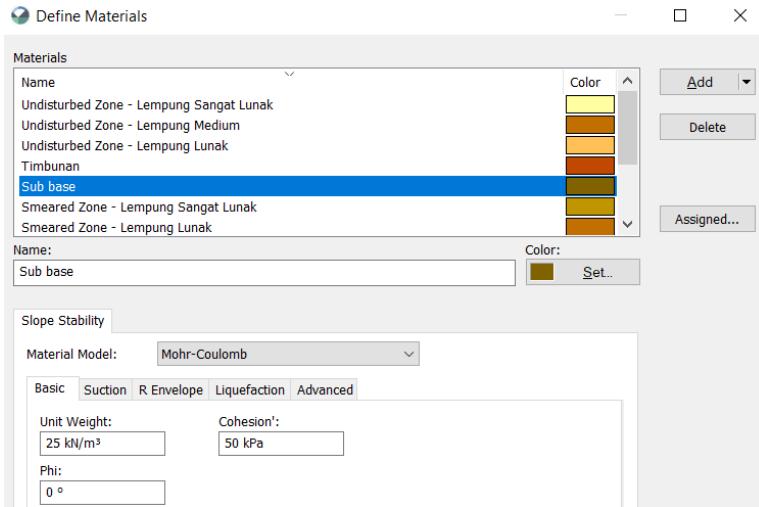
Material lempung dengan konsistensi teguh/medium menggunakan *Total Stress Parameter* dengan *material model Mohr-Coloumb*.



**Gambar 3. 37** Material Properties Lempung (Medium) SLOPE/W

f. Sub Base

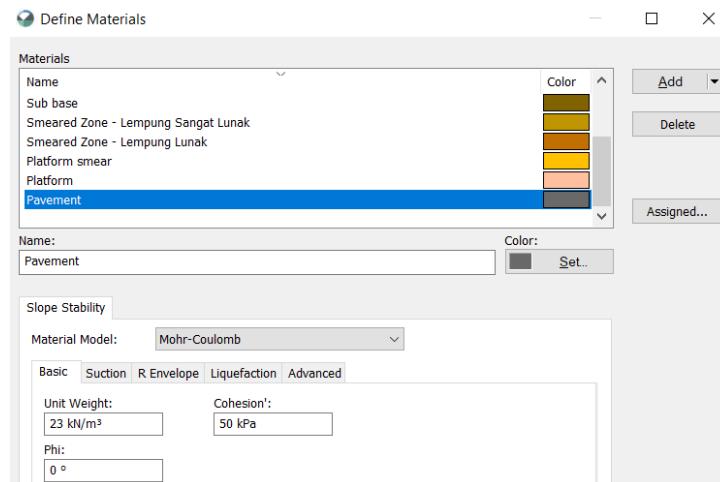
*Sub base* merupakan lapisan perkerasan jalan yang terlatak di atas tanah dasar, material ini menggunakan *Total Stress Parameter* dengan *material model Mohr-Coulomb*.



Gambar 3. 38 Material Properties *Sub Base* SLOPE/W

g. *Rigid Pavement*

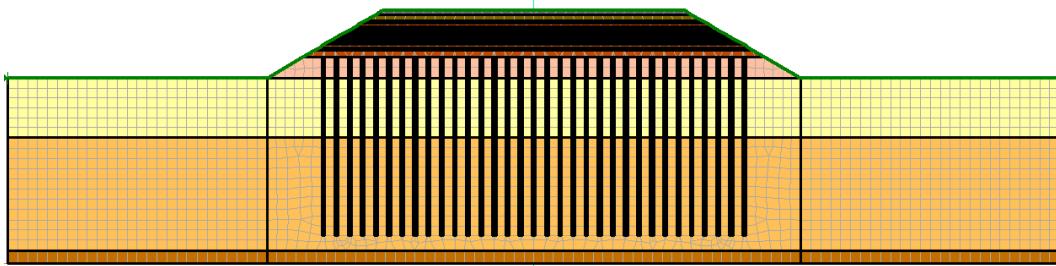
*Rigid Pavement* merupakan konstruksi perkerasan kaku pada jalan yang menggunakan bahan beton, material ini menggunakan *Total Stress Parameter* dengan *material model Mohr-Coulomb*.



Gambar 3. 39 Material Properties *Rigid Pavement* SLOPE/W

#### 4. Draw Material pada Model

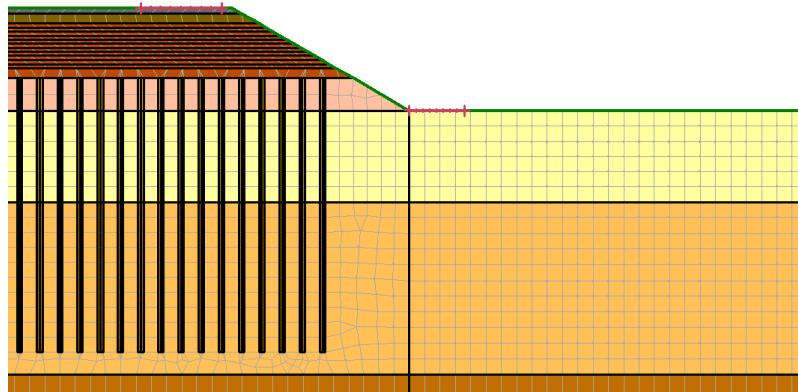
Dari penggambaran geometri dan region sesuai data *cross section*, kemudian pilih *toolbar Draw* lalu klik *materials*. Selanjutnya pilih *material properties* tanah yang telah dibuat sebelumnya, dan inputkan ke area tersebut. SLOPE/W akan memberi warna pada setiap area sesuai dengan warna material tersebut.



**Gambar 3. 40** Model setelah diinput material pada SLOPE/W

#### 5. Draw Entry and Exit Location

Selanjutnya adalah penentuan lokasi awal dan akhir longsoran. Klik *toolbar Draw* lalu pilih *slip surface* dan klik *Entry and Exit* kemudian tarik garis untuk *entry* di bagian puncak lereng (*crest*) dan *exit* di bagian kaki lereng (*toe*).



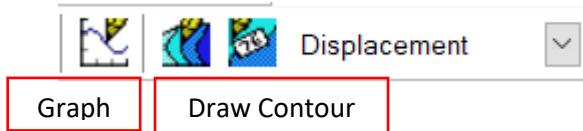
**Gambar 3. 41** Lokasi *Entry and Exit* SLOPE/W

#### 6. Solve Analysis

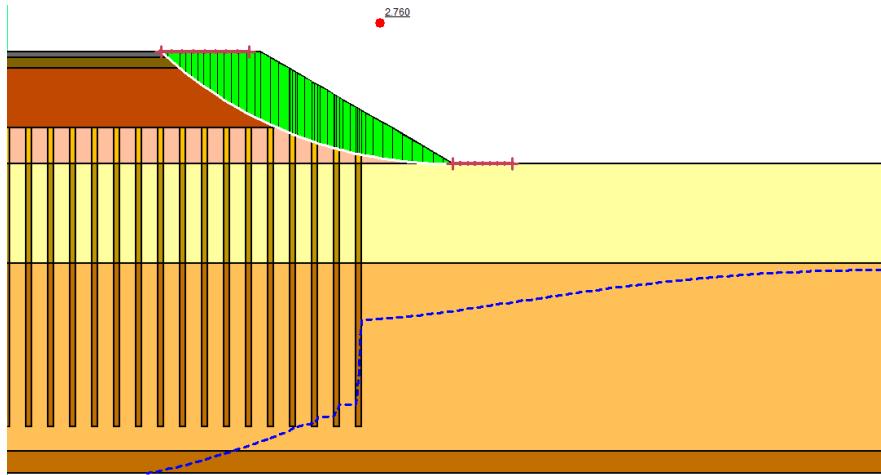
Sebelum melakukan analisis pemodelan harus terlebih dahulu disimpan (*save*), lalu klik *start* di sebelah kiri toolbar, setelah itu bisa dilakukan analisis untuk mendapatkan hasil faktor kemanan, kontur, dan pola *slipe surface*.

## 7. Menampilkan Hasil

Setelah analisis selesai dilakukan, maka hasil dapat dikeluarkan. Untuk memperoleh kontur klik *Draw Contour* lalu pilih kontur apa saja yang diperlukan. Untuk memperoleh hasil berupa grafik maka klik *Graph*.

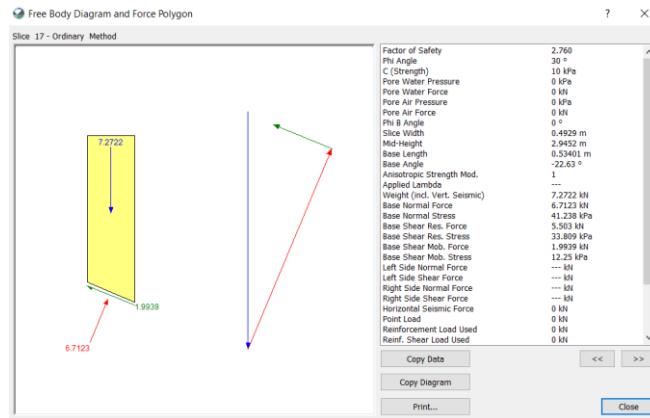


**Gambar 3. 42** Menampilkan *output* kontur dan grafik



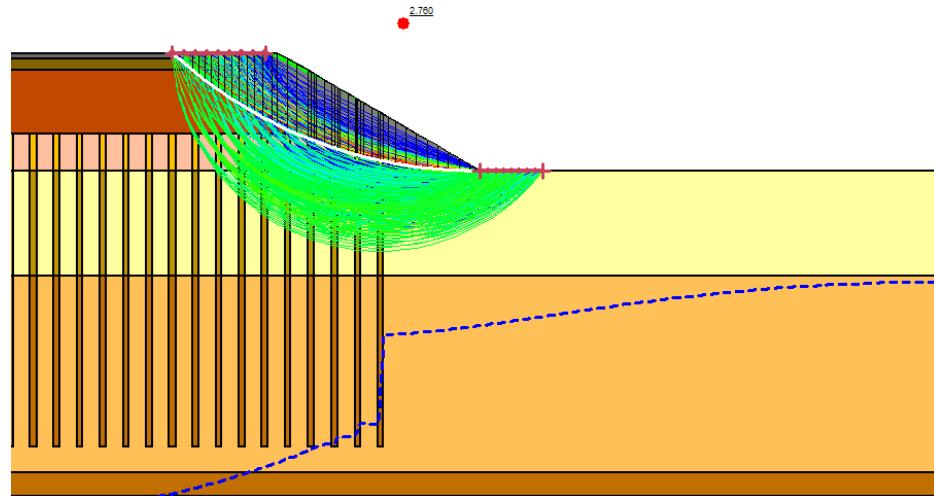
**Gambar 3. 43** Hasil Analisis SLOPE/W untuk Faktor Keamanan

Untuk melihat karakteristik elemen tanah di setiap *slice* (potongan). Klik *View Slice Information*, lalu klik bagian yang akan ditinjau.



**Gambar 3. 44** Free body diagram dan Force Polygon potongan yang ditinjau

Untuk melihat keseluruhan *slip surface*, klik *View* lalu *Preference* pilih *View All Slip Surface*.



**Gambar 3. 45 Profil Slip Surface**