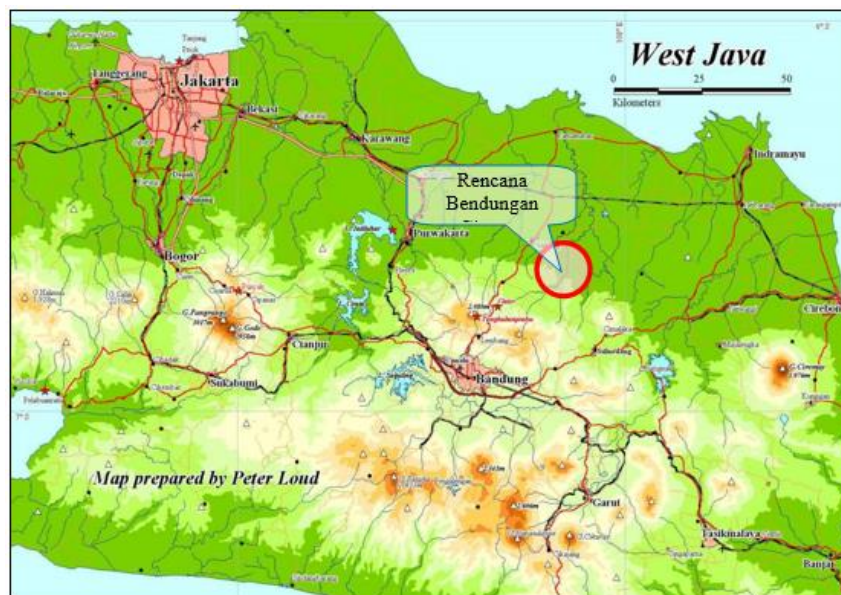


BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi yang dijadikan tempat penelitian yaitu pada Proyek pembangunan Bendungan Cipanas yang direncanakan dibangun pada Sungai Cipanas sekitar 18 km di hulu Bendung Rentang di Desa Cibuluh, Kec. Ujung Jaya, Kab. Sumedang, Provinsi Jawa Barat, sekitar 2,6 km dari Carimukti Kota Cirebon.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Rencana Bendungan Cipanas
(Sumber : Laporan Sertifikasi Desain Bendungan Cipanas)

3.2 Metode Penelitian

Jenis metode penelitian yang dipilih adalah deskriptif kuantitatif, adapun pengertian dari metode ini metode deskriptif kuantitatif menurut (Sugiono : 2009) adalah suatu metode yang berfungsi untuk mendeskripsikan atau memberi gambaran terhadap objek yang diteliti melalui data atau sample yang telah terkumpul sebagai mana adanya tanpa melakukan analisis dan membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum.

Dengan kata lain jenis penelitian ini adalah studi kasus untuk menghitung stabilitas lereng dengan hasil nilai faktor keamanan, deformasi,

pergesaran dan rembesan bendungan pada saat beroperasi. Dari hasil pengamatan dan pengujian tersebut diharapkan dapat diketahui pengaruh *sudden drawdown* terhadap stabilitas bendungan, selain itu juga dikaji bagaimana cara mengurangi dampak *sudden drawdown* terhadap stabilitas bendungan.

3.3 Data dan Sumber Data

Pengumpulan data-data yang mendukung dalam penelitian ini berupa data sekunder yang diperoleh pada proyek pembangunan bendungan Cipanas, berikut adalah data yang dibutuhkan :

- a) Data geometri bendungan Cipanas
- b) Parameter material timbunan yang digunakan pada saat perencanaan dan parameter berdasarkan hasil uji lab aktual di lapangan.

Parameter tersebut terdiri dari :

Data uji sifat fisik timbunan :

- 1) Berat Volume (γ)
- 2) Berat Jenis (Gs)
- 3) Modulus Elastisitas (E)
- 4) Angka pori (e)
- 5) Kompresibilitas (mv)
- 6) Poisson Ratio (μ)
- 7) Kadar air tanah
- 8) Permeabilitas (k)

Data uji sifat mekanik timbunan (*shear strength*)

Data fisik dan mekanik material timbunan merupakan hasil uji lab yang telah dilakukan pekerja proyek berdasarkan aktual di *quarry & borrow area*.

3.4 Populasi dan Sampling Technique

Populasi data yang diambil pada penelitian ini adalah bendungan Cipanas yang secara administratif DAS Cipanas terletak diantara dua kabupaten yaitu Kabupaten Sumedang dan Kabupaten Indramayu Jawa Barat.

Teknik pengambilan contoh di dalam penelitian ini digunakan teknik purposive sampling, yang berarti peneliti menentukan sendiri sample yang

diambil sesuai dengan kebutuhan data yang di perlukan yang telah ditentukan sebelumnya.

3.5 Analisa Data

Penelitian ini lebih menitik beratkan pada teknik analisis data yang berhubungan langsung pada saat pasca konstruksi, sehingga akan ditarik kesimpulan yang dapat diterima secara logika dan baik untuk direalisasikan pada Proyek Pembangunan Bendungan Cipanas.

Analisis stabilitas bendungan dengan pengaruh *sudden drawdown* dimana kondisi ini merupakan suatu kegagalan dalam stabilitas struktural pada bendungan yang terjadi akibat beberapa faktor diantaranya beban seismik yang menyebabkan kebocoran, dan pelepasan air darurat dari waduk (*emergency release*). Sudden drawdown terjadi sampai dimana tekanan air pori eksek pada tubuh bendungan mengalami disipasi hingga muka air di posisi *lowest water level*. Apabila waduk mengalami *sudden drawdown* sangat memungkinkan mempengaruhi parameter-parameter pada tubuh bendungan, maka akan dihasilkan tekanan air pori akses dan gaya-gaya rembesan yang tidak seimbang, serta mempengaruhi parameter kuat geser (*shear strength*).

Analisa data yang perlu dilakukan dalam penelitian ini disimulasikan dengan program komputer untuk mengetahui stabilitas dengan beberapa kondisi pada bendungan saat pasca konstruksi diantaranya :

- 1) Analisis stabilitas bendungan kondisi *sudden drawdown*.
- 2) Analisis stabilitas bendungan debit banjir maksimum atau debit PMF.
- 3) Analisis stabilitas bendungan kondisi ekstrim.

Selanjutnya disimulasikan dan dilakukan kalkulasi dengan software sebagai instrument pendukung dalam penelitian ini untuk mendapatkan hasil berupa nilai dari indikasi pada stabilitas bendungan, diantaranya yaitu :

- 1) Faktor keamanan dilakukan dengan *Finite Element Method* dan *Limit Equilibrium Method* menggunakan program PLAXIS 8.5 dan program *Slope/W* pada Geo Studio 2012.
- 2) Analisis Rembesan dengan *Limit Equilibrium Method* melalui program *Seep/W* pada GeoStudio 2012.
- 3) Analisis Deformasi menggunakan program PLAXIS 8.5

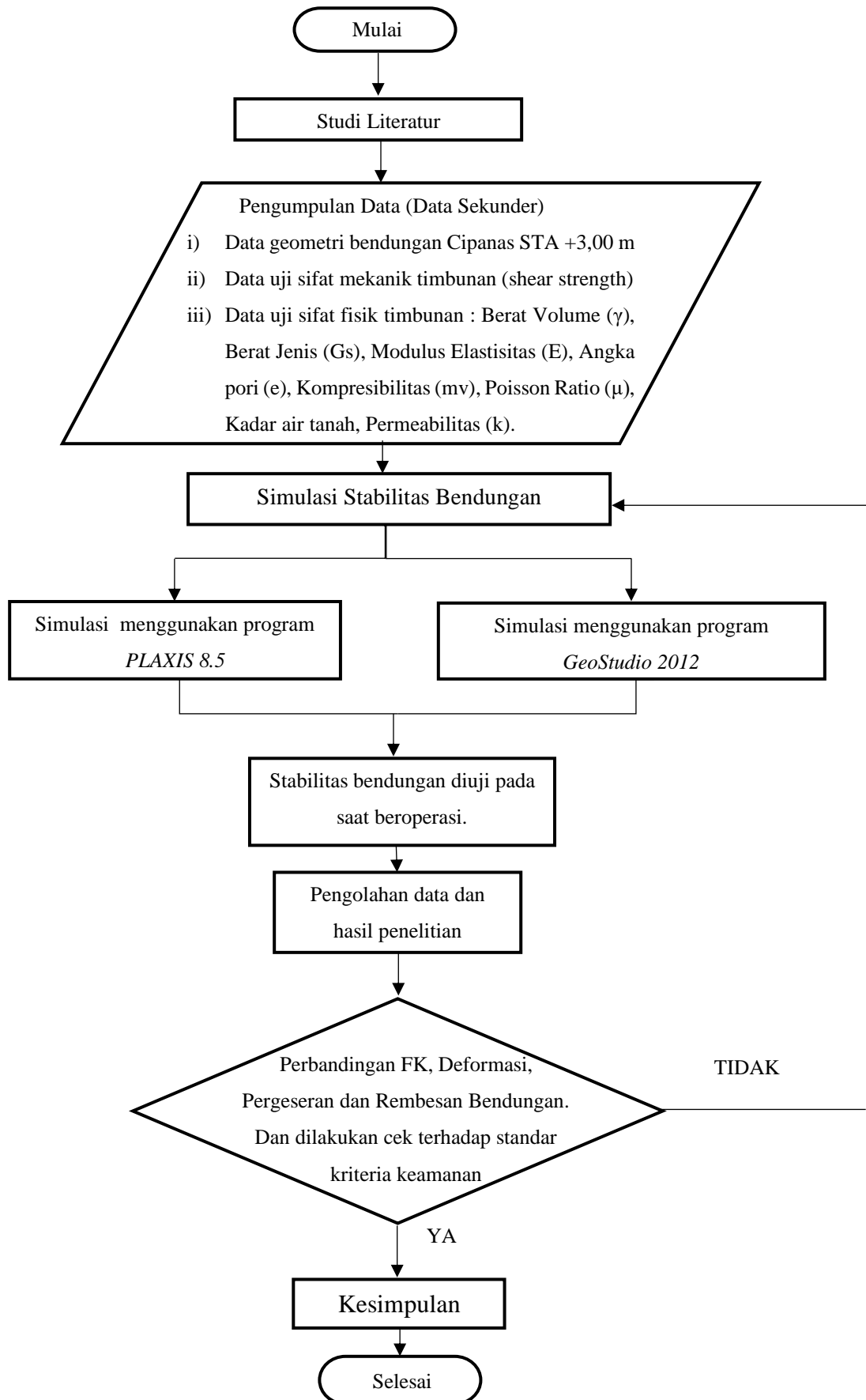
4) Analisa bahaya gejala pembuluh (*piping action*)

3.6 Instrumen Penelitian

Tabel 3.1 Instrumen Penelitian

	Instrumen	Indikator	Tempat	KETERANGAN
Instrumen Pengambilan Data	Surat izin	a) Data Geometri Bendungan. b) Data Sifat fisik Timbunan. c) Data sifat mekanik timbunan (<i>shear strength</i>)	Proyek Bendungan Cipanas	Surat izin ditujukan kepada instansi / badan perusahaan kontaktor maupun konsultan di proyek bendungan Cipanas.
Instrumen Pengolahan Data	1 Unit Laptop	- Prosesor Intel Core(TM) i5-3210M CPU @ 2.50 GHz - Memory RAM 8 GB	-	<i>Hardware</i> yang digunakan untuk mengolah data, proses running simulasi, pembuatan laporan.
	<i>Software</i> Microsoft Office 2013	- MS.Word - MS. Excel - Power Point	-	<i>Software</i> yang digunakan untuk mengolah data, pembuatan laporan, dan pembuatan slide presentasi hasil.
	Program <i>Finite Element Method</i> dan <i>Limit Equilibrium Methode</i>	- PLAXIS v.8.5 - Geo Studio 2012 (<i>Slope/W dan Seep/W</i>)	-	Program yang berperan untuk <i>process running</i> simulasi bendungan Cipanas
Instrumen Hasil	Printer dan Kertas	- Epson L360 - Kertas A4	-	Sebagai media yang digunakan untuk membuat draft akhir hasil penelitian berupa laporan tugas akhir.

3.7 Prosedur Penelitian



3.7.1 Uraian Prosedur Penelitian

Penelitian diawali dengan pengambilan data geometri Bendungan Cipanas STA 3+00 dan data material timbunan berdasarkan data aktual dari *quarry & borrow area*. Data hasil uji lab di lapangan yang dibutuhkan sebagai input data pada simulasi penelitian ini adalah data *shear strength* (C , ϕ) sebagai data sifat mekanik material timbunan dan data sifat fisik material timbunan yaitu berat volume (γ), berat jenis (G_s), modulus elastisitas (e), angka pori (e), kompresibilitas (mv), poisson ratio (μ), kadar air tanah, permeabilitas (k).

Setelah data material timbunan dan geometri bendungan didapatkan kemudian dilakukan simulasi uji stabilitas bendungan pasca konstruksi dengan kondisi *sudden drawdown*, debit banjir maksimum dan kondisi ekstrim. Simulasi ini dilakukan dengan metode *finite element method* dan *limit equilibrium method* dengan bantuan software geoteknik yaitu program *Plaxis 8.5* dan *GeoStudio 2012*. Selanjutnya dianalisis nilai faktor keamanan, besarnya deformasi, rembesan, dan analisis terhadap bahaya piping.

Hasilnya akan menjadi perbandingan antara beberapa kondisi pada saat bendungan beroperasi dengan kedua program tersebut beserta dicek syarat kriteria keamanan struktur bendungannya berdasarkan nilai faktor keamanan minimum yang telah distandarisasi oleh komisi keamanan bendungan (KKB). Jika hasilnya Tidak masuk dalam syarat kriteria maka dilakukan simulasi stabilitas ulang, dan jika Ya masuk dalam syarat kriteria keamanan struktur bendungan maka dilanjutkan dengan kesimpulan dan saran. Selesai.

3.8 Langkah-Langkah Penelitian

3.8.1 *Finite Element Method* (Plaxis 8.5)

Adapun data – data material tubuh bendungan maupun pondasi bendungan yang dibutuhkan untuk *input* ke dalam Program Plaxis 8.5 adalah sebagai berikut:

General	Parameters	Interfaces
<u>Material set:</u>	<u>Stiffness:</u>	<u>Strength:</u>
<i>Identification</i>	E_{reff} (kN/m ²)	<i>rigid dan manual</i>

<i>Material model</i>	v (nu)	R_{inter}
<i>Material type</i>		
<u>General properties:</u>	<u>Alternatives:</u>	<u>Real interface thickness</u>
γ_{unsat} (kN/m ³)	G_{ref} (kN/m ²)	δ -inter
γ_{sat} (kN/m ³)	E_{oed} (kN/m ²)	
<u>Permeability:</u>	<u>Strength:</u>	<u>Velocities:</u>
K_x (m/day)	c_{ref} (kN/m ²)	V_s (m/s)
K_y (m/day)	ϕ (phi) (°)	V_p (m/s)
	Ψ (psi) (°)	

A. Investigasi Material Bendungan

Material untuk tubuh bendungan seperti *Borrow Area* (material tanah) dan *Quarry* (material batuan) biasanya diusahakan agar dapat diambil sedekat mungkin dari lokasi perencanaan bendungan. Lokasi yang terpilih untuk material bendungan perlu dilakukan penyelidikan mengenai luas daerah penyebarannya, mengenai volumenya dan karakteristik teknisnya, dalam penelitian pada setiap kemungkinan tempat-tempat penggalian material bendungan disamping karakteristiknya agar diperhatikan pula pertimbangan mengenai transportasi, biaya pembebasan dll. (S.Suyono.1976 hal:68)

Dari data timbunan tubuh Bendungan Cipanas terdapat tiga tipe pengujian kuat geser tanah, yaitu tipe CD (*Consolidated Drained*), CU (*Consolidated Undrained*), dan UU (*Unconsolidated Undrained*). Ketika tipe pengujian kuat geser ini memiliki metode pengujian yang berbeda.

1) CD (*Consolidated Drained*)

- Tidak boleh ada tekanan air pori berlebih terjadi sampel pada saat pengujian.
- Penggeseran dengan kecepatan yang sangat rendah untuk mencegah munculnya tekanan air pori berlebih.
- Dihasilkan nilai c' dan ϕ' .
- Konstruksi bendungan dengan tinggi muka air bendung tetap.

2) CU (*Consolidated Undrained*)

- Tekanan air pori muncul saat penggeseran.

- Dihasilkan nilai c' dan ϕ' .
- Lebih cepat dari CD (*Consolidated Drained*)
- Konstruksi bertahap.
- Muka air bendungan turun tiba-tiba.
- Konstruksi timbunan di atas lereng alamiah.

3) UU (*Unconsolidated Undrained*)

- Tekanan air pori muncul saat pergeseran.
- Kondisi tegangan total \rightarrow dihasilkan C_u dan ϕ_u .
- C_u dan ϕ_u digunakan pada analisis dengan kondisi tak teralir.
- Pekerjaan timbunan yang cepat.

Dari ketiga tipe pengujian tersebut yang terdapat pada data tubuh Bendungan Cipanas diambil nilai kuat geser tanah c (kohesi) dan ϕ (sudut geser) dari hasil tipe pengujian CD (*Consolidated Drained*) karena pada simulasi di Program Plaxis dibutuhkan parameter tanah dengan kondisi efektif atau teraliri (*drained*) dan pada hasil tipe pengujian CD ini memiliki nilai kuat geser tanah c (kohesi) dan ϕ (sudut geser) yang paling besar dari tipe pengujian lainnya, sehingga asumsi parameter kuat geser tanah c (kohesi) dan ϕ (sudut geser) diambil dalam kondisi ekstrim. Sehingga data material tubuh bendungan untuk *input* kedalam Program Plaxis adalah sebagai berikut:

Tabel 3.2 Material Tubuh Bendungan (General set) Untuk Input Program Plaxis 8.5

No.	Ket	General						
		Material Set			General Properties		Permeability	
		Identification	Material Model	Material Type	γ_{unsat} (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	Kx (m/day)	Ky (m/day)
1	Zone 1	Zone 1	Mohr Coulomb	Drained	16,191	16,730	1,09x10 ⁻⁴	5,443 x10 ⁻⁴
2	Zone 2a	Zone 2a	Mohr Coulomb	Drained	16,897	19,780	35,2512	70,5024
3	Zone 2b	Zone 2b	Mohr Coulomb	Drained	18,446	20,849	259,2	518,4
4	Zone 3a	Zone 3a	Mohr Coulomb	Drained	18,446	20,849	432	1728
5	Zone 3b	Zone 3b	Mohr Coulomb	Drained	18,446	20,849	432	1728
6	Zone 4 (rip-rap)	Zone 4	Mohr Coulomb	Drained	18,446	20,849	432	1728

Tabel 3.3 Material Tubuh Bendungan (Parameters set) Untuk Input Program Plaxis8.5

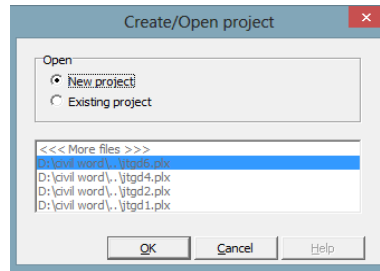
No.	Ket	General			
		Stiffness		Strength	
		E_{ref} (kN/m ²)	ν (nu)	c_{ref} (kN/m ²)	ϕ (phi, ^o)
1	Zone 1	29000	0,5	23,830	17
2	Zone 2a	50000	0,25	0	28
3	Zone 2b	100000	0,15	0	31
4	Zone 3a	100000	0,15	0	38
5	Zone 3b	100000	0,15	0	38
6	Zone 4 (rip-rap)	100000	0,15	0	38

Berikut merupakan langkah-langkah simulasi FEM pada program Plaxis 8.5. Tahap-tahap perhitungan analisa pada program Plaxis 8.5 ini dibuat menjadi enam tahap/*phase* yaitu. Elevasi MAW +260 s.d. *Sudden Drawdown* merupakan analisis tambahan dalam simulasi ini:

- 1) *Initial Phase*, merupakan *default* dari program (*phase 0*).
- 2) Tahap analisa pasca konstruksi pada saat muka air waduk naik sampai elevasi +108.25 meter.
- 3) Tahap analisa pasca konstruksi pada saat muka air waduk naik sampai elevasi +129.50 meter (muka air normal).
- 4) Tahap analisa pasca konstruksi pada saat muka air waduk naik sampai elevasi +133.32 meter (muka air maksimum/banjir, QPMF).
- 5) Tahap Analisa pasca konstruksi pada saat muka air waduk turun hingga elevasi +108.25 meter (*Sudden drawdown*).
- 6) Tahap Analisa pasca konstruksi pada saat muka air waduk berada di elevasi +129.5 meter (normal) dengan faktor gempa.

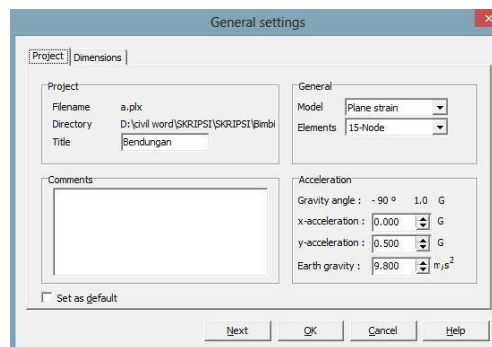
1) ***Initial Phase, Merupakan Default Dari Program (phase 0).***

- a. Buka program Plaxis 8.5, setelah muncul kotak dialog *Create/Open project* pilih *New project*.



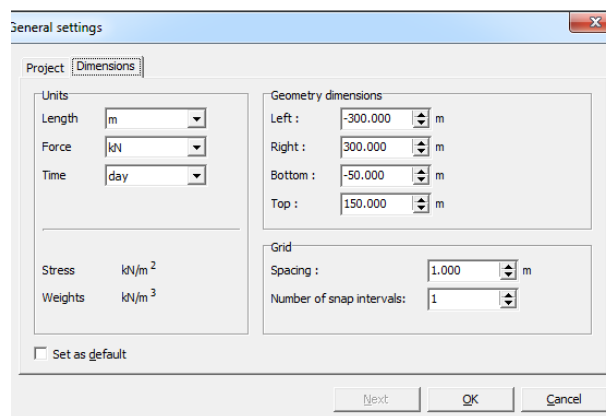
Gambar 3.2 Kotak Dialog *Create/Open project*

- b. Setelah klik OK maka akan muncul kotak dialog *General Setting* pada lembar *tab project* masukkan *Title*, pilih *model plain strain* karena struktur memanjang dan pilih juga 15-node untuk melakukan analisa yang lebih detail.



Gambar 3.3 Lembar Tab Project Pada Kotak Dialog General Setting

- c. Klik *next* untuk berpindah pada lembar *tab dimensions* yang berguna menentukan standar *unit* (satuan) dan menentukan batas ruang kerja dalam menggambar geometri.




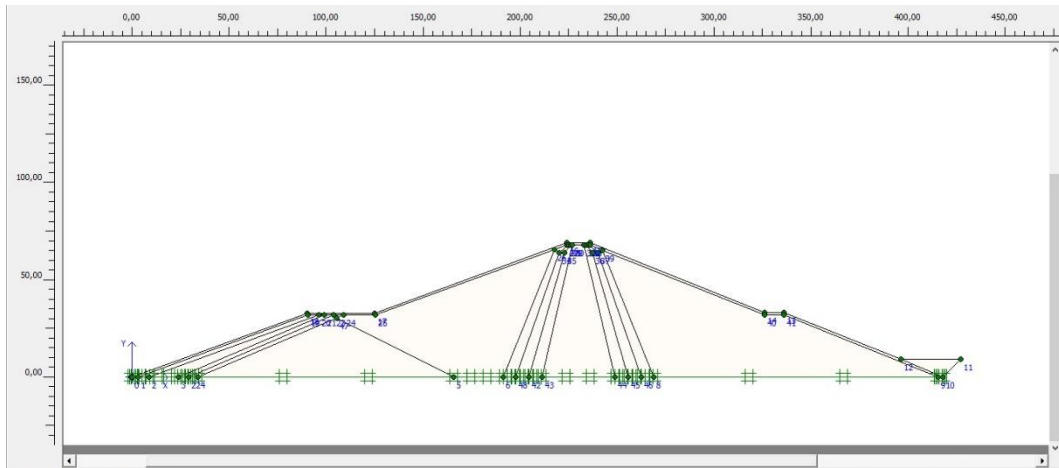
Gambar 3.4 Lembar Tab Dimensions Pada Kotak Dialog General Setting

- d. Langkah selanjutnya yaitu melakukan penggambaran geometri.




Penggambaran geometri ini menggunakan *geometry line*  atau dapat

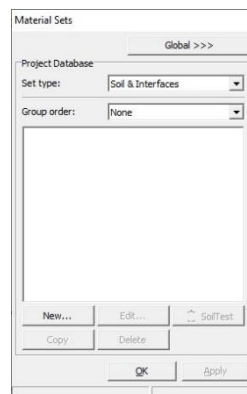
menggunakan input berdasarkan titik di sumbu kartesius (X & Y). Input data sumbu kartesius ini didapat dari penggambaran geometri pada program Autocad.

- e. Lalu klik *Standard Fixities*  untuk membatasi daerah yang dianalisa oleh Plaxis. Sehingga pada akhirnya seperti gambar berikut:



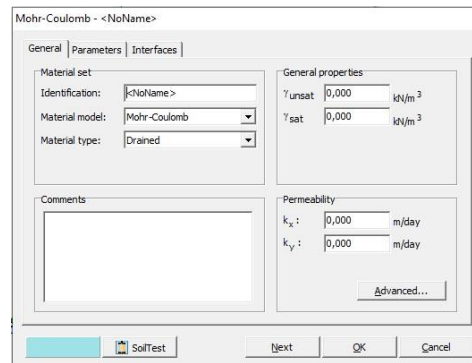
Gambar 3.5 Geometri Bendungan Cipanas

- f. Jika terjadi kesalahan dan ingin menghapus atau memperbaikinya dapat menggunakan *select* , atau jika ingin kembali ke *step* sebelumnya, dapat menggunakan *undo* .
- g. Langkah selanjutnya adalah melakukan *input* material agar dapat melakukan *generate mesh* pada simulasi bendungan ini. *Input* material menggunakan *material set* , lalu akan muncul dialog seperti dibawah ini:



Gambar 3.6 Kotak Dialog *Material Set*

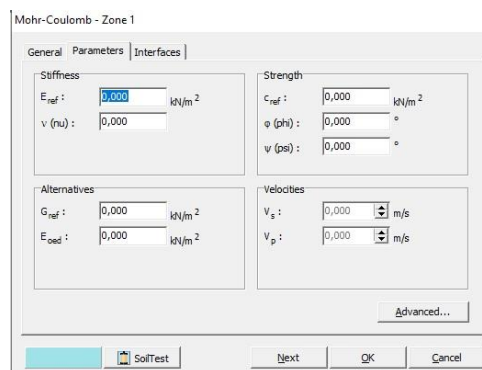
- Terdapat 4 (empat) *set type* simulasi yaitu *Soil & Interfaces*, *Plates*, *Geogrids*, dan *Anchor*. Dalam simulasi tubuh bendungan dan pondasi bendungan ini menggunakan *set type model Soil & Interfaces*. Berikut adalah langkah-langkahnya:
- Klik *New* pada kotak dialog *Material Set*, maka akan muncul kotak dialog seperti berikut:



Gambar 3.7 Lembar *Tab General* Pada Kotak Dialog *Material Set Zone 1*

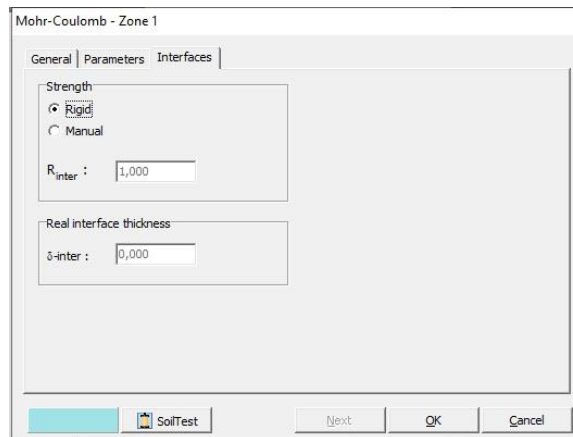
Ketik nama jenis tanah pada bagian *Identifikasi*. Pilih juga *Material Model* Mohr-Coulomb. Lalu masukkan parameter γ_{unsat} sebesar 11,121 kN/m³ dan γ_{sat} sebesar 16,73015 kN/m³ dari hasil perhitungan sebelumnya.

- Untuk mengatur warna material, dapat melakukan *setting-an* warna di pojok kiri bawah kotak dialog.
- Klik *next* untuk berpindah pada lembar *tab Parameter*, masukkan nilai *Modulus Young* sebesar 29000 kN/m² dan angka *poisson* 0,35 karena material ini dianggap memiliki tingkat kekeerasan yang rendah. Lalu masukkan nilai kohesi sebesar 23,83 kN/m² dan sudut geser tanah sebesar 17°.



Gambar 3.8 Tab *Parameters* Pada Kotak Dialog *Material Set Core Zone 1*

- Klik *next* untuk berpindah pada lembar *tab Interfaces*. Dikarenakan tidak ada friksi tanah terhadap material lain, maka bagian ini dapat dilewat. Lalu klik OK.



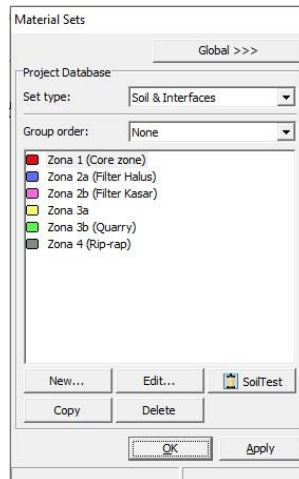
Gambar 3.9 Tab Interfaces Pada Kotak Dialog Material Set Core Zone 1

- Buat seluruh parameter tanah timbunan dan pondasi Bendungan Cipanas yang dibutuhkan secara lengkap dengan menggunakan simulasi *Set Type Soil & Interfaces*. Material yang dibuat pada simulasi ini yaitu:

Material Tanah

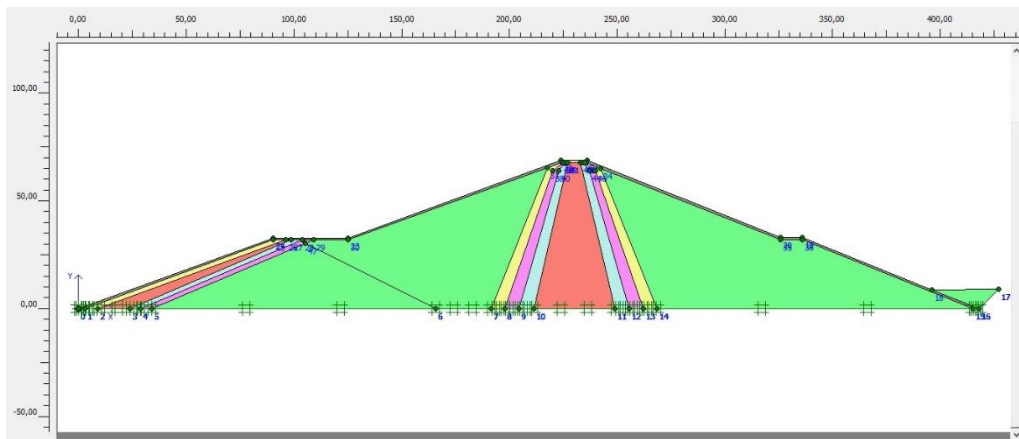
- Zona 1 (*Core zone*)
- Zona 2A (filter halus)
- Zona 2B (filter kasar)
- Zona 3A (Dia. Max 20 cm, *quarry*)
- Zona 3B (*quarry*)
- Zona 4 (rip-rap)

Berikut adalah kotak dialog *Material Set* yang sudah berisi material-material tubuh Bendungan Cipanas :




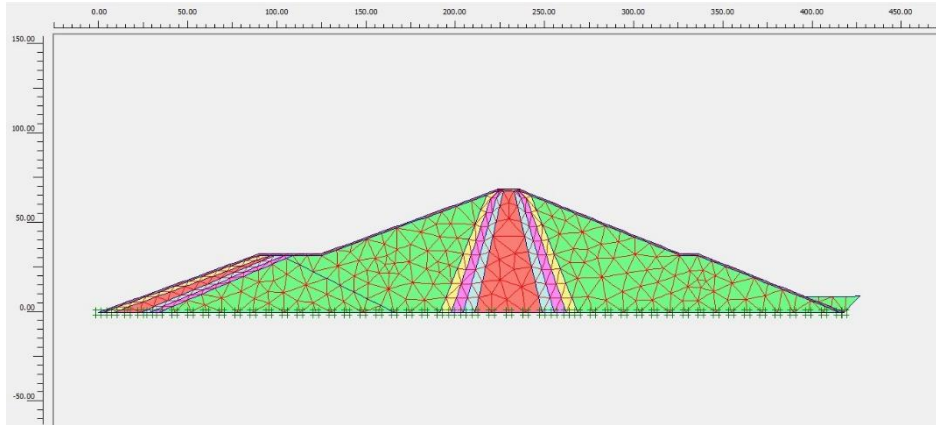
Gambar 3.10 Soil & Interfaces Pada Kotak Dialog Material Set

- b. Setelah membuat *Soil & Interfaces* pada *Material Set* setiap material yang dibutuhkan, lalu masukkan material tersebut kedalam geometri simulasi Bendungan Cipanas dengan cara *drag* material yang terpilih ke dalam geometri yang sudah dibuat.

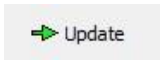
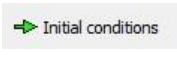


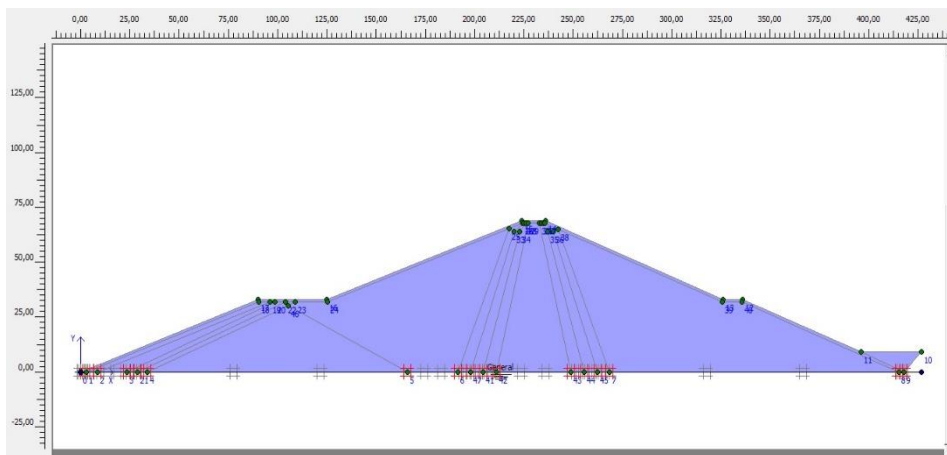
Gambar 3.11 Geometri Bendungan Cipanas Setelah Terisi Material

- j. Langkah selanjutnya yaitu *input* kondisi awal. Pada kondisi ini didefinisikan bahwa pada kondisi awal belum terdapat timbunan bendungan.
- Lakukan *generate mesh* dengan mencari klik  yang berguna untuk membagi struktur menjadi elemen-elemen *cluster* dan titik-titik nodal elemen (*nodes*). Kegunaan *mesh* ini adalah untuk melakukan perhitungan dalam metode elemen hingga. Setelah di klik *generate mesh* maka akan muncul hasil seperti di bawah ini.




Gambar 3.12 Generate Mesh Bendungan Cipanas

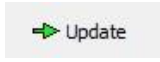
- Klik Perbaharui  .
- Lalu klik Kondisi awal  , sehingga akan muncul gambar seperti di bawah ini:

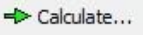


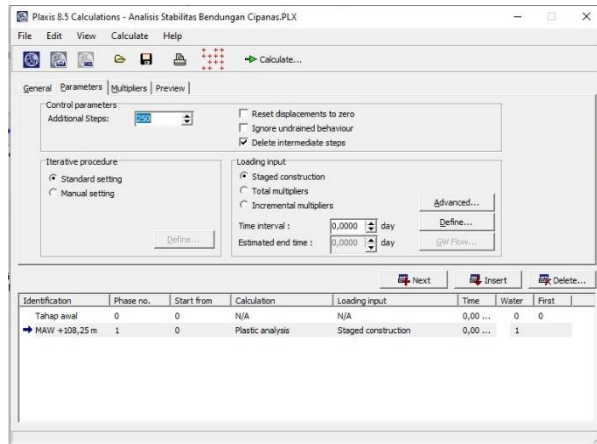
Gambar 3.13 Muka Air Bendungan Kondisi Awal

- Klik *generate water pressure*  untuk mengetahui tekan air yang bekerja pada kondisi awal.


2) Pasca Konstruksi MAW Minimum (+108.25 m)

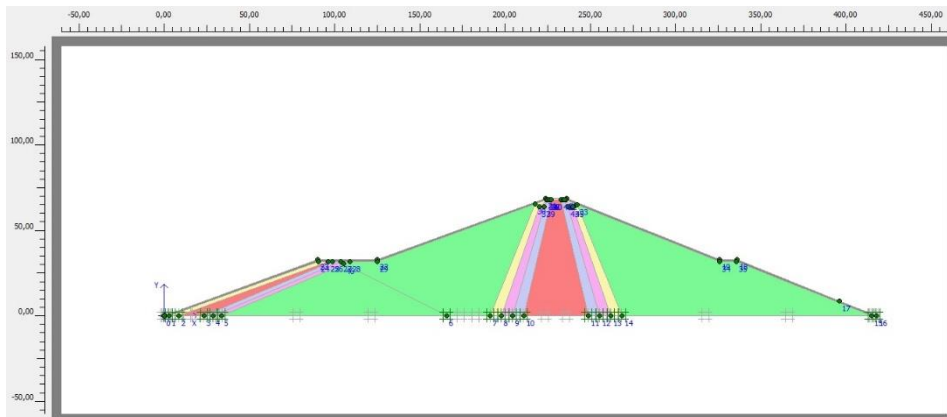
- Klik Update  .
- a. Langkah selanjutnya yaitu melakukan proses perhitungan atau kalkulasi pada simulasi Bendungan Cipanas ini. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

- Klik *Calculate*  , sehingga akan muncul gambar seperti di bawah ini:





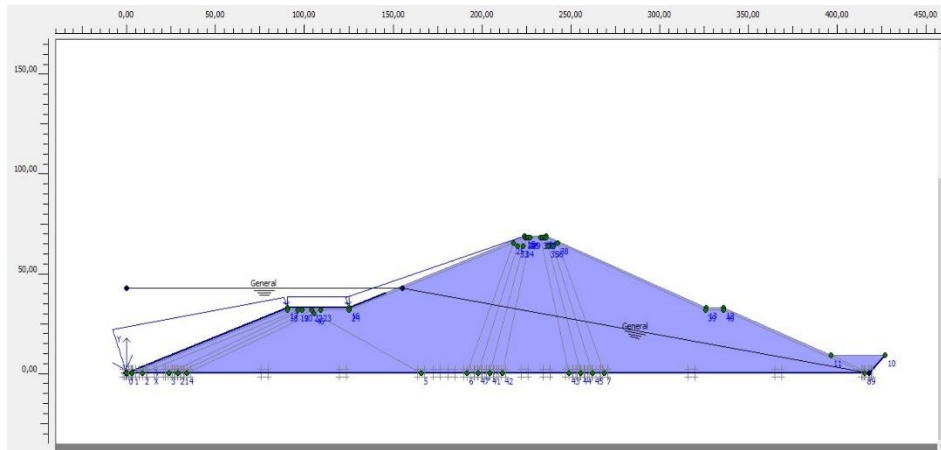
Gambar 3.14 Lembar Tab Parameters Pada Proses Kalkulasi MAW +108.25 m

- Klik *define*  , lalu akan muncul gambar seperti di bawah ini:




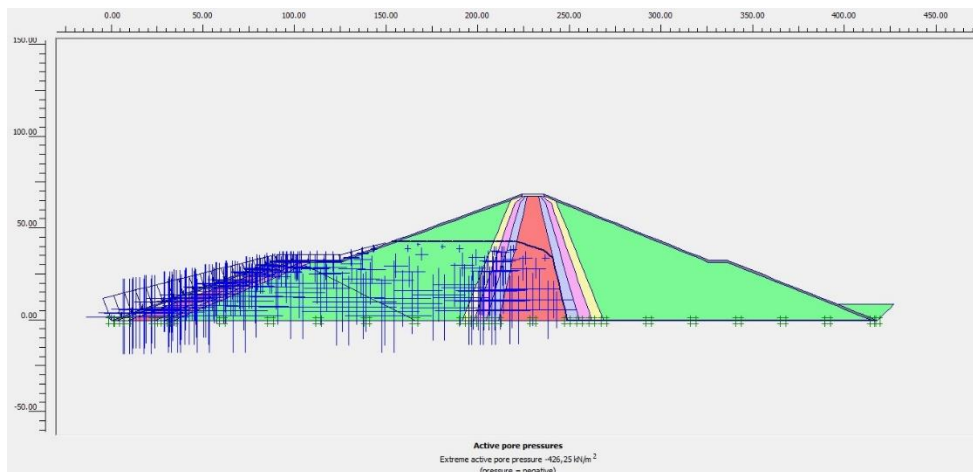
Gambar 3.15 Geometri Bendungan Sebelum Input MAW +108.25

- Non-aktifkan *phase* sebelumnya. Klik *initial pore pressure*  .
Masukan elevasi muka air pada kondisi MAW +108.25 dengan klik  .
Masukan koordinat elevasi muka air seperti gambar di bawah ini:

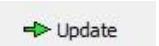


Gambar 3.16 Muka Air Waduk Elv. +108.25

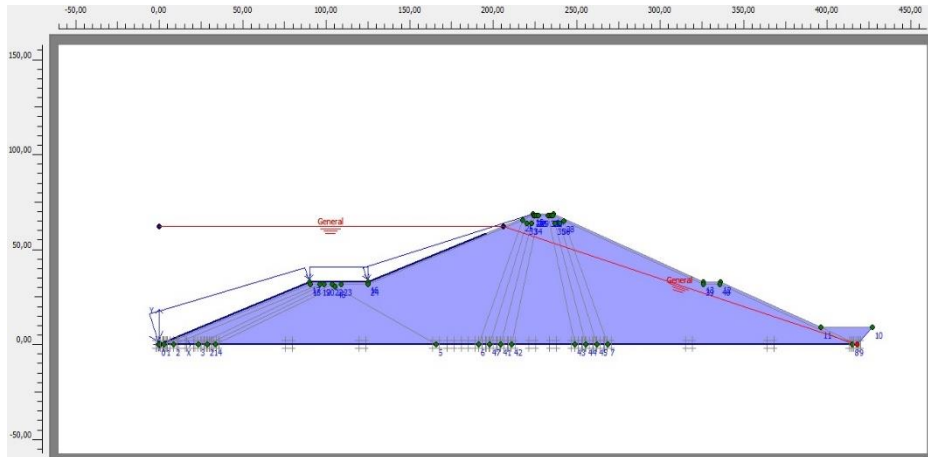
- Klik *generate water pressure*  untuk mengetahui tekan air yang bekerja pada kondisi MAW +108.25, sehingga akan muncul seperti gambar di bawah ini:



Gambar 3.17 Generate Water Pressure MAW +108.25

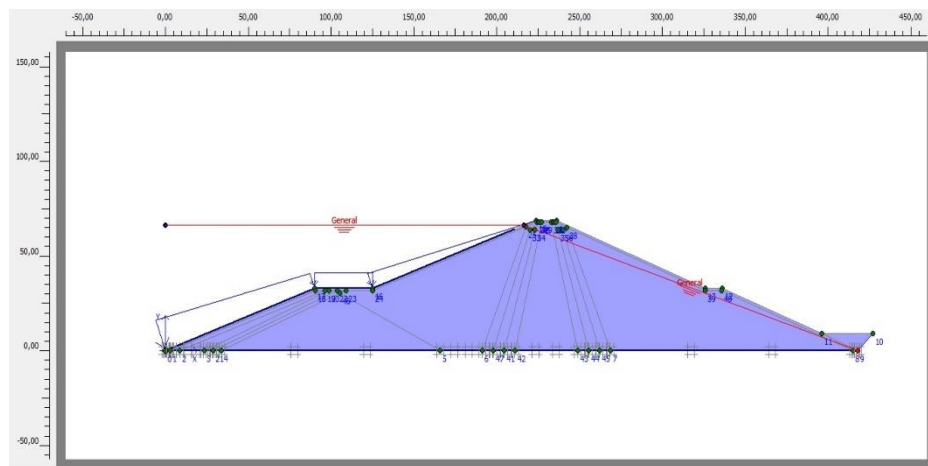
- Lalu klik *update* , dan lakukan hal yang sama untuk elevasi MAW Normal (+129.50 m), MAW Banjir (+133.32 m) dan Kondisi Sudden Drawdown.

3) **Pasca Konstruksi MAW Normal (+129.5 m)**



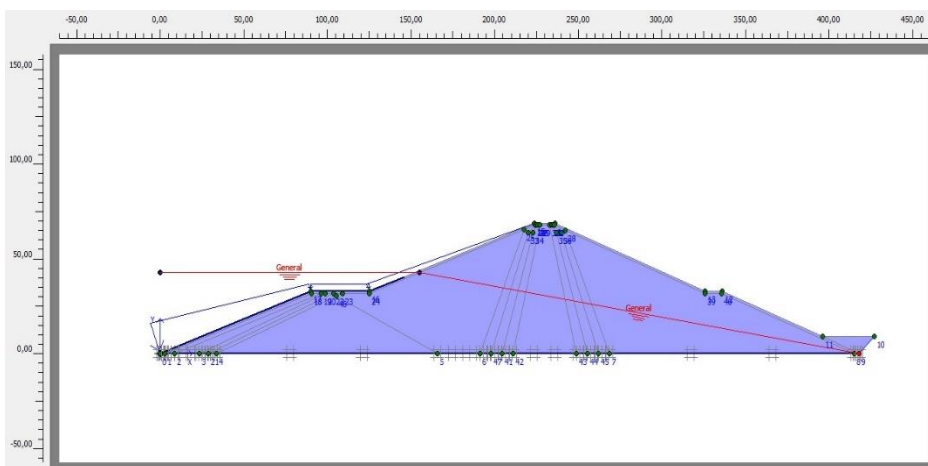
Gambar 3.18 Muka Air Waduk Elv. +129.5 m

4) **Pasca Konstruksi MAW Debit Banjir Maksimum (+133.32m)**



Gambar 3.19 Muka Air Waduk Elv. +133.32 m

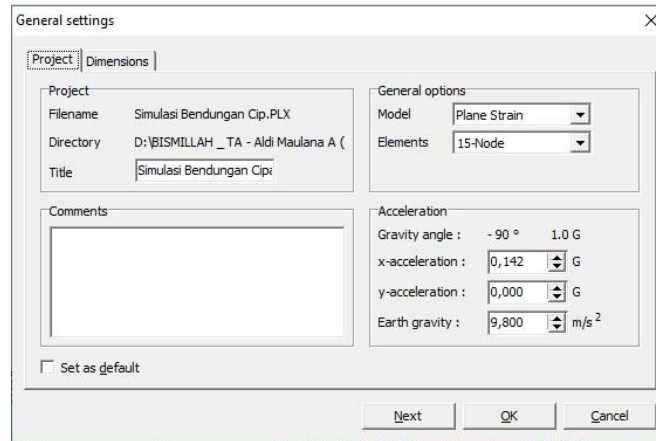
5) **Pasca Konstruksi MAW Sudden Drawdown (+108.25 m)**



Gambar 3.20 Muka Air Waduk Elv. +108.25 (Sudden Drawdown)


6) Analisa Pasca Konstruksi Muka Air Normal Dengan Faktor Gempa

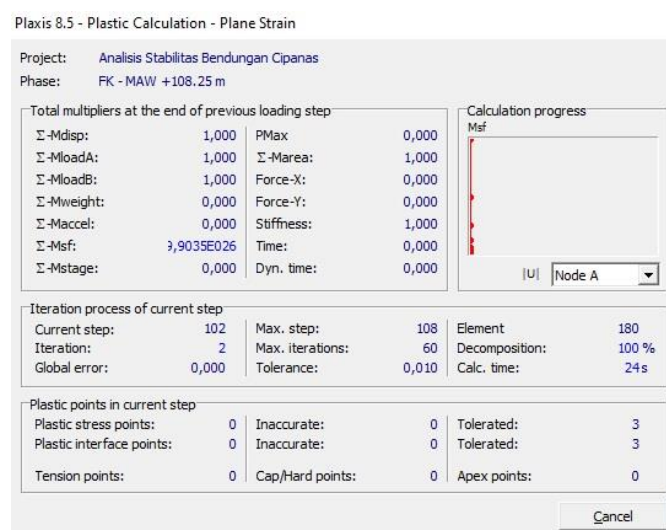
- a. Kembali pada kotak dialog *General Setting* selanjutnya pada lembar *tab Acceleration* masukkan koefisien gempa desain pada *x-acceleration*. dxews



Gambar 3.21 Lembar *tab acceleration*

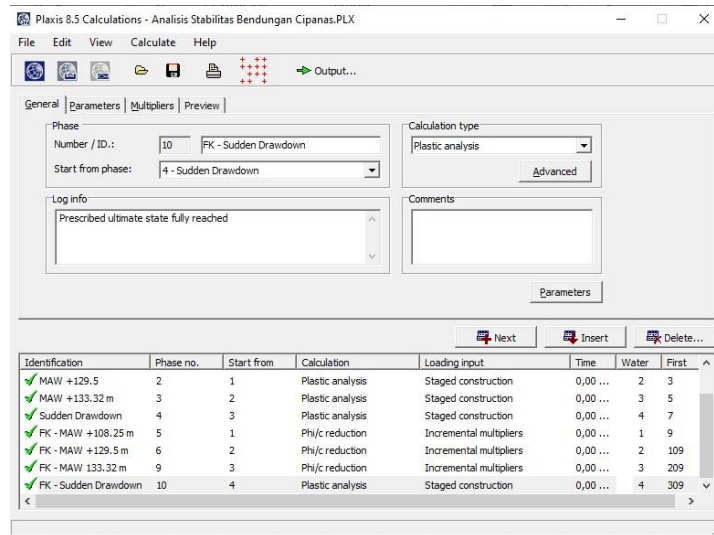
Selanjutnya yaitu meninjau besarnya faktor keamanan, deformasi dan rembesan yang terjadi pada tubuh bendungan. Besarnya tekanan air pori yang akan ditinjau yaitu saat muka air waduk berada pada setiap skenario elevasi muka air waduk selama pasca konstruksi. Hasil dari poses kalkulasi tersebut yaitu nilai tekanan air pori seperti di bawah ini.

- Klik *update*  *Update*, lalu klik *calculate*  *Calculate...*



Gambar 3.22 *Plastic Calculation*

- Setelah semua proses di atas selesai. Maka akan muncul gambar seperti di bawah ini.



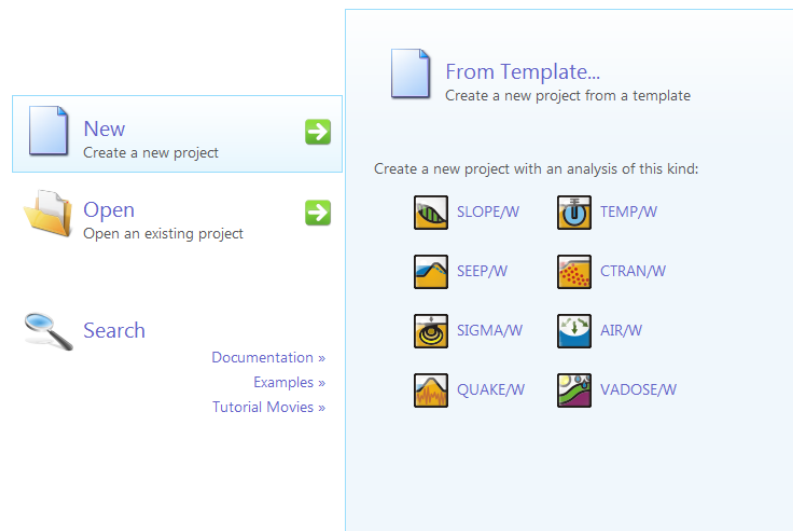
Gambar 3.23 Kalkulasi MAW +108.25 sampai Kondisi Sudden Drawdown

3.8.2 Limit Euilibrium (Geostudio 2012)

A. Simulasi SLOPE/W

Langkah-langkah stabilitas menggunakan Slope/W dapat diuraikan sebagai berikut:

- Buka program GeoStudio 
- Akan muncul kotak dialog *Create/New a new project*. Pilih New lalu pilih SLOPE/W dengan klik dua kali ikon dari program Geostudio.



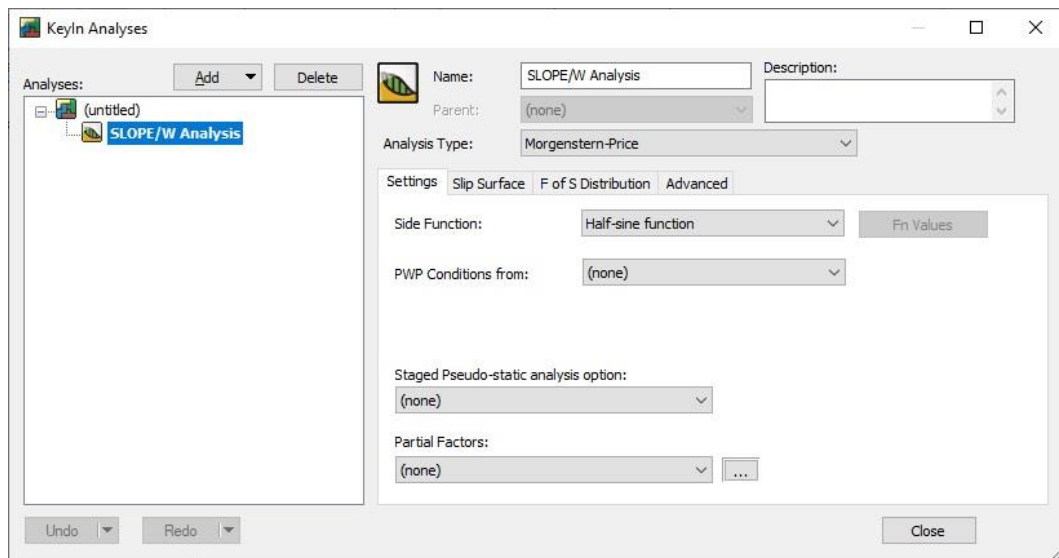
Gambar 3.24 Tampilan *create/new a new project*

- Pilih *Create New* baru, lalu klik tombol SLOPE/W

d. Setelah itu akan muncul jendela *KeyIn Analyses*.

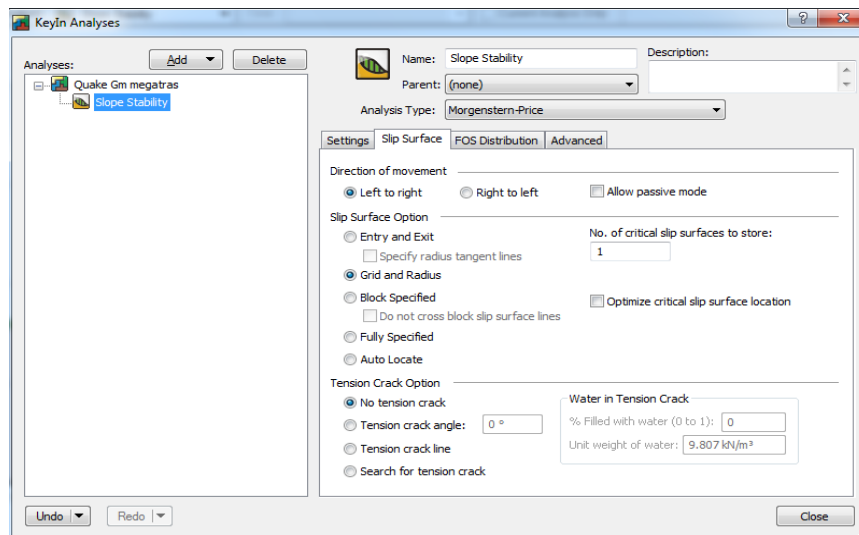
Sebelum memulai input data perlu dilakukan setting Keyin terlebih dahulu, yaitu *setting analysis type, side function* dan *PWP condition*. Selanjutnya *set page, set unit dan scale, set grid* dan *set axes*.

Untuk *slice function* pada gambar dibawah ini menggunakan *Half-sine function* dan *PWP condition* menggunakan *piezometric line* untuk menggambarkan aliran muka air.



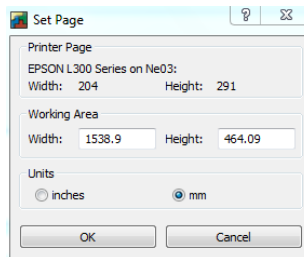
Gambar 3.25 Seting *keyin* tipe analisis yang akan digunakan

Keyin analyses yaitu untuk menentukan bidang keruntuhan dan menentukan tipe *slip surface* yang akan digunakan. Pada gambar dibawah *slip surface* yang digunakan adalah grid dan radius. Grid radius yaitu untuk mencari bidang kelongsoran.



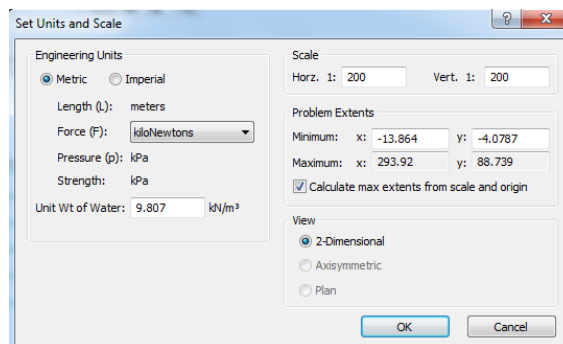
Gambar 3.26 Setting *slip surface*

- e. Set page digunakan untuk menentukan besar tinggi dan lebar area kerja sesuai yang dibutuhkan.



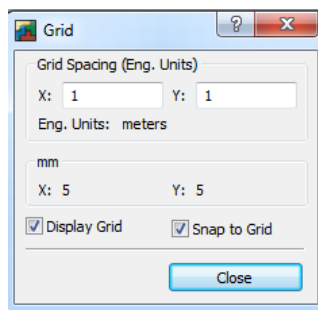
Gambar 3.27 Setting set page

- f. *Set units* dan skala untuk mengatur satuan dan skala yang dipakai untuk menggambar. Pada komen *problem extents* pada x dan y adalah untuk menentukan pada titik sumbu 0.



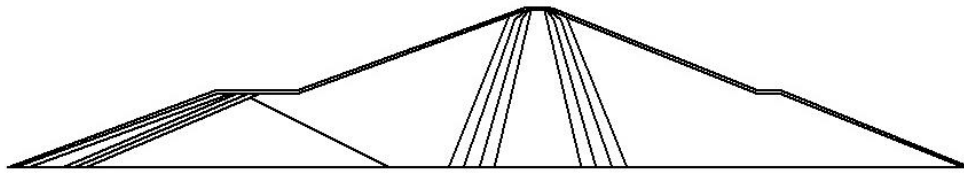
Gambar 3.28 Setting unit and scale

- g. *Set grid* digunakan untuk mengatur skala grid dari satu titik ke titik lain, pengaturan set grid seperti gambar dibawah ini :




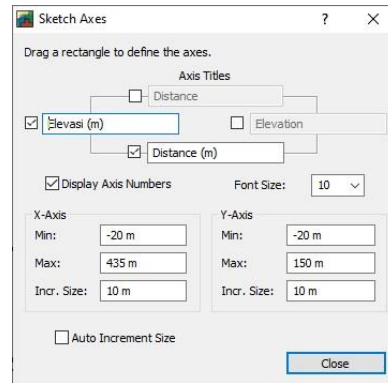
Gambar 3.29 Setting grid

- h. Masukkan point untuk membuat geometri dengan cara KeyIn-Point-Input Koordinat Point, kemudian hubungkan antar point hingga membentuk geometri bendungan



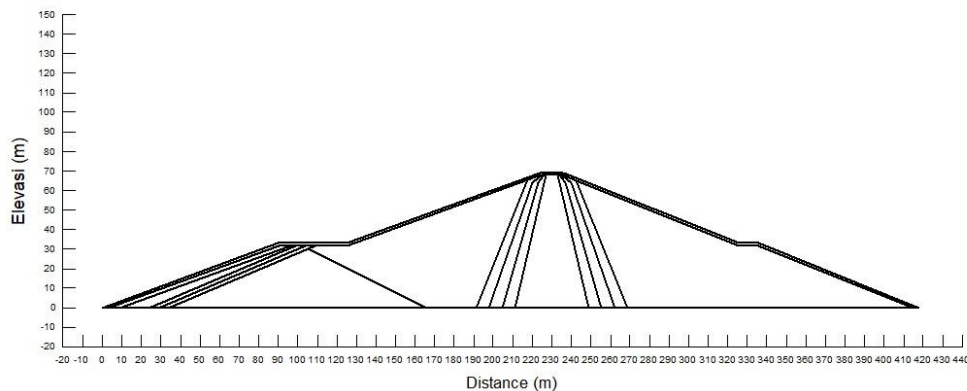
Gambar 3.30 Geometri Bendungan Cipanas

- i. *Set-axes*  digunakan untuk menggambar axis, sumbu x dan y pada area kerja. Dengan cara pilih menu set axes lalu pilih OK. Seperti gambar dibawah ini.



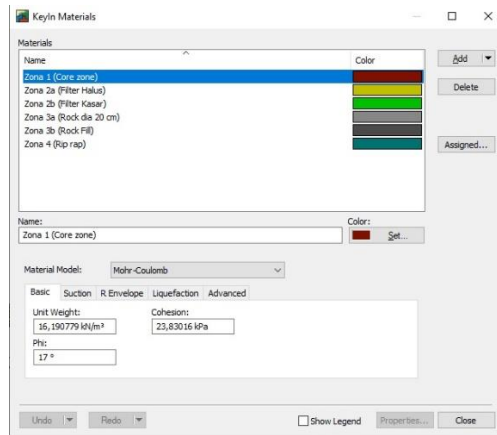
Gambar 3.31 *Sketch Axes*

- j. Berikut ini adalah gambar hasil *set axes* yang telah digambar pada area kerja. Untuk mengurangi atau menambahkan panjang axes arah sumbu x maupun sumbu y dapat dilakukan pada menu *Set axes*.



Gambar 3.32 *Set Axes*

- k. Membuat material untuk input ke dalam geometri bendungan. KeyIn-material.

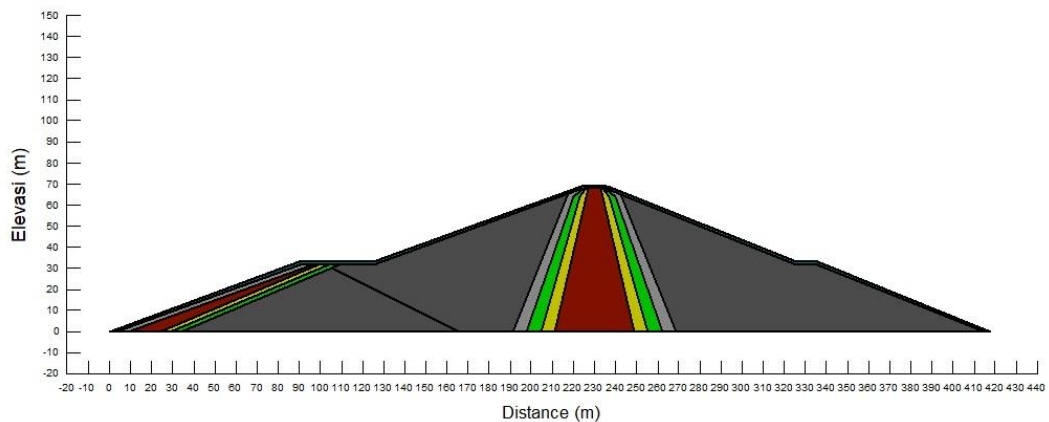


Gambar 3.33 *Input Material*

Tabel 3.4 *Data Material Bendungan*

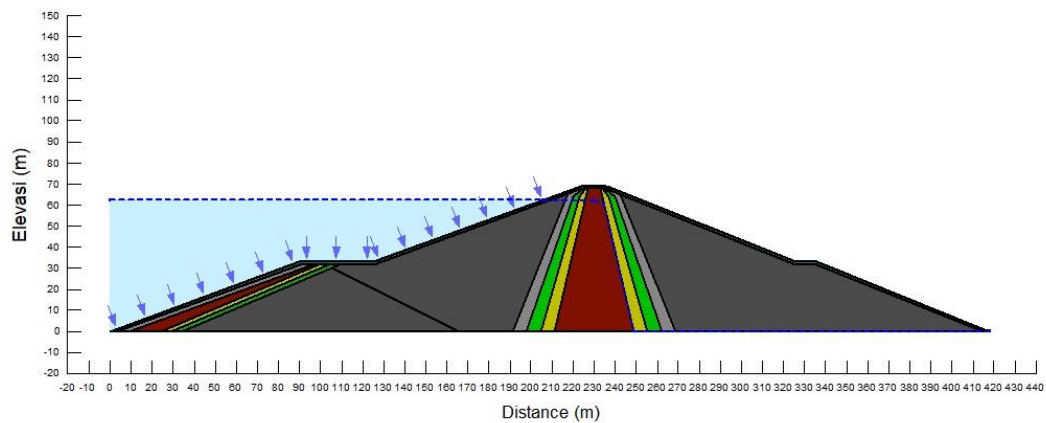
No	Material	γ_n (kN/m ³)	c_{ref} (kN/m ²)	ϕ (phi) (°)
1	Zona 1	16,191	23,83016	17
2	Zona 2A	16,897	0	28
3	Zona 2B	18,446	0	31
4	Zona 3A	18,446	0	38
5	Zona 3B	18,446	0	38
6	Zona 4 (rip-rap)	18,446	0	38

1. Setelah input material dilanjutkan penggambaran material pada geometri bendungan dengan cara Draw-material pilih region yang akan diisi.





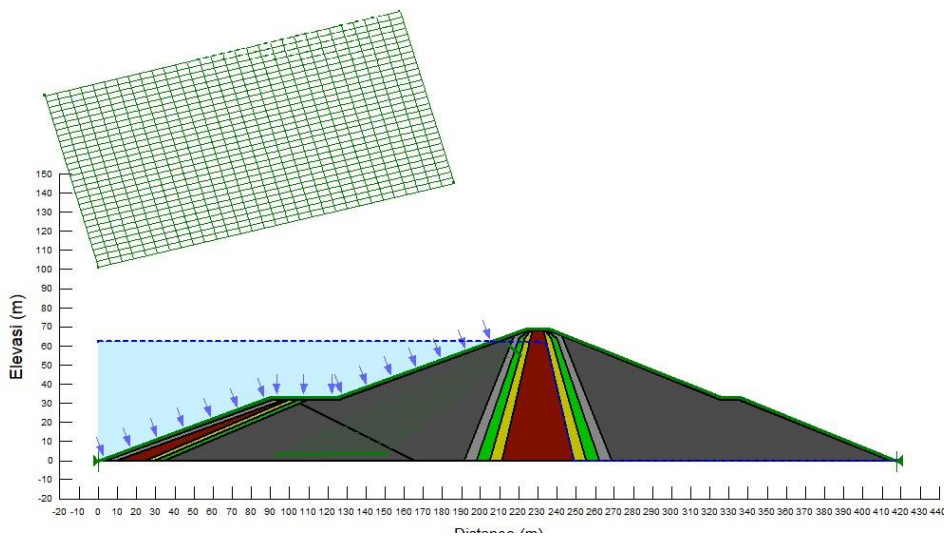
Gambar 3.34 *Input Draw Material*

- m. Selanjutnya menggambar elevasi muka air waduk. Draw-Pore water pressure -add-draw



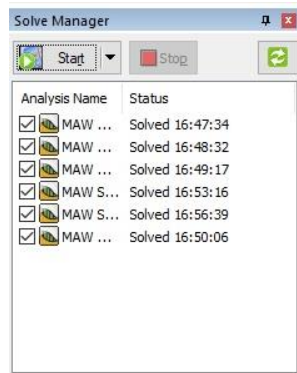
Gambar 3.35 Phreatic Line

- Perhitungan faktor keamanan hilir bendungan dengan cara Draw-Slip Surface-Grid  lalu masukan nilai *increments* x dan y, hasil penggambaran grid seperti gambar dibawah ini.
- Selanjutnya dilakukan input radius disepanjang bidang longsor, dengan cara draw-slip surface-radius 



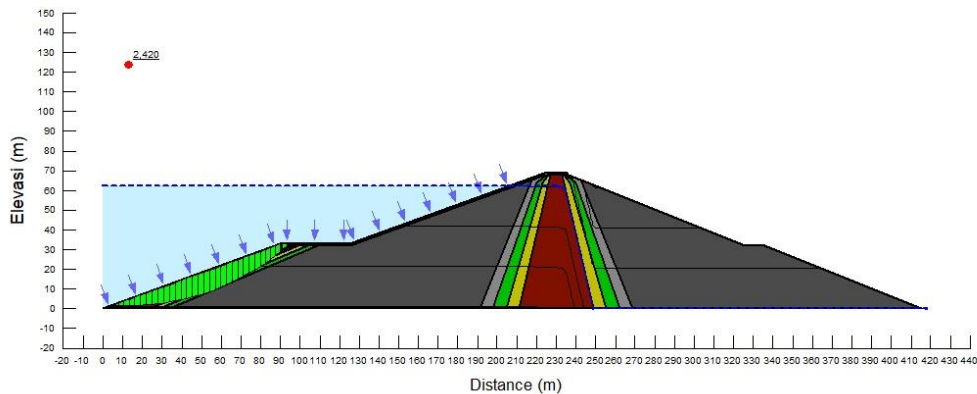
Gambar 3.36 Grid Dan Radius

- n. Selanjutnya pilih *Solve Manager*  lalu pilih start, untuk memulai menghitung faktor keamanan.




Gambar 3.37 *Solve Analyses*

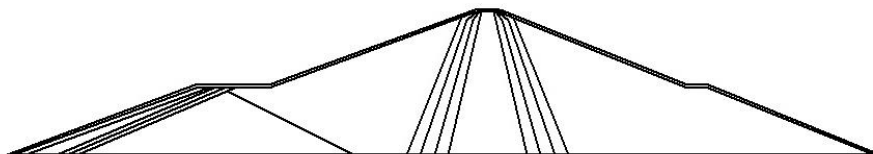
Setelah perhitungan faktor keamanan selesai maka *Output* yang keluar adalah sebagai berikut:



Gambar 3.38 Hasil Perhitungan SLOPE/W

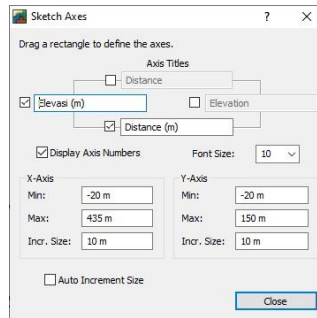
B. Simulasi Seep/W

- Buka program GeoStudio 
- Pilih *Create a SEEP/W analyses*
- Buat geometri bendungan dengan menggunakan *Draw Regions*



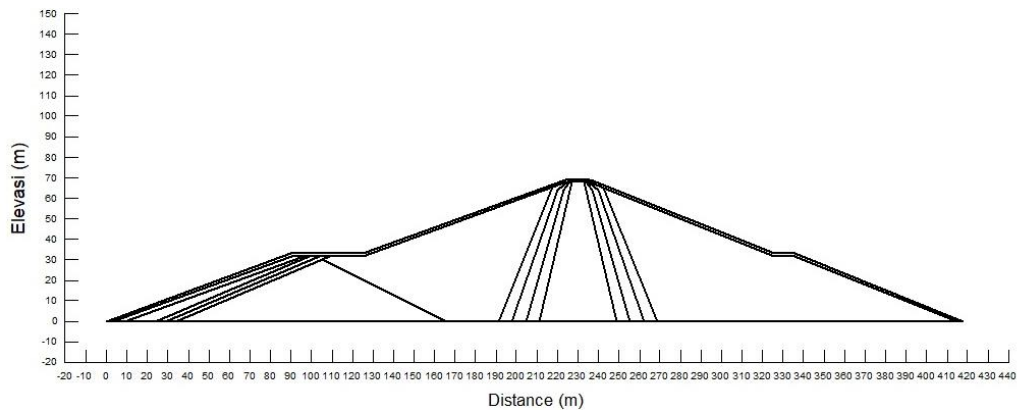
Gambar 3.39 Geometri Bendungan Cipanas

- Buat sumbu X dan sumbu Y pada bidang gambar
 - Klik *Set* lalu pilih *Axes*
 - Isi *box Axes Bottom X* dengan nama *Distance (m)*
 - Isi *box Axes Top Y* dengan nama *Elevation (m)*



Gambar 3.40 Pengaturan *Axes*

- Isi kolom-kolom tersebut sesuai kebutuhan, lalu klik OK maka akan muncul gambar seperti di bawah ini:



Gambar 3.41 Geometri Bendungan Dengan *Axes*

- e. Langkah selanjutnya adalah memasukkan material tubuh bendungan.

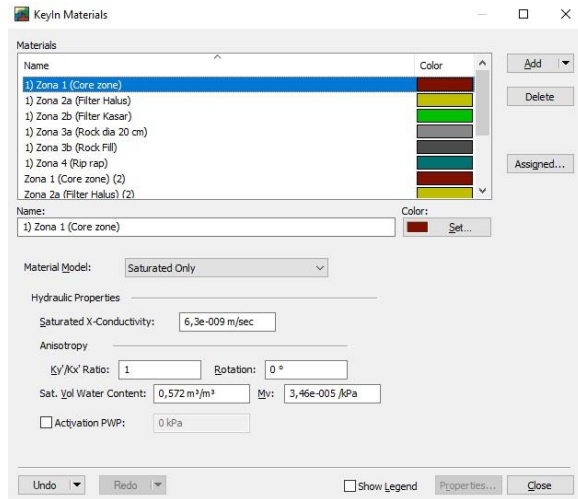
Parameter Material yang dibutuhkan yaitu:

- *Vol. Water content at Saturation*
- *Coef. Of Vol. Compressibility (m_v)*
- *K (Coef. Of Permeability)*

Berikut data-data yang akan dimasukkan:

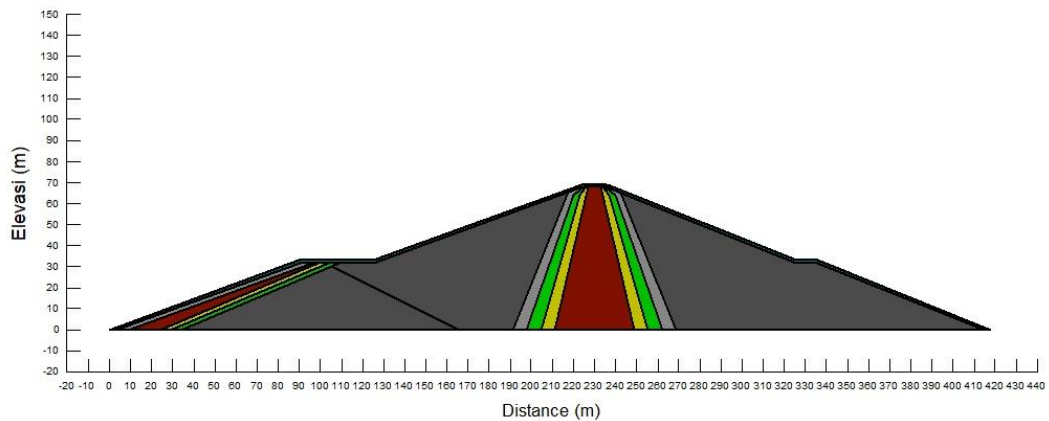
Tabel 3.5 Material Tubuh Bendungan Untuk *Input* Program SEEP/W

	Dry density	γ_{sat}	e	n	Vol. WC	E	m_v	Permeability
	(kN/m^3)	(kN/m^3)				(kN/m^3)	(m^2/kN)	m/day
Zona 1	11,121	16,730	1,338	0,572	0,572	29000	3,46E-05	5,443 x10-4
Zona 2A	16,485	19,780	0,506	0,336	0,336	50000	2,00E-05	70,5024
Zona 2B	17,985	20,849	0,461	0,315	0,315	100000	1,00E-05	518,4
Zona 3A	17,985	20,849	0,461	0,315	0,315	100000	1,00E-05	1728
Zona 3B	17,985	20,849	0,461	0,315	0,315	100000	1,00E-05	1728
Zona 4	17,985	20,849	0,461	0,315	0,315	100000	1,00E-05	1728




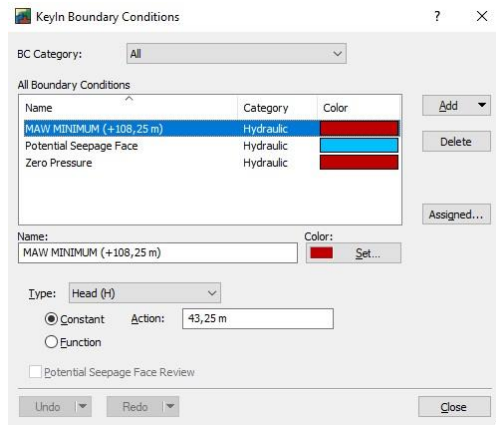
Gambar 3.42 Material Properties Tubuh Bendungan

- f. Material tubuh bendungan selanjutnya dimasukkan kedalam geometri dengan cara memilih region sesuai tempat material itu.



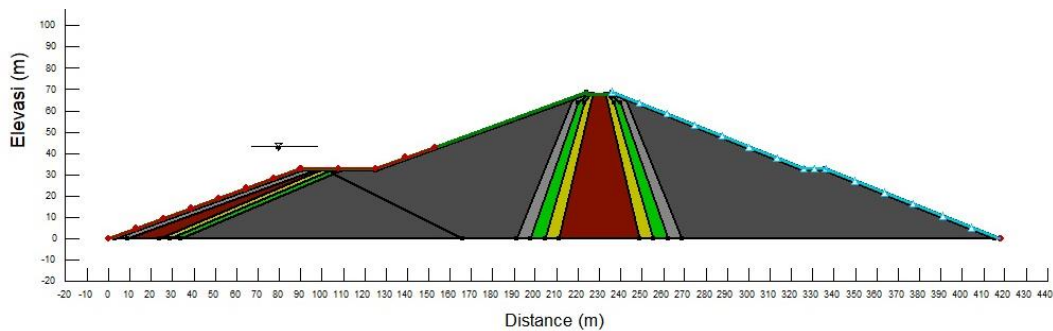
Gambar 3.43 Input Material

- g. Buat *Boundary Conditions* . Draw-boundary condition-add
 h. Pilih *Head (H)* pada *Type Boundary*
 i. *Action* yaitu tinggi muka air waduk dari titik datum yang dibuat. Pada hulu bendungan tinggi muka air yaitu 43,25 meter dari titik 0.0 untuk MAW +108,25



Gambar 3.44 *Boundary Condition*

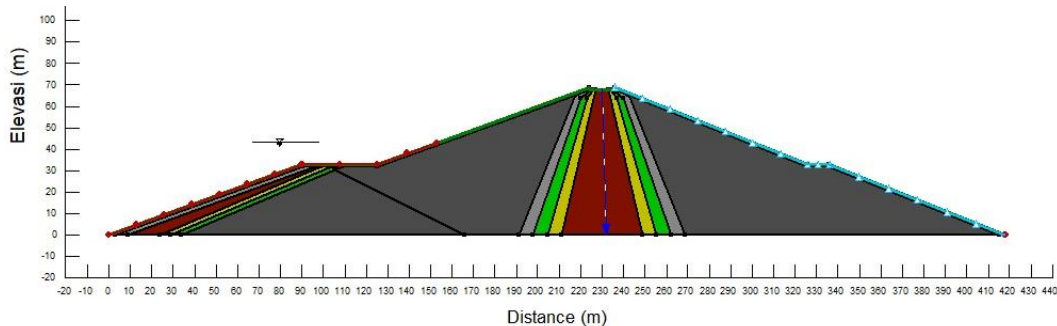
j. Klik daerah yang akan dibatasi. Boundary condition-klik




Gambar 3.45 *Assign Boundary Condition*


k. Buat section nilai rembesan yang akan ditinjau dengan cara *Draw-Flux*

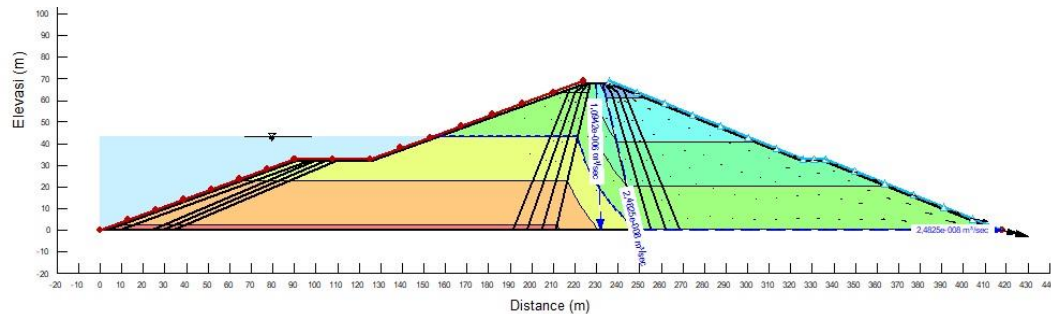
Sections 



Gambar 3.46 *Flux Section*

l. Selanjutnya yaitu melakukan kalkulasi untuk mengetahui besarnya rembesan yang terjadi. Klik *Solve Manager* , lalu klik *Start*.

- m. Klik *Draw Flux Label* , lalu klik pada *Flux Section* yang sebelumnya telah dibuat, maka akan muncul besarnya rembesan yang melalui tubuh bendungan seperti gambar di bawah ini:



Gambar 3.47 Total Head dan Besar Rembesan

3.9 Teknik Pengumpulan Data

Dalam penelitian dibutuhkan beberapa data yang diperlukan untuk menganalisa faktor keamanan dan daya dukung pada pondasi bendungan. Berikut adalah data-data yang diperlukan pada analisa ini.

1. Data Teknis Bendungan
2. Data Material Timbunan
3. Data Hidrolis Bendungan
4. Gambar Desain Bendungan Cipanas Rev.2 (STA. 3+00)

Data-data diatas didapatkan dari pengujian laboratorium dan pihak konsultan supervisi pembangunan Bendungan Cipanas.