BAB IV
METODE PERHITUNGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE

4.1 Umum

Analisis stabilitas lereng bendungan Keuliling dan analisis stabilitas dinamik bendungan pada studi ini akan dilakukan menggunakan program komputer, dengan dibagi menjadi 2(dua) analisis yaitu analisis statik dan analisis dinamik. Adapun program komputer yang digunakan adalah SLOPE/W, QUAKE/W dan SIGMA/W. Program komputer SLOPE/W digunakan untuk menganalisis stabilitas lereng statik bendungan. Pada SLOPE/W digunakan metode kesetimbangan batas (Limit Equilibrium) dan akan mempertimbangkan kondisi kritis bendungan pada kondisi selesai masa kontruksi, kondisi air normal dan kondisi air turun tiba-tiba. Dan digunakan pendekatan model tanah yaitu drained analisis dan undrained analisis. Untuk QUAKE/W digunakan untuk mengetahui deformasi bendungan saat gempa berlangsung. Model tanah yang digunakan pada program QUAKE/W adalah pemodelan tanah Equivalent linear. Sedangkan untuk SIGMA/W digunakan untuk menganalisis stabilitas dinamik bendungan setelah terjadinya gempa dengan pemodelan tanah elastik plastik.

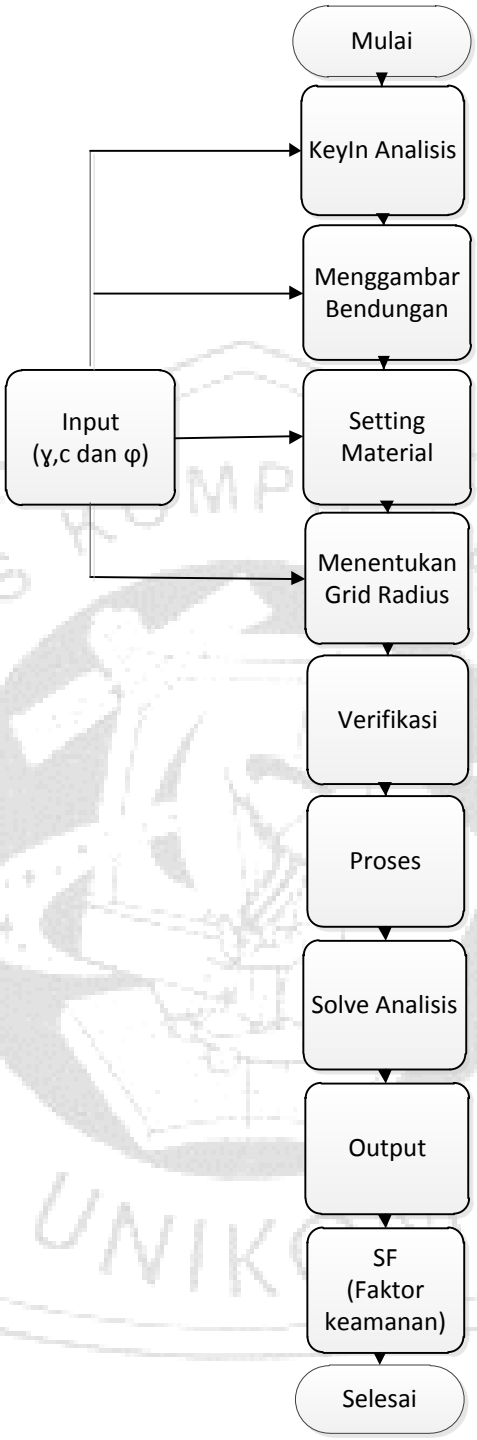
4.2 Analisis Statik

4.2.1 Program Komputer SLOPE/W

4.2.1.1 Pendahuluan

Program komputer SLOPE/W adalah bagian dari Geostudio yang berfungsi untuk menganalisis SF *(safety faktor/faktor keamanan)* lereng. Geostudio berasal dari Kanada yang dikembangkan oleh perusahaan swasta. SLOPE/W dapat menganalisis masalah stabilitas baik secara sederhana maupun kompleks dengan menggunakan salah satu dari delapan metode kesetimbangan (Limit Equilibrium) batas untuk berbagai permukaan yang miring.

Berikut adalah diagram alir analisis stabilitas lereng bendungan menggunakan SLOPE/W.



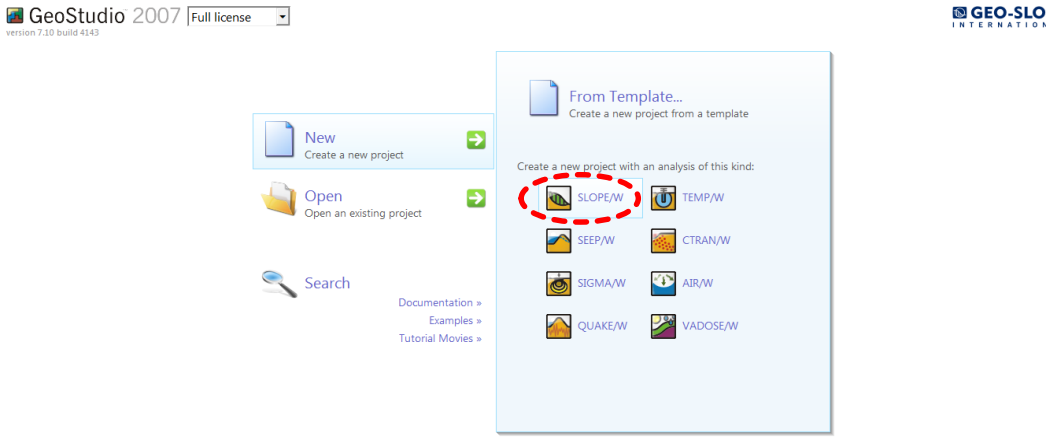
Gambar IV. 1 Diagram alir menghitung stabilitas lereng bendungan menggunakan SLOPE/W

Pada analisis SLOPE/W input data yang perlu dilakukan yaitu seperti input material tanah, input beban gempa pada kedalaman bendungan (Y/H 0.25, Y/H 0.5, Y/H 0.75 dan Y/H 1), input grid radius dan input garis freatik.

4.2.2 Input Data

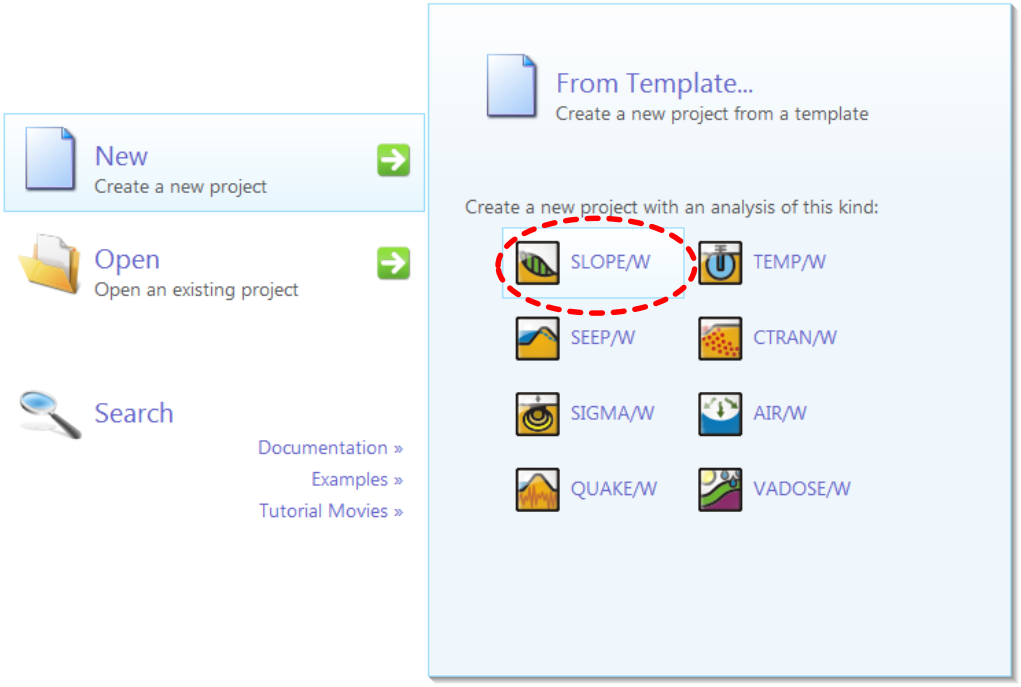
Langkah-langkah stabilitas menggunakan SLOPE/W dapat diuraikan sebagai berikut:

- Mulai SLOPE/W dengan klik dua kali ikon dari program Geostudio.
- Sebuah kotak dialog *Create/New a new project* maka akan muncul di mana kita dapat memilih project yang ada atau membuat yang baru. Tampilan project *Create/New a new project* dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar IV. 2 Tampilan create/new a new project

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



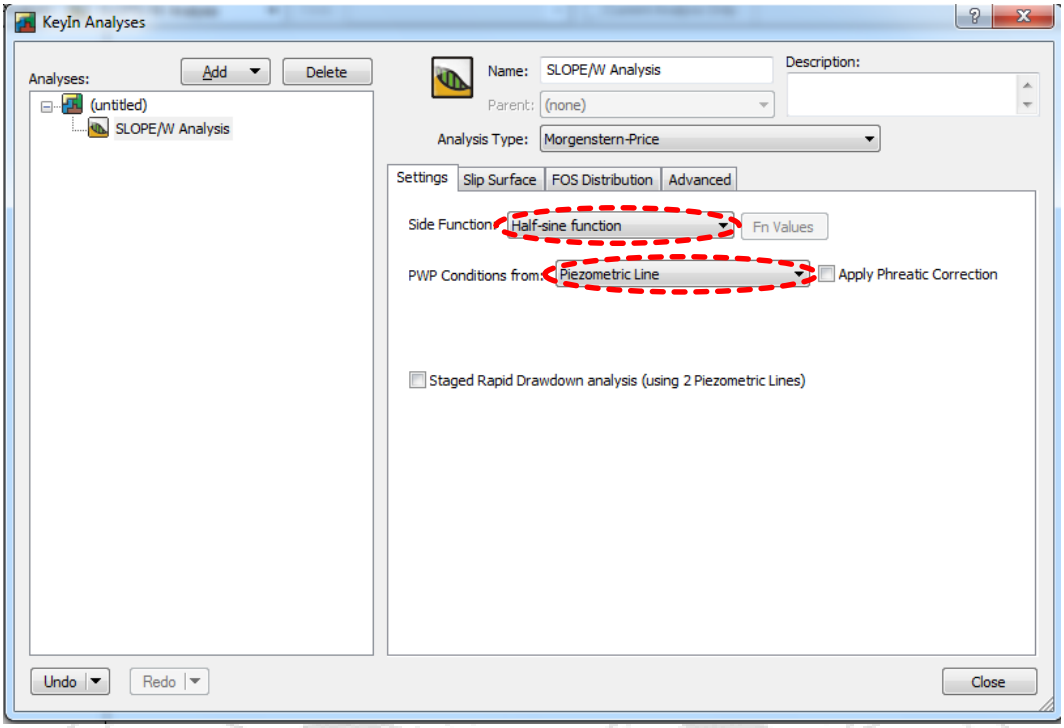
Gambar IV. 3 Memulai project baru

- Setelah itu akan muncul jendela *KeyIn Analyses*.

4.2.2.1 General Setting

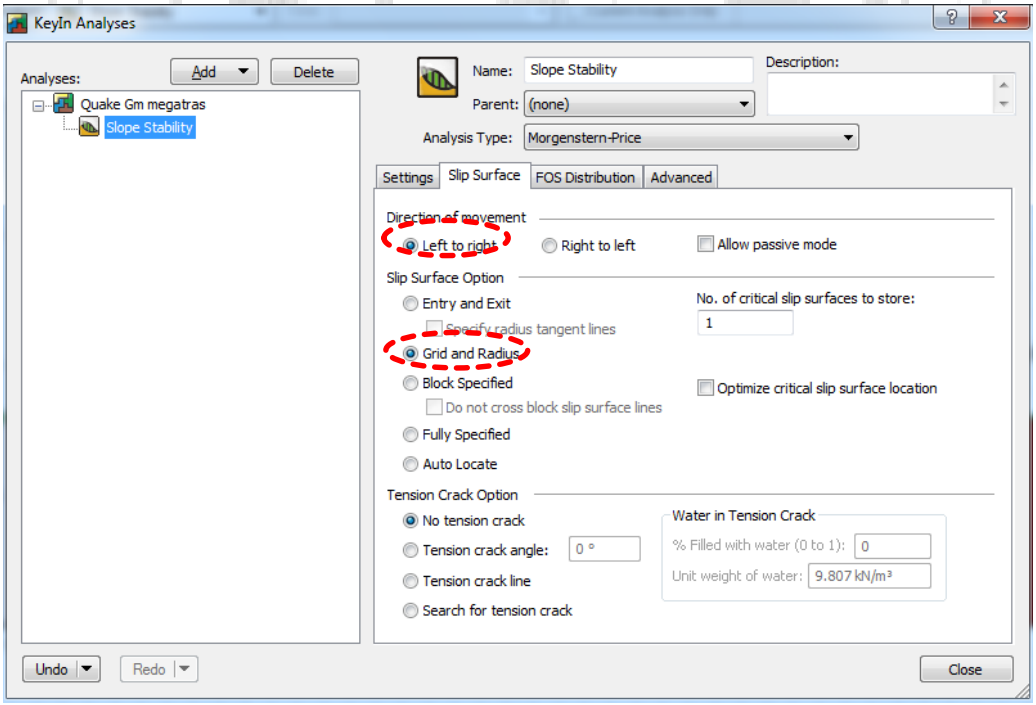
Sebelum memulai input data perlu dilakukan setting Keyin terlebih dahulu. Setting analisis tipe, side function dan PWP condition. Selanjutnya set page, set unit dan scale, set grid dan set axes.

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



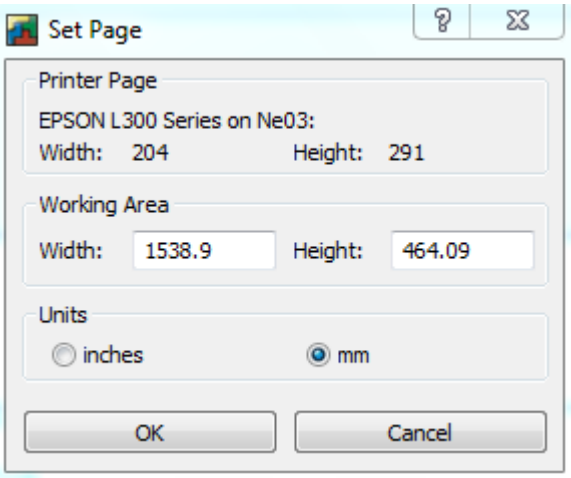
Gambar IV. 4 Seting keyin tipe analisis yang akan digunakan

Keyin analisis 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.



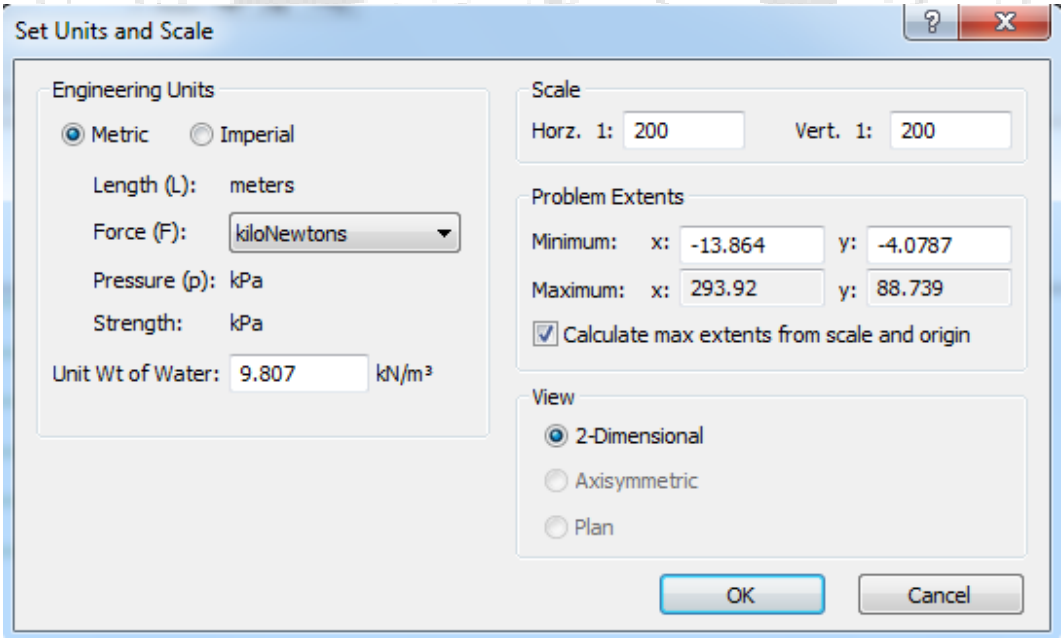
Gambar IV. 5 Setting slip surface

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



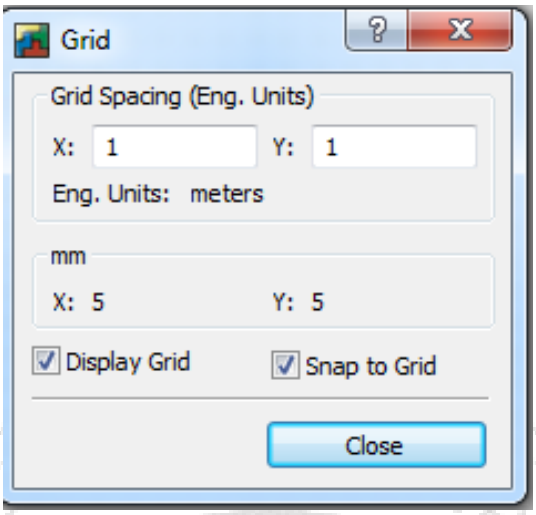
Gambar IV. 6 Setting set page

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 IV. 7 Setting unit dan scale

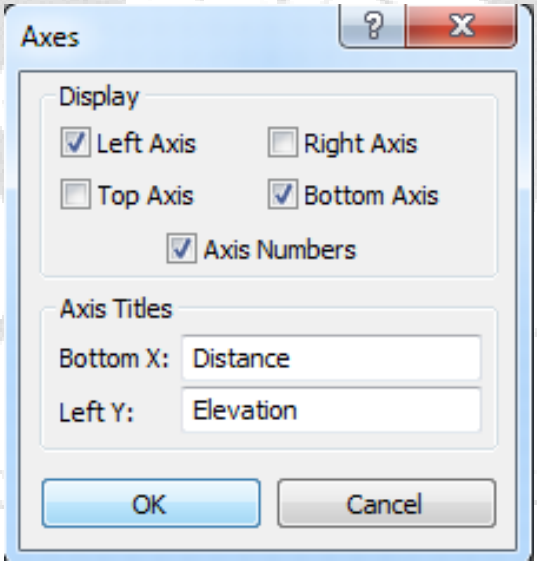
Set grid digunakan untuk mengatur skala grid dari satu titik ke titik lain, pengaturan set grid seperti gambar dibawah ini :



Gambar IV. 8 Setting grid

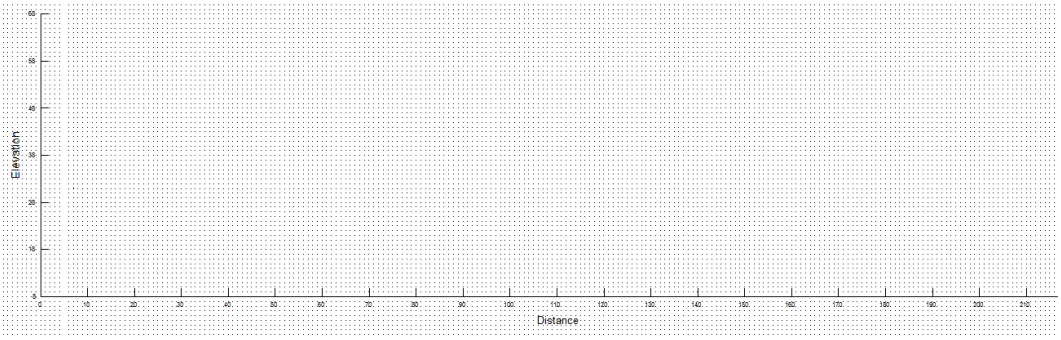


Sketch axes digunakan untuk menggambar axis, sumbu x dan y pada area kerja. Dengan cara pilih menu sketch axes lalu pilih OK. Seperti gambar dibawah ini.



Gambar IV. 9 Set axes

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 IV. 10 Area kerja

Ada empat langkah input data yang dapat dilakukan yaitu :

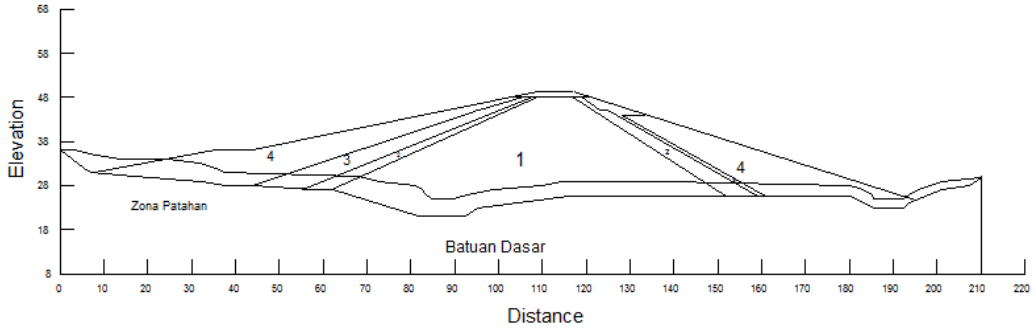
- Pertama, dengan melakukan input geometri dengan cara menggambar.
- Kedua, input seismic load (beban gempa) dari perhitungan berdasarkan peta gempa 2004 dan berdasarkan titik kedalaman y/h.
- Ketiga, melakukan input material.
- Keempat, melakukan input grid dan radius. Berikut ini adalah langkah-langkah melakukan input data.

4.2.2.2 Input Geometri

Sebelum melakukan analisis pada program komputer SLOPE/W langkah yang paling penting dilakukan adalah input data. Dalam hal ini data-data tanah yang dianalisis diambil dari studi kasus bendungan terdahulu. Pada menu data terdapat beberapa sub menu yang harus diinput berikut adalah sub menu tersebut.

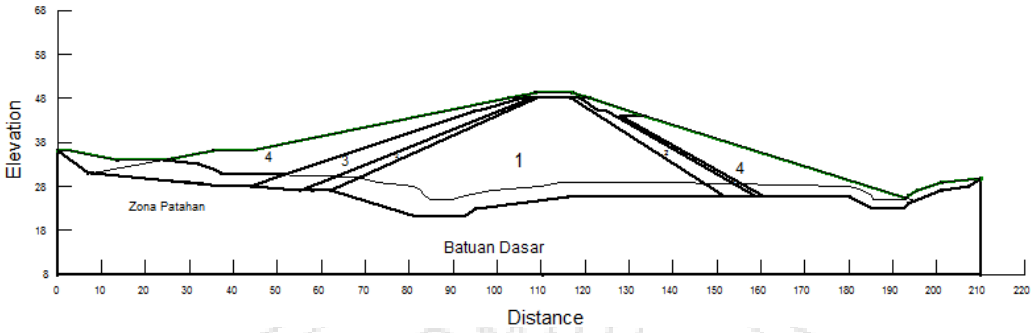


Untuk menggambar geometri dapat dilakukan dengan memilih menu sketch lalu klik polylines, selanjutnya gambar geometri bendungan.



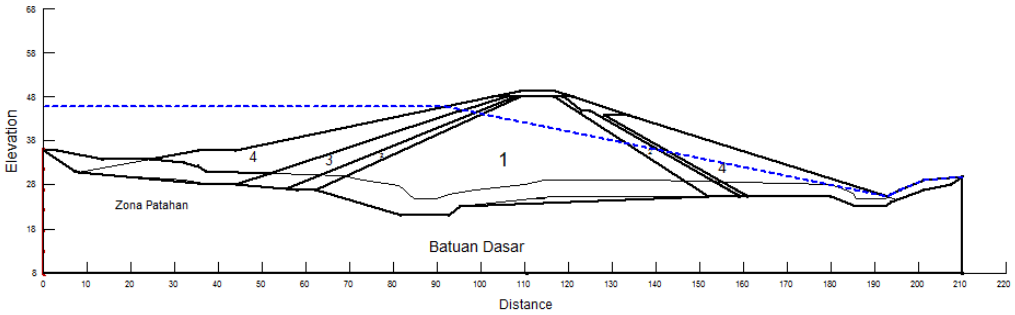
Gambar IV. 11 Input geometri bendungan

Setelah penggambaran geometri dilakukan menggunakan polyline dilanjutkan dengan penggambaran geometri menggunakan region pada menu draw.



Gambar IV. 12 Input region

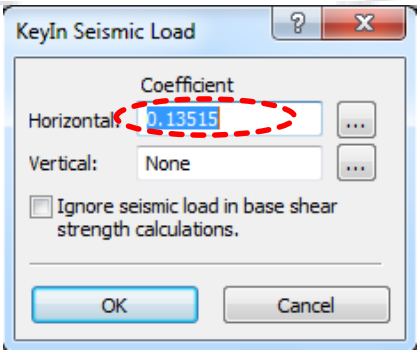
Selanjutnya menggambar garis freatik untuk menentukan elevasi muka air. pada contoh ini elevasi muka air diasumsikan pada kondisi normal.



Gambar IV. 13 Model garis freatik

4.2.2.3 Input Seismic Load

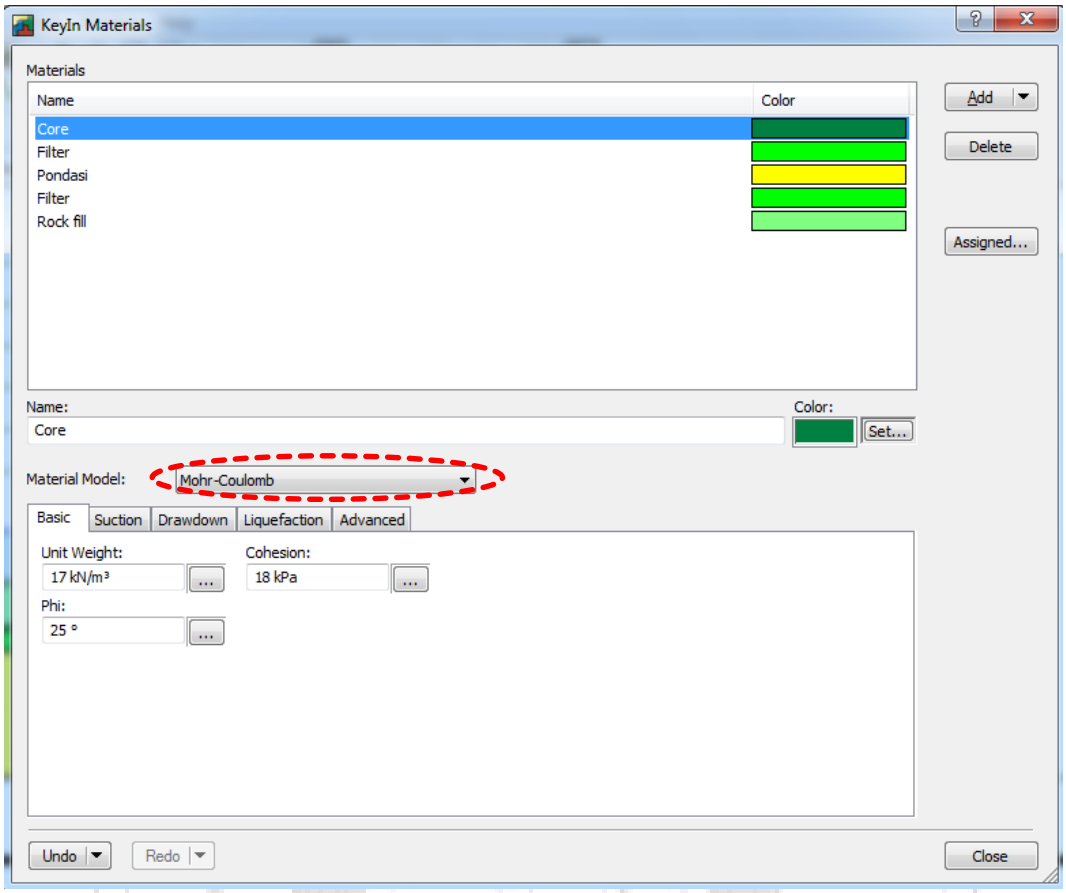
Seismic load yang dimasukan yaitu koefisien horizontal berdasarkan peta gempa 2004 dan berdasarkan titik kedalaman bendungan (y/h 0.25, y/h 0.5, y/h 0.75 dan y/h 1). Apabila akan melakukan analisis tanpa beban gempa maka tahap input seismic load tidak perlu dilakukan.



Gambar IV. 14 Input seismic load

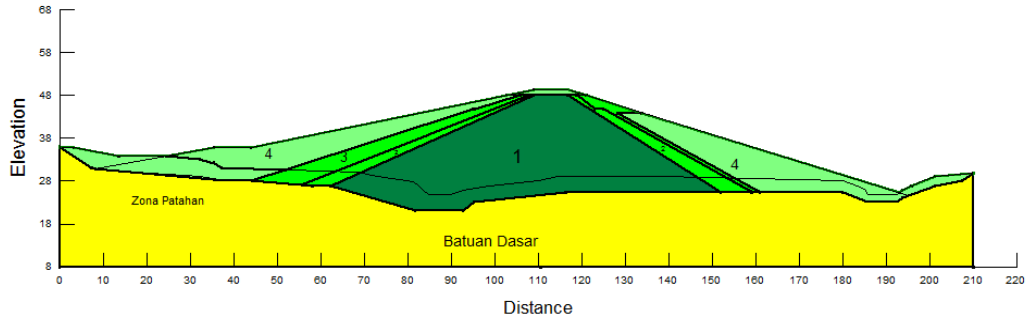
4.2.2.4 Input Material

Pada tahap input material yaitu memasukan parameter tanah yang diperlukan dengan cara pilih menu keyin material. Pemodelan tanah pada studi ini digunakan model tanah Mohr-Coloumb. Untuk core, fillter, rockfill dan batuan dasar.



Gambar IV. 15 Input material

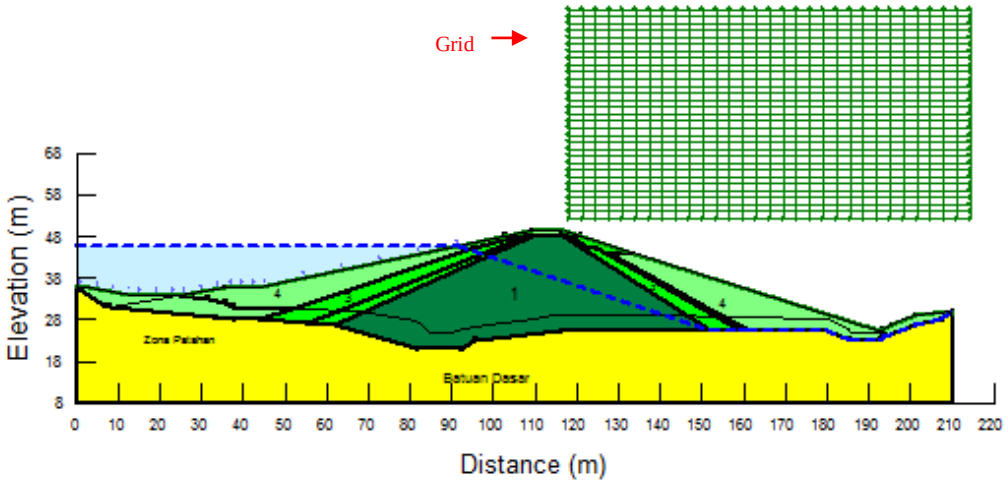
Setelah input material dilanjutkan penggambaran material pada geometri bendungan dengan cara Pilih Draw material. Berikut ini adalah hasil penggambaran material pada bendungan.



Gambar IV. 16 Input draw material

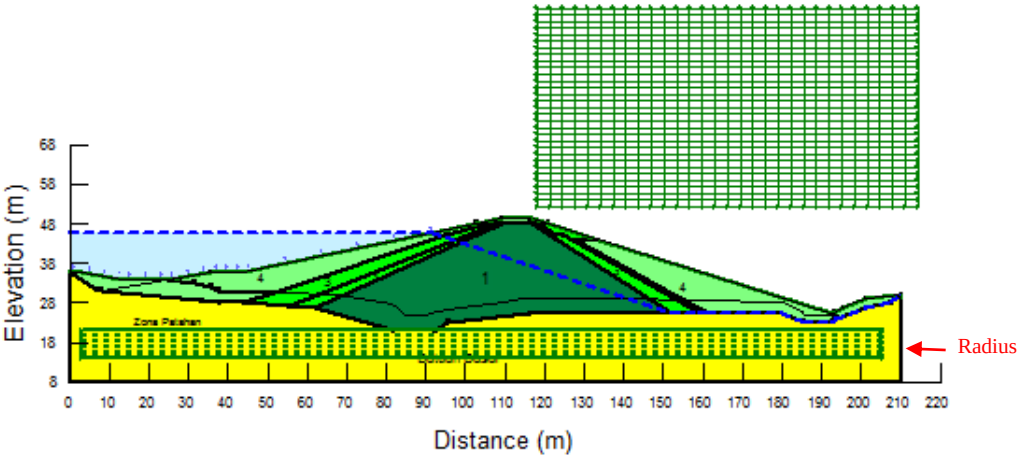
4.2.2.5 Input Grid dan Radius

Setelah input dan penggambaran material dilanjutkan dengan input grid disepanjang daerah yang akan dianalisis. Apabila daerah yang akan dianalisis bagian down stream maka grid berada disepanjang daerah down stream dan sebaliknya jika yang dianalisis up stream maka grid berada disepanjang up stream. Lalu masukan nilai increments x dan y, hasil penggambaran grid seperti gambar dibawah ini.



Gambar IV. 17 Grid

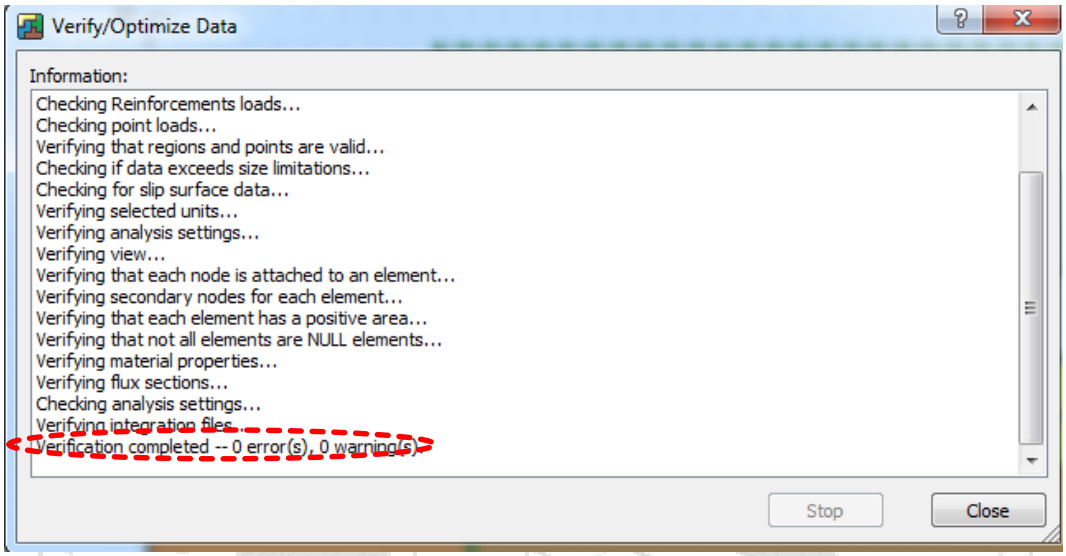
Selanjutnya dilakukan input radius disepanjang pondasi bendungan. Hasil penggambaran input radius adalah sebagai berikut.



Gambar IV. 18 Input radius

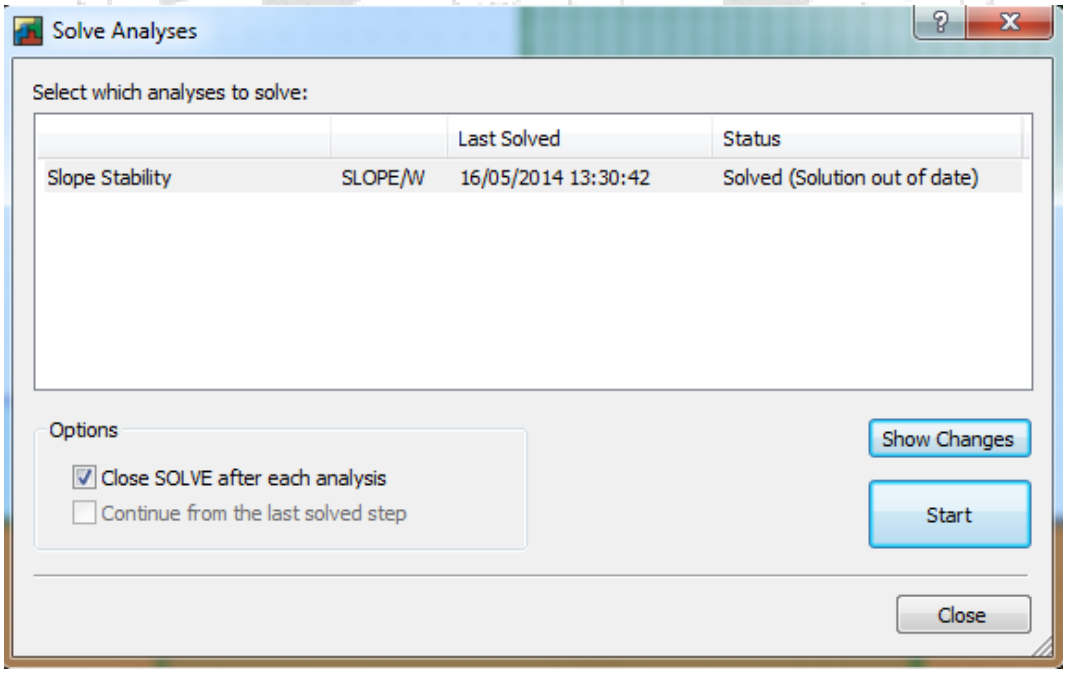
4.2.3 Output Data

 Apabila semua input data telah dilakukan tahap selanjutnya verifikasi terhadap data-data yang telah diinput dengan cara plih menu Tools verify/optimize. Apabila hasil dari verification tidak menemukan eror maka tahap yang telah kita lakukan sudah benar dan bisa dilanjutkan dengan run.



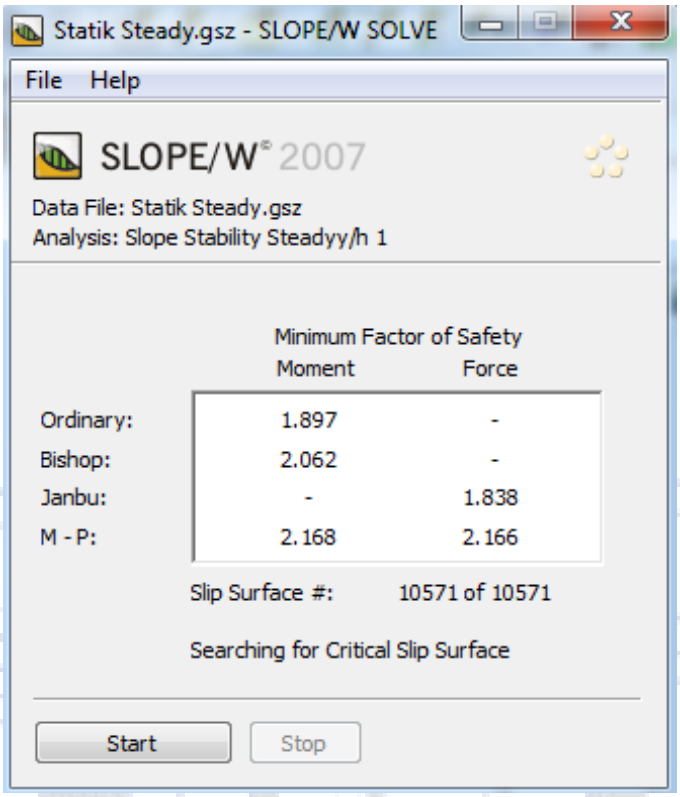
Gambar IV. 19 Verifikasion

 Selanjutnya pilih tools Solve lalu pilih start, untuk memulai menghitung SF (*safety factor*/faktor kemanan).



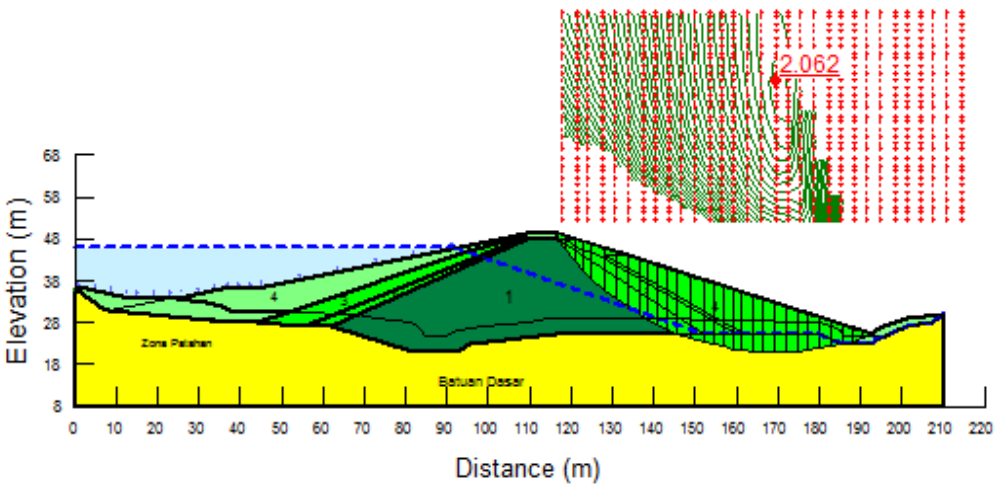
Gambar IV. 20 Solve analisis

Setelah perhitungan SF (*safety factor*/faktor keamanan) selesai maka Output yang keluar adalah sebagai berikut :



Gambar IV. 21 Tabel output

Dari tabel tersebut dapat dilihat SF (*safety factor*/faktor kemanan) terkritis. Begitu pula dengan irisan output. Pada irisan dapat dilihat hasil perhitungan SLOPE/W secara visual dengan metode yang digunakan adalah metode Bishop.

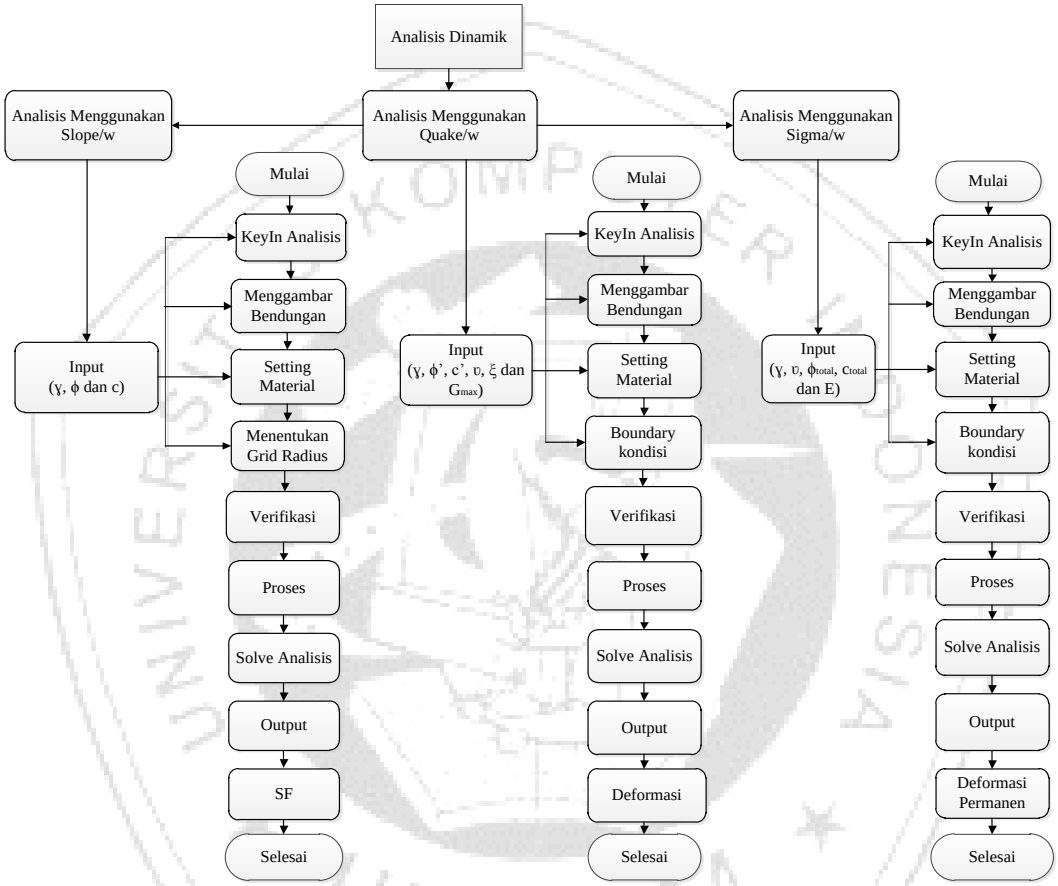


Gambar IV. 22 Hasil perhitungan SLOPE/W

4.3 ANALISIS DINAMIK

4.3.1 Analisis Deformasi Dinamik

Pada analisis dinamik ini dilakukan dengan dua cara, yaitu analisis QUAKE/W dan analisis SIGMA/W lalu dari QUAKE/W dilanjutkan lagi ke SLOPE/W untuk mendapatkan SF (*safety factor*/faktor kemanan) pengaruh ground motion. Berikut diagram alir pada analisis dinamik.



Gambar IV. 23 Diagram alir perhitungan anlisis dinamik menggunakan QUAKE/W, SIGMA/W dan SLOPE/W

4.3.1.1 Program Komputer QUAKE/W

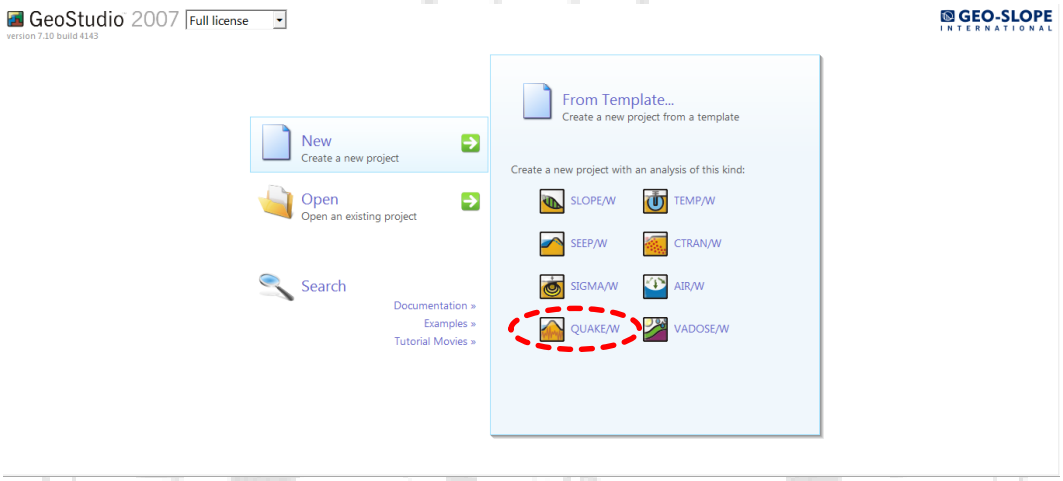
4.3.1.1.1 Pendahuluan

Program komputer QUAKE/W adalah software Finit Elemen Geoteknik yang digunakan untuk analisis dinamik pada timbunan tanah yang mengalami gempa bumi juga pada kasus akibat pembebanan tiba-tiba seperti akibat ledakan dinamik atau pemancangan tiang. QUAKE/W bagian dari Geostudio yang terhubung sepenuhnya dengan SLOPE/W, SEEP/w dan SIGMA/W.

4.3.1.2 Input Data In Situ

Adapun langkah-langkah analisis dinamik menggunakan QUAKE/W dapat diuraikan sebagai berikut :

- Mulai QUAKE/W dengan mengklik dua kali ikon dari program Geostudio.
- Sebuah kotak dialog *Create/New a new project* maka akan muncul di mana kita dapat memilih project yang ada atau membuat yang baru. Tampilan project *Create/New a new project* dapat dilihat pada gambar berikut ini.

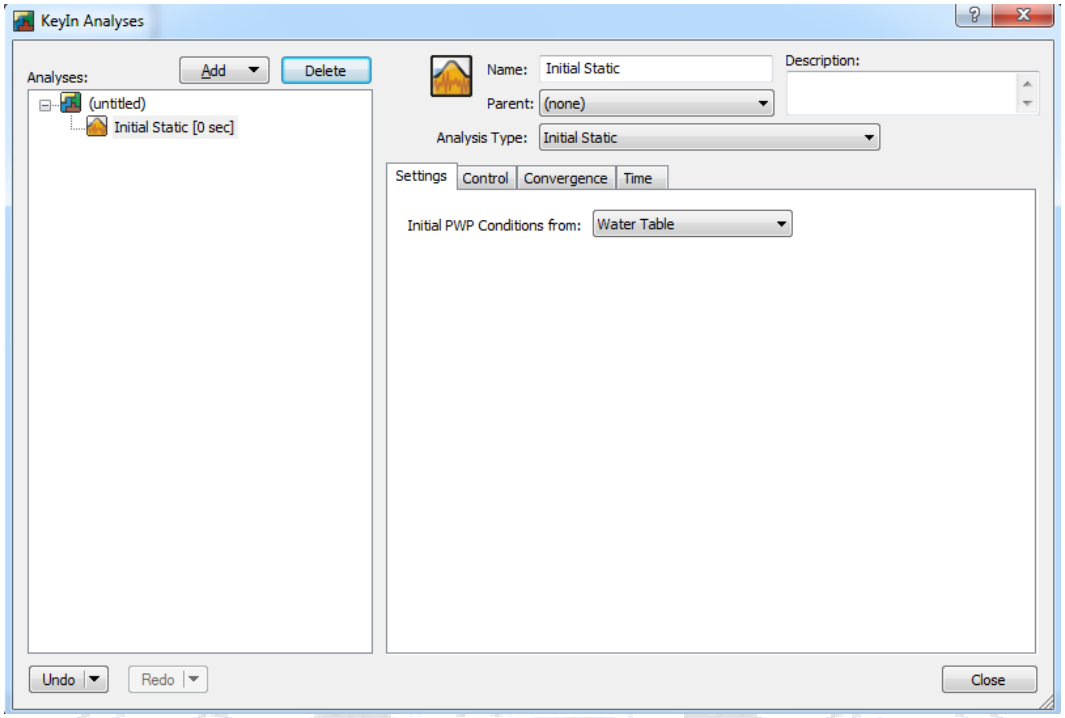


Gambar IV. 24 Program komputer QUAKE/W

- Pilih *Create New* baru, lalu klik tombol OK.
- Setelah itu akan muncul jendela *KeyIn Analyses*.

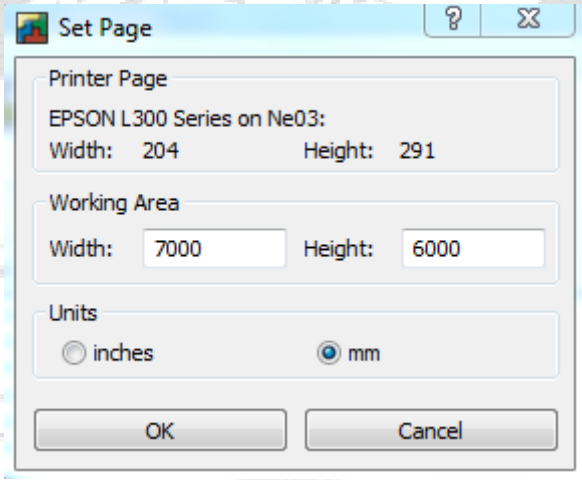
4.3.1.2.1 General Setting

Selanjutnya pilih menu keyin analysis, setting intial PWP conditions menggunakan water tabel untuk menggambar garis freatik sendiri. Seperti gambar dibawah ini.



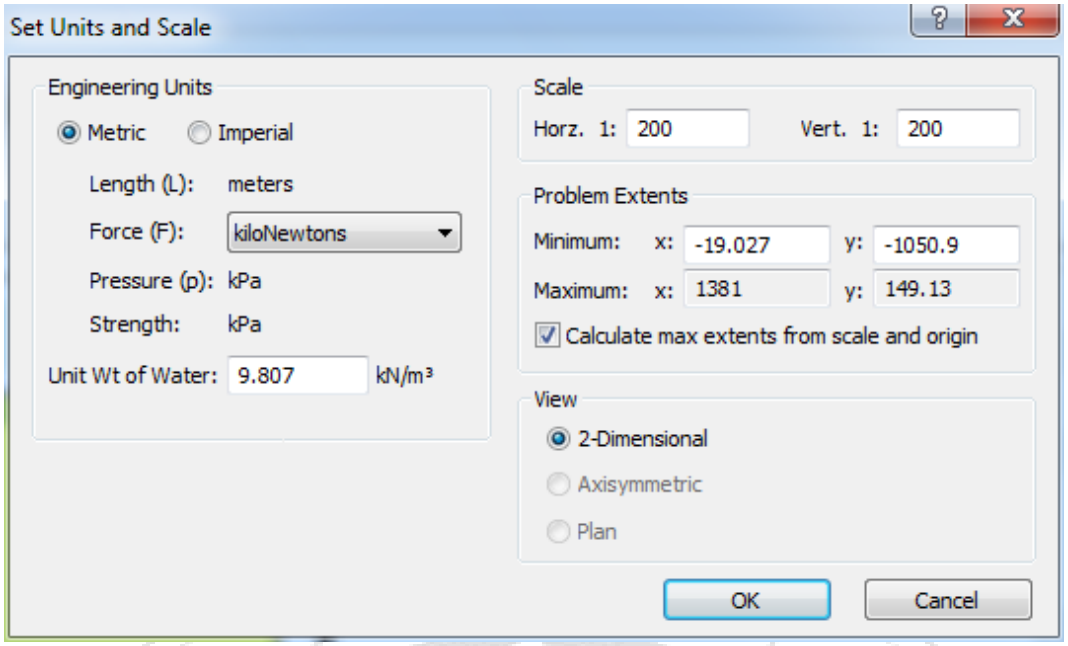
Gambar IV. 25 Seeting keyin analisis

Set page digunakan untuk menentukan besarnya tinggi dan lebar area kerja sesuai yang dibutuhkan.



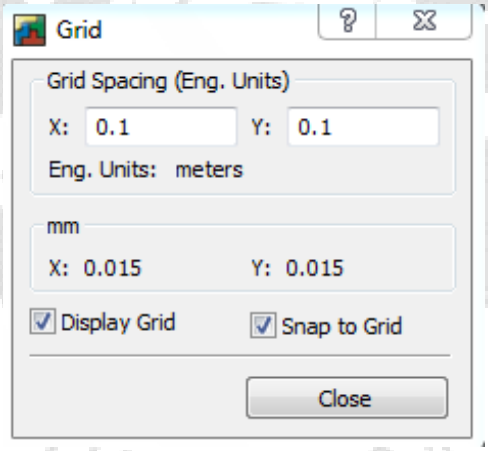
Gambar IV. 26 Stting page

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 sumbu 0.



Gambar IV. 27 Setting unit dan scale

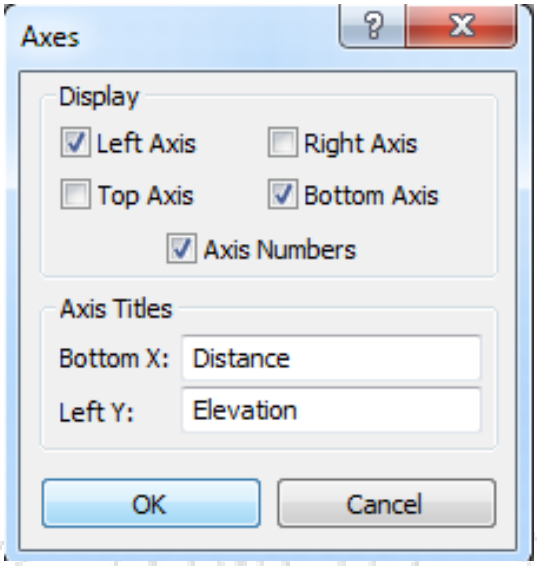
Set grid digunakan untuk mengatur skala grid dari satu titik ke titik lain, pengaturan set grid seperti gambar dibawah ini :



Gambar IV. 28 Setting grid

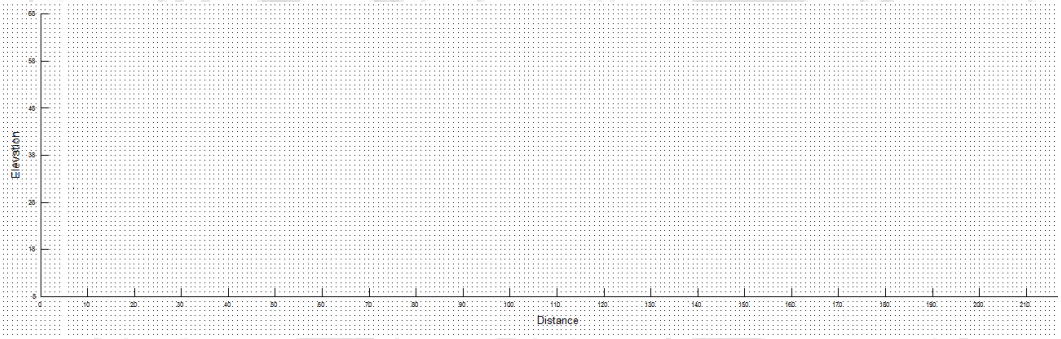


Sketch axes digunakan untuk menggambar axis, sumbu x dan y pada area kerja. Dengan cara pilih menu sketch axes lalu pilih OK. Seperti gambar dibawah ini.



Gambar IV. 29 Setting axes

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.



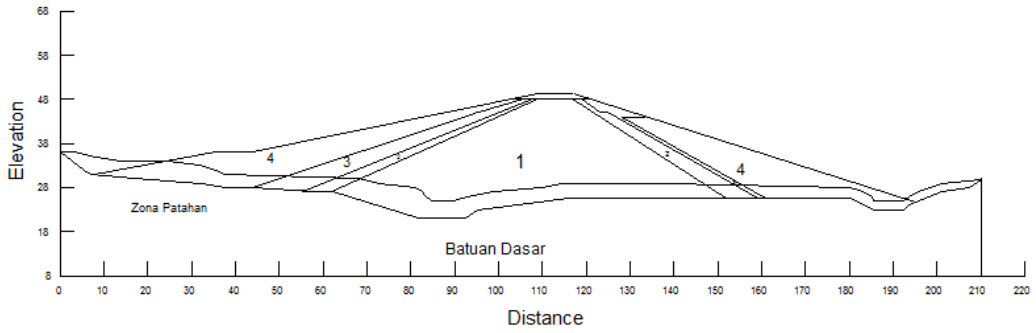
Gambar IV. 30 Area kerja

Pada QUAKE/W ada 3(tiga) langkah input data yang dapat dilakukan yaitu :

- Pertama, dengan melakukan input geometri dengan cara menggambar.
- Kedua, melakukan input material.
- Ketiga, melakukan input Boundary condition. Berikut ini adalah langkah-langkah melakukan input data.

4.3.1.2.2 Input Geometri

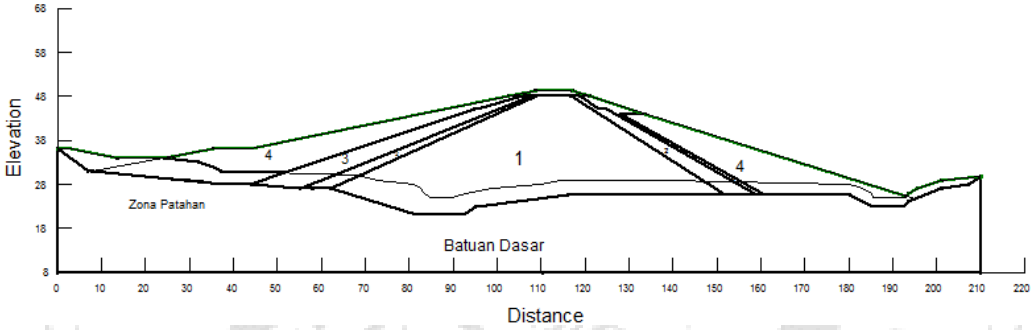
 Untuk menggambar geometri dapat dilakukan dengan memilih menu sketch lalu klik polylines, selanjutnya gambar geometri bendungan.



Gambar IV. 31 Input geometri bendungan



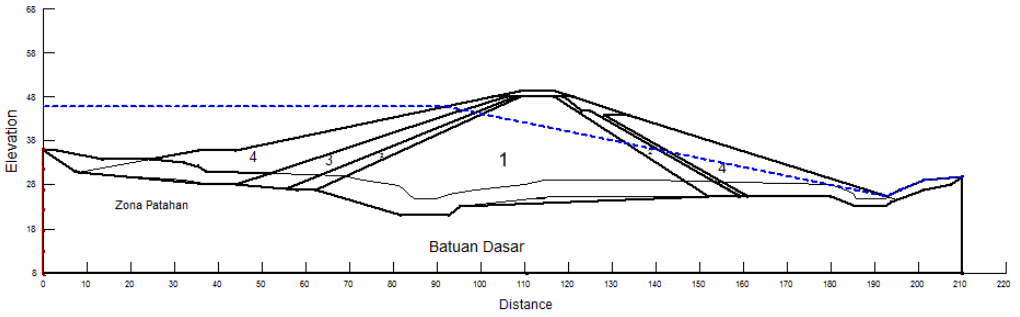
Setelah penggambaran geometri dilakukan menggunakan polyline dilanjutkan dengan penggambaran geometri menggunakan region pada menu draw.



Gambar IV. 32 Input region



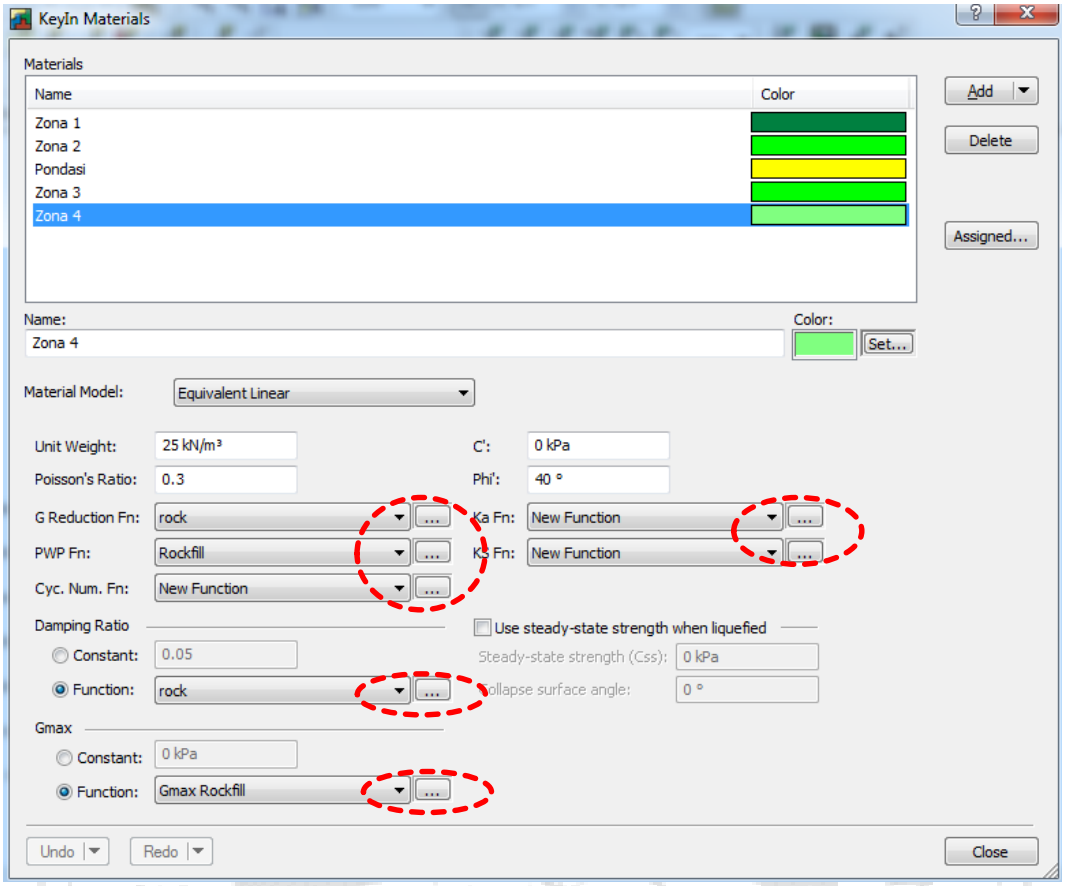
Selanjutnya menggambar garis freatik untuk menentukan elevasi muka air. pada contoh ini elevasi muka air diasumsikan pada kondisi normal.



Gambar IV. 33 Input garis freatik

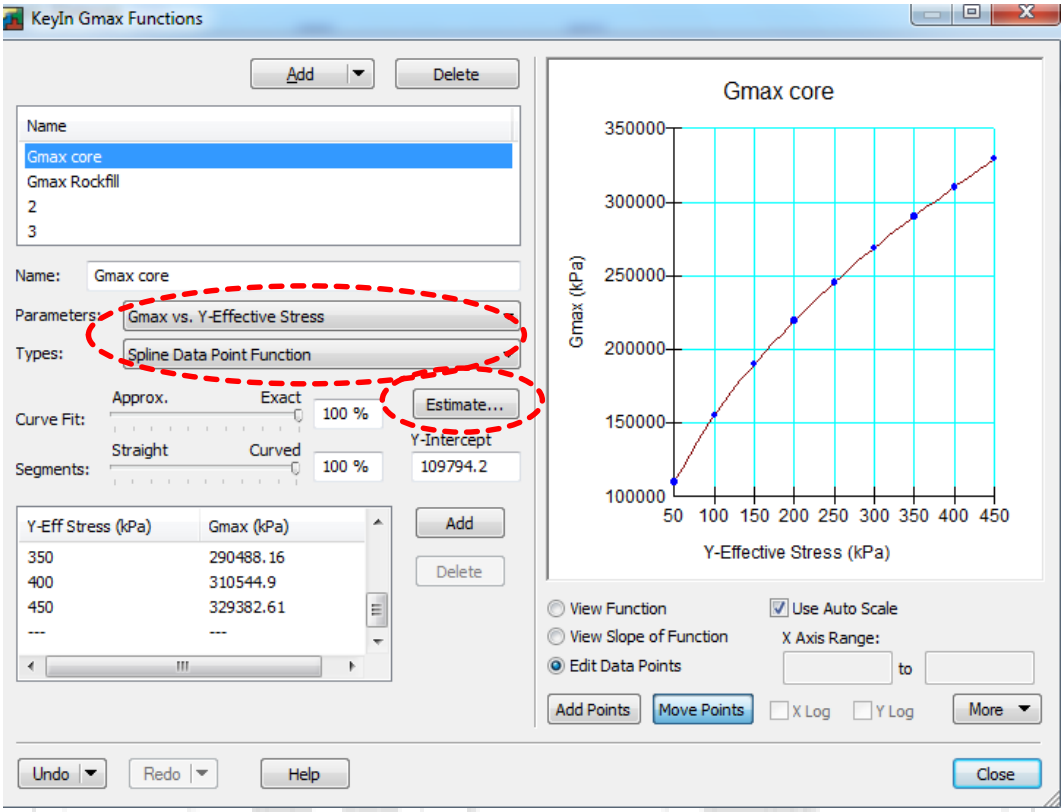
4.3.1.2.3 Input Material

Pada tahap input material yaitu memasukan parameter tanah yang diperlukan dengan cara pilih menu keyin material. Parameter tanah yang dibutuhkan pada analisis QUAKE/W yaitu : γ, υ, ξ, ϕ', c' dan G_{max}.

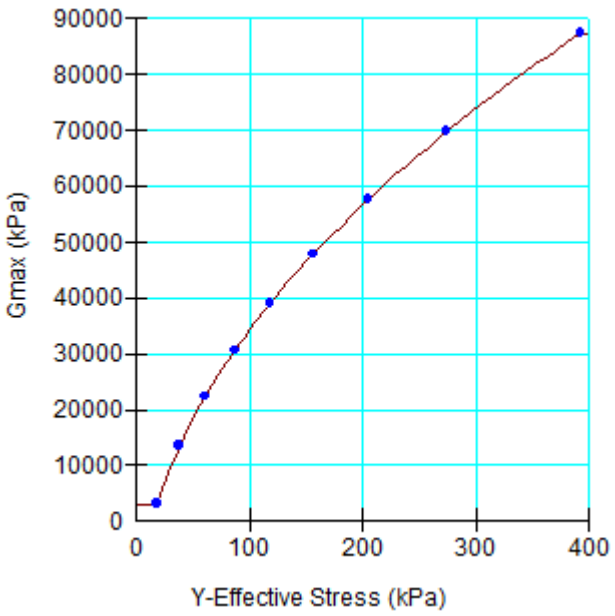


Gambar IV. 34 Input material

Parameter G_{max} pada core, fillter, rockfill menggunakan function. Sedangkan untuk pondasi G_{max} menggunakan konstan. Nilai G_{max} pada pondasi sebesar 42750000, dengan menggunakan korelasi emipiris yang telah dijelaskan pada bab 2. Parameter damping ratio, G Reduction Fn dan PWP Fn pada core, fillter, rockfill dan pondasi menggunakan function. Sedangkan Cyc num Fn, Ka Fn dan Ks Fn pada material rockfill. Untuk mendapatkan nilai function G_{max} caranya klik pada bagian yang sudah dilingkari seperti gambar dibawah, selanjutnya add nama pada parameter pilih G_{max} vs Y-effective stress dan types menggunakan spline data point function. Klik estimasi, hasinya akan seperti gambar dibawah ini untuk G_{max}.



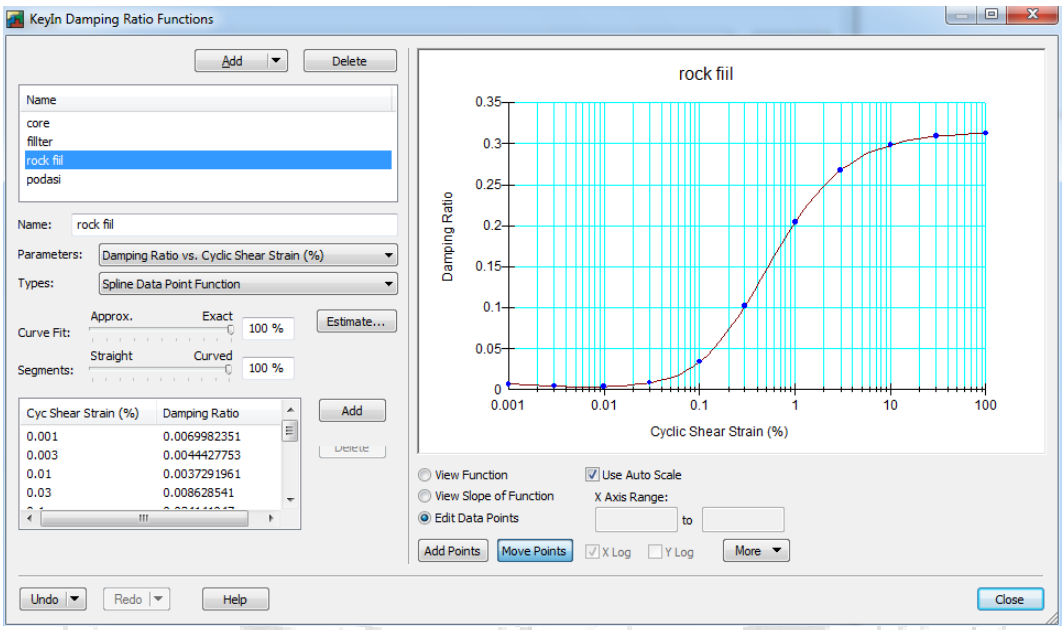
Gambar IV. 35 Cara membuat grafik function parameter G_{max}



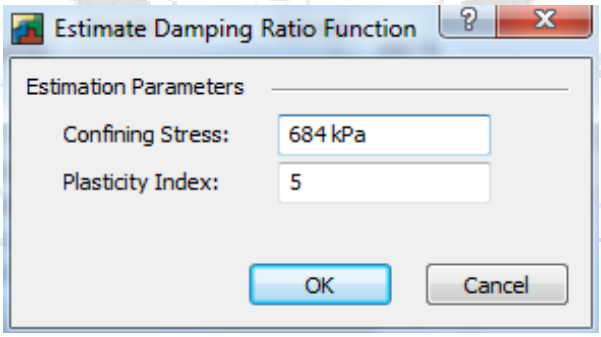
Gambar IV. 36 Grafik Gmax untuk rockfill

Pada parameter damping ratio untuk mendapatkan nilai function yaitu klik pada function damping ratio, selanjutnya muncul jendela KeyIn damping ratio function

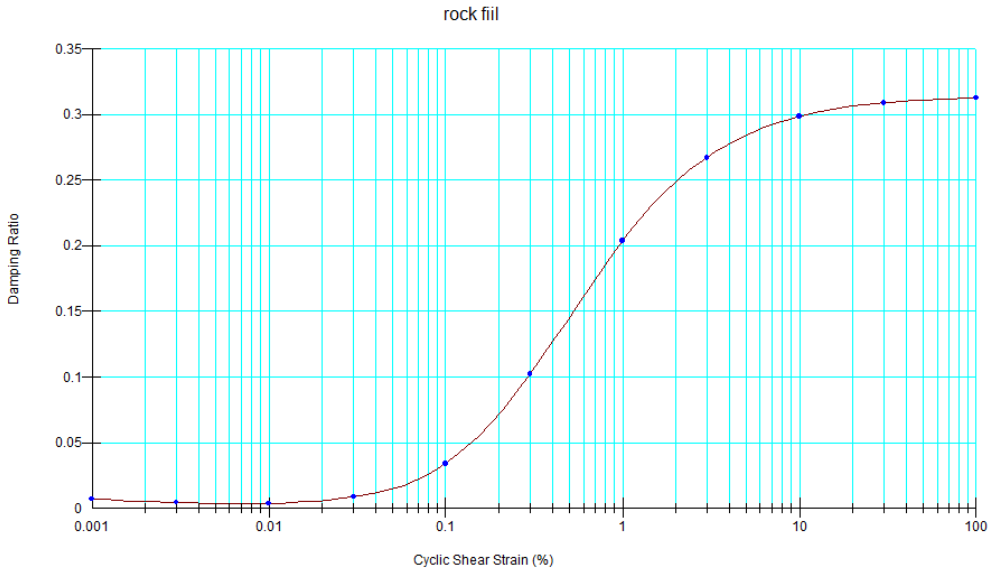
pilih damping ratio vs cyclic shear strain (%) pada perameters dengan types spline data point function selanjutnya klik estimate maka akan muncul jendela estimate damping ratio function. Pada confining stress masukan nilai 517 (tebal rockfill dikalikan dengan γ) dan nilai plasticity indeks bisa dimasukan sesuai dengan material yang akan dianalisis lalu klik OK. Berikut grafik function damping rasio pada rockfill.



Gambar IV. 37 Cara membuat grafik function pada damping rasio

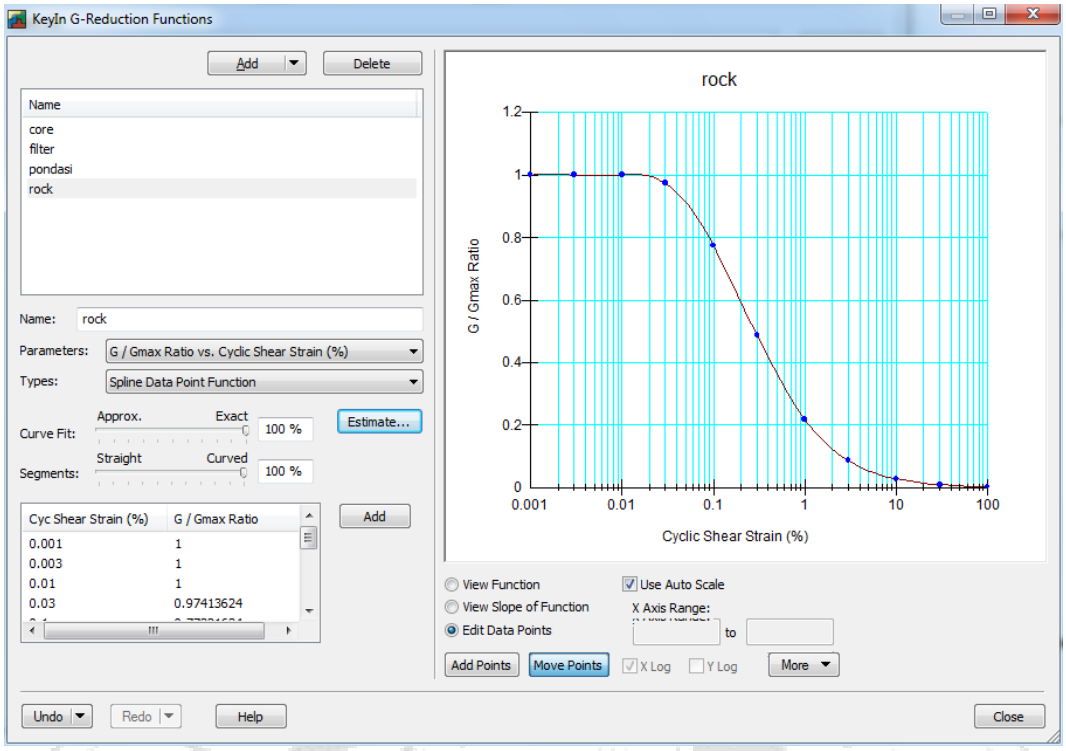


Gambar IV. 38 Estimasi damping ratio function

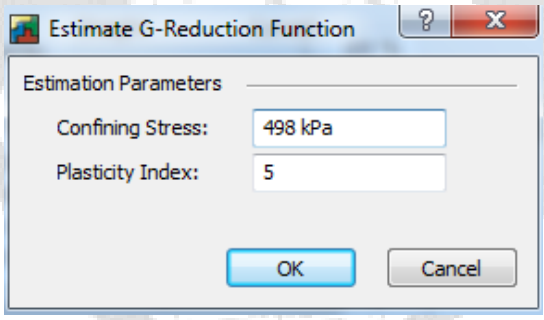


Gambar IV. 39 Grafik function pada damping ratio

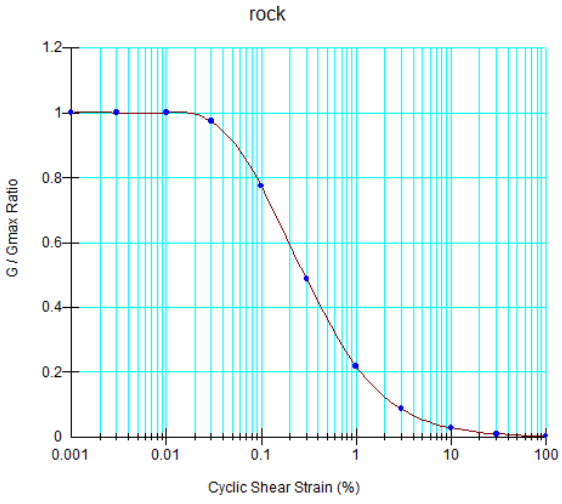
Pada G-reduction Fn tidak jauh berbeda dengan function damping ratio, caranya klik pada samping G-reduction Fn maka akan muncul jendela KeyIn G-reduction function add nama rockfill dengan parameters menggunakan G/G_{max} ratio vs Cyclic shear strain (%) dan types spline data point function lalu klik estimate maka muncul jendela baru estimate G-reduction function, nilai confining stress sebesar 498 (tinggi rockfill dikalikan γ) dan pada nilai palsticity indeks sebesar 5 (sesuai material yang dianalisis). Dibawah ini gambar penjelasan untuk mendapatkan grafik G-reduction function.



Gambar IV. 40 Cara membuat function pada G-reduction

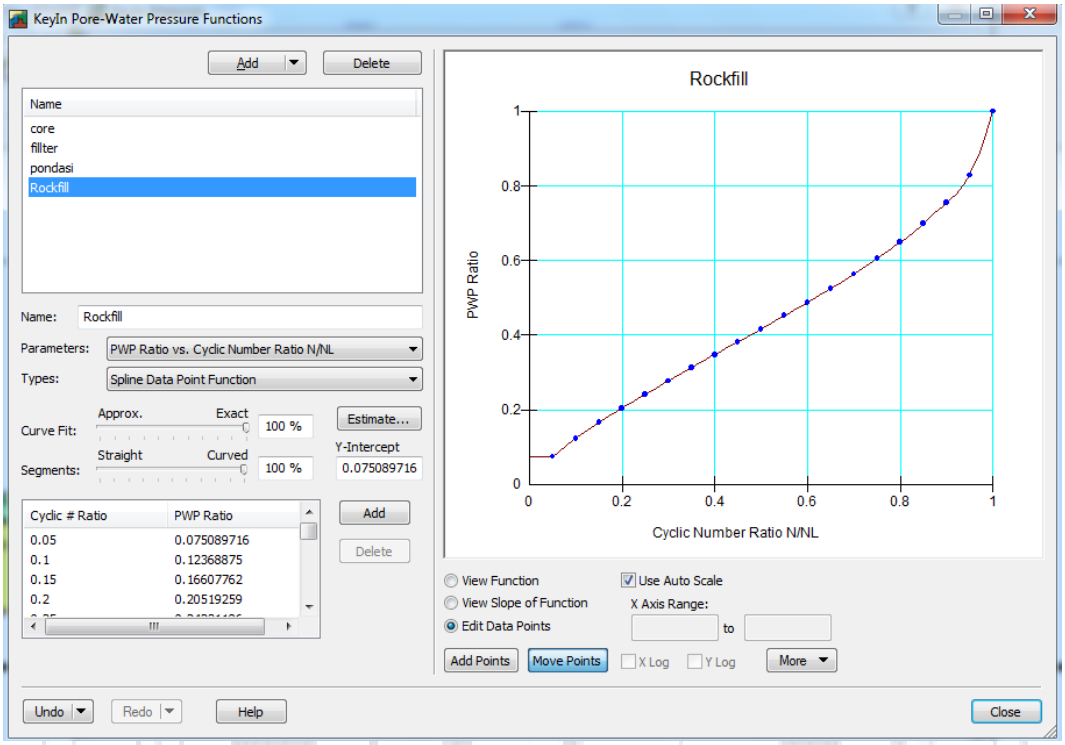


Gambar IV. 41 Estimate G-reduction function

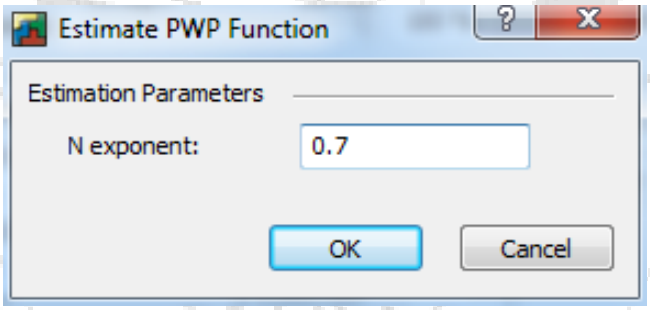


Gambar IV. 42 Grafik G-reduction function

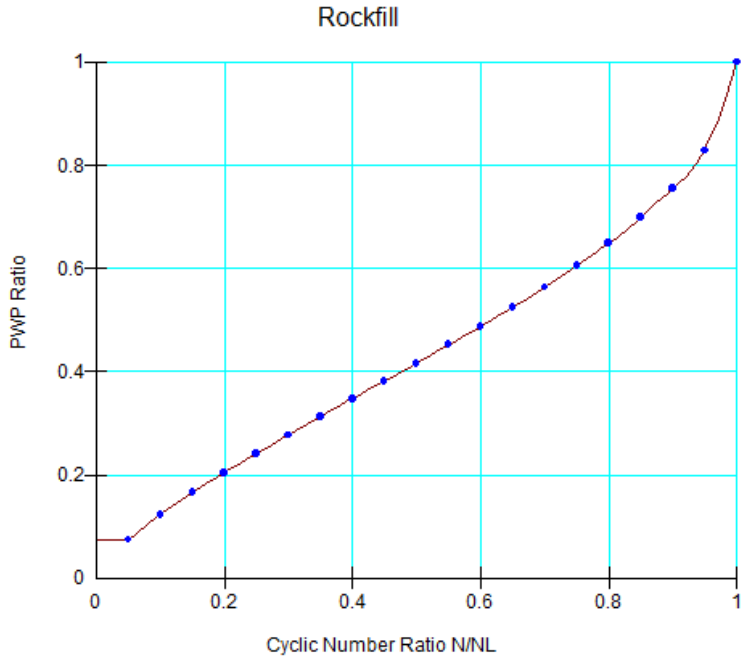
Pada PWP fn dapat dilakukan seperti langkah-langkah pada function G-reduction. Berikut ini adalah gambar penjelasan membuat grafik PWP function.



Gambar IV. 43 Cara membuat grafik PWP function

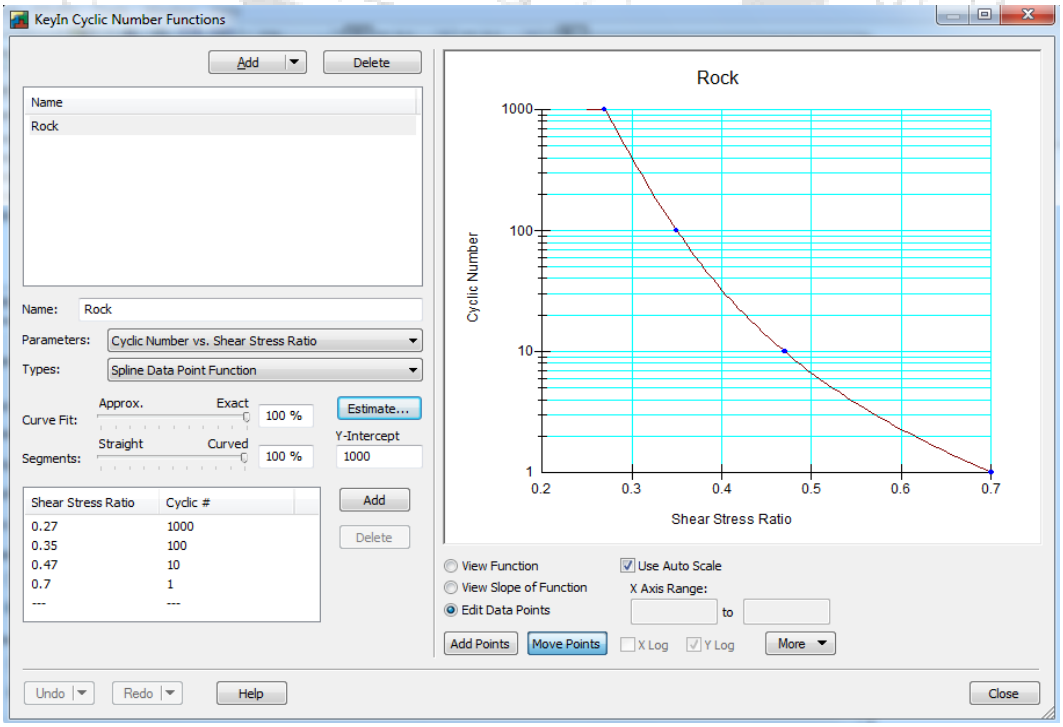


Gambar IV. 44 Estimate PWP function

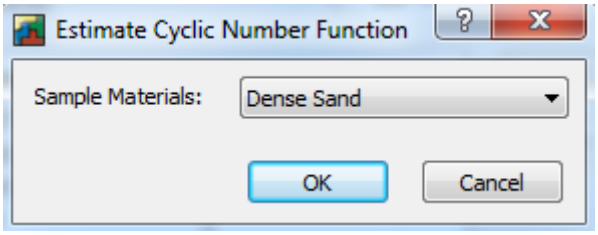


Gambar IV. 45 Grafik PWP function

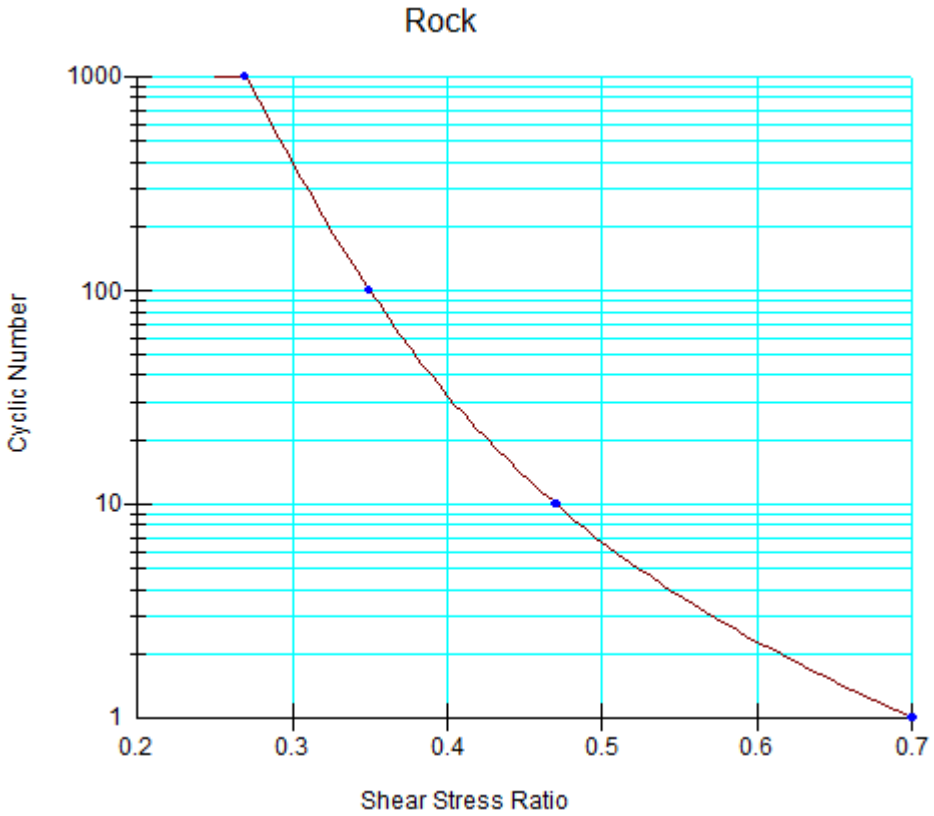
Pada Cyc num Fn untuk mendapatkan function dapat dilakukan dengan cara klik pada samping Cyc num Fn, parameter menggunakan Cyc number vs shear stress ratio dengan types spline data point function lalu klik estimate maka akan muncul jendela estimate cyc number function. Pada sampel material pilih sesuai material yang akan di analisis pilih OK. Berikut ini gambar penjelasan Cyc num Fn.



Gambar IV. 46 Cyclic number function



Gambar IV. 47 Estimate cyclic number function

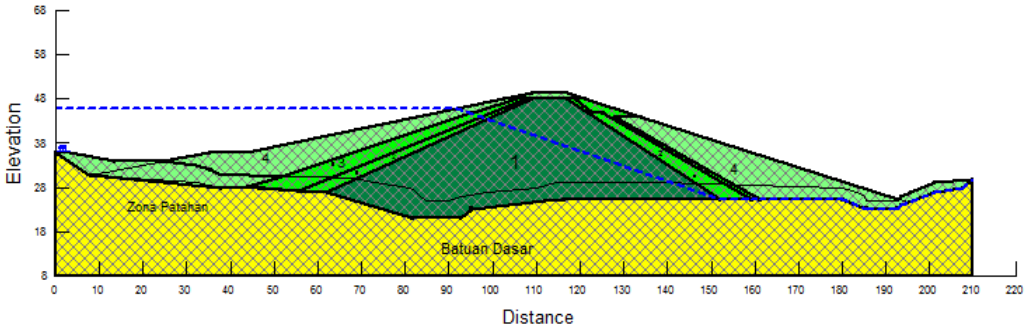


Gambar IV. 48 Grafik Cyclic number function

Untuk mendapatkan grafik Ka Fn dan Ks Fn bisa dilakukan seperti langkah-langkah pada Cyc num Fn.



Setelah input material dilanjutkan penggambaran material pada geometri bendungan dengan cara Pilih Draw material. Berikut ini adalah hasil penggambaran material pada bendungan.

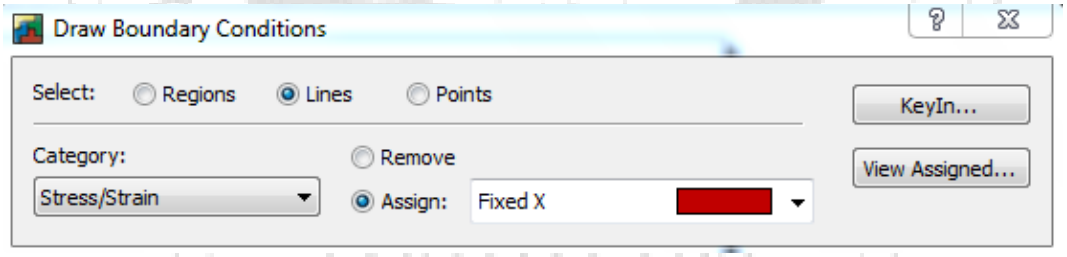


Gambar IV. 49 Input draw material

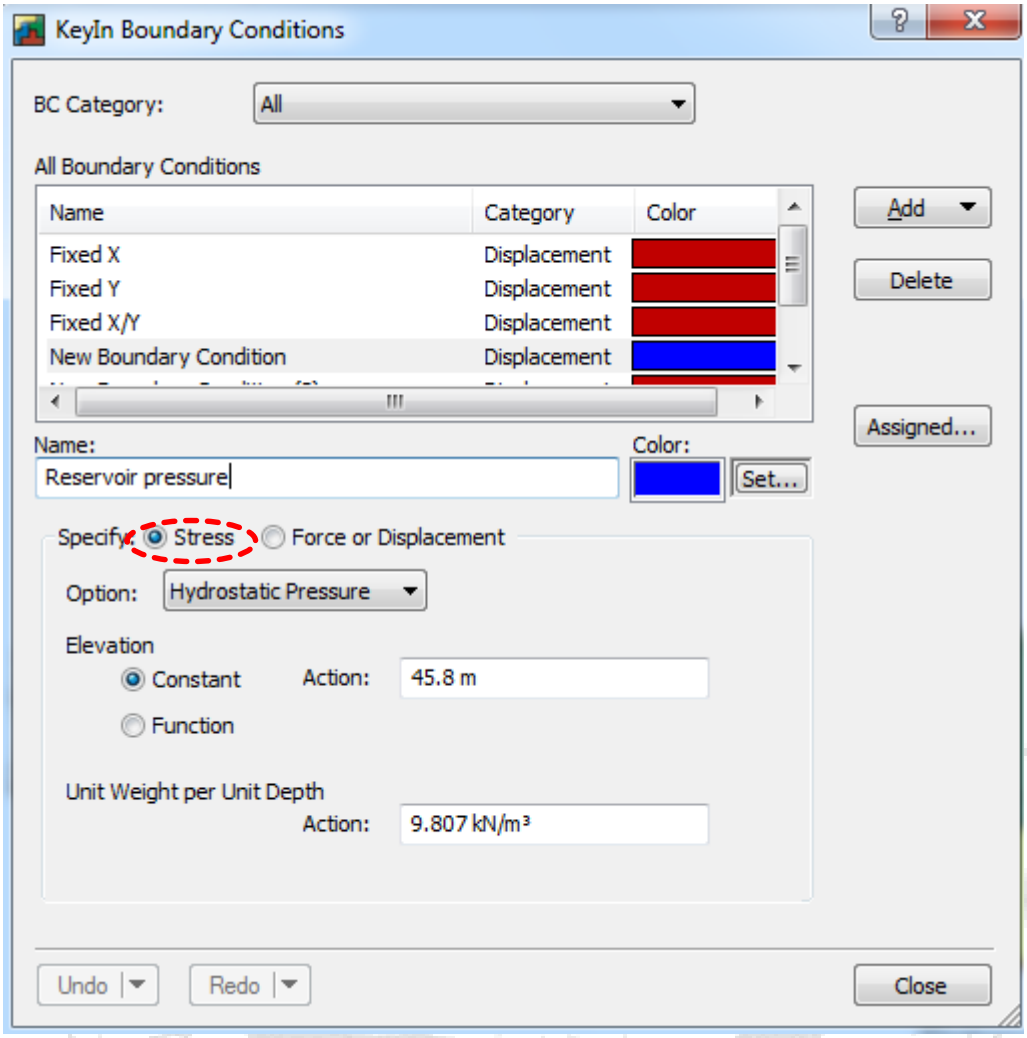
4.3.1.2.4 Input boundary condition

 Boundary condition yaitu untuk menentukan batasan daerah yang tidak boleh terdeformasi pada geometri bendungan dengan boundary condition x untuk pondasi bagian samping dan xy untuk pondasi bagian bawah.

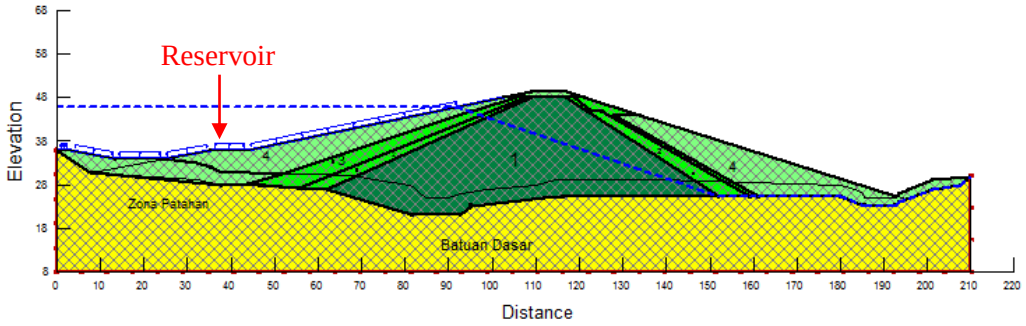
Pada boundary condition juga menentukan elevasi air, dengan cara klik KeyIn pada pada sub menu lalu klik new displacement BC, rubah nama menjadi reservoir pressure dan pada specify mengunakan stress dengan option hydrostatic pressure selanjutnya pada elevation pilih constan dengan action untuk menentukan tinggi elavasi air. Setelah itu close dan memulai menentukan boundary condition pada bendungan.



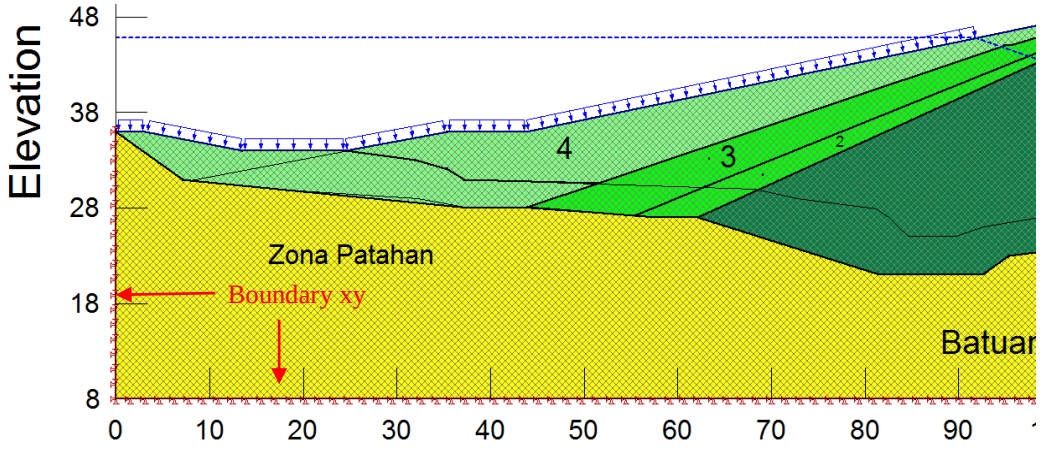
Gambar IV. Draw boundary



Gambar IV. 50 Boundary condition untuk menentukan tinggi air



Gambar IV. 51 Input boundary condition pada reservoir pressure

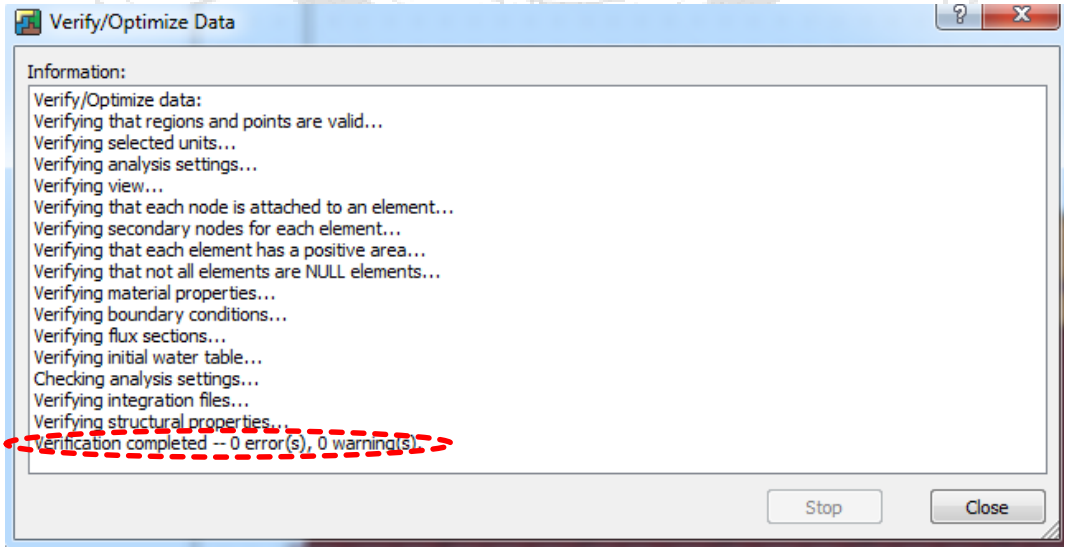


Gambar IV. 52 Boundary condition pada samping pondasi dan dasar pondasi

 Klik mesh properti terlebih dahulu sebelum masuk ke output data. Cek mesh properti, pada analisis ini mesh properti yang dipakai sebesar 4 m. Mesh properti itu sendiri yaitu pembagian kotak-kotak elemen dalam suatu dimensi/layer. Jadi apabila ukurannya 4 maka bentuk ukurannya 4x4.

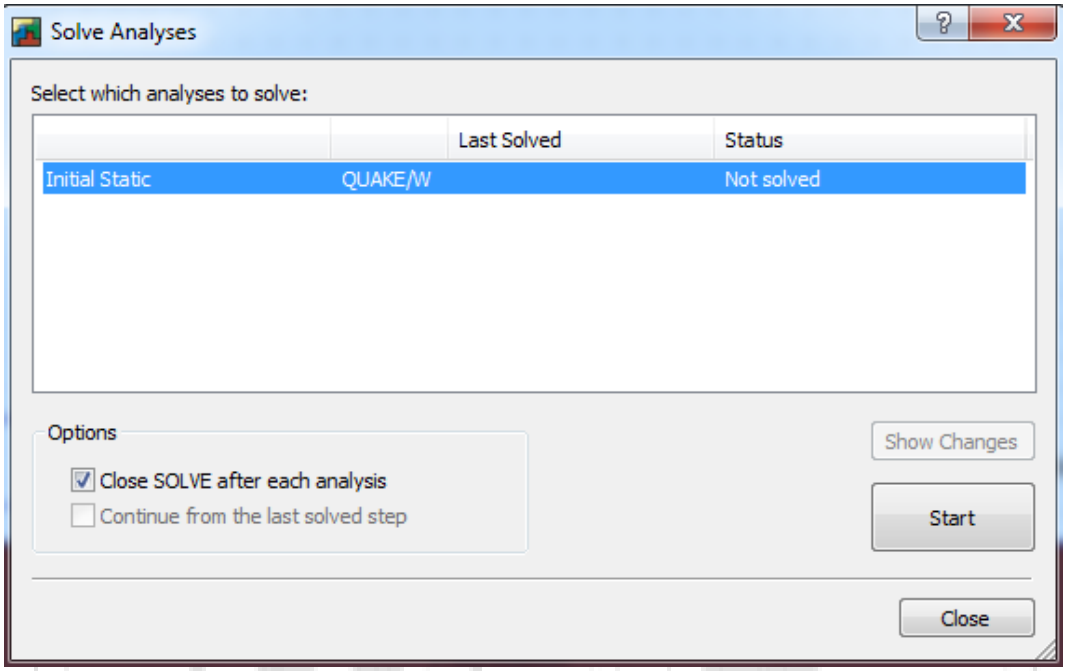
4.3.1.3 Output data Intial Statik

 Setelah semua input data dilakukan selanjutnya dilakukan verifikasi terhadap data-data yang telah diinput dengan cara plih menu Tools verify/optimize. Apabila hasil dari verification tidak menemukan error maka tahap yang telah kita lakukan sudah benar dan bisa dilanjutkan dengan run analisis.



Gambar IV. 53 Verifikasi

 Pilih tools Solve analysis untuk memulai menghitung tegang awal (intial stress).

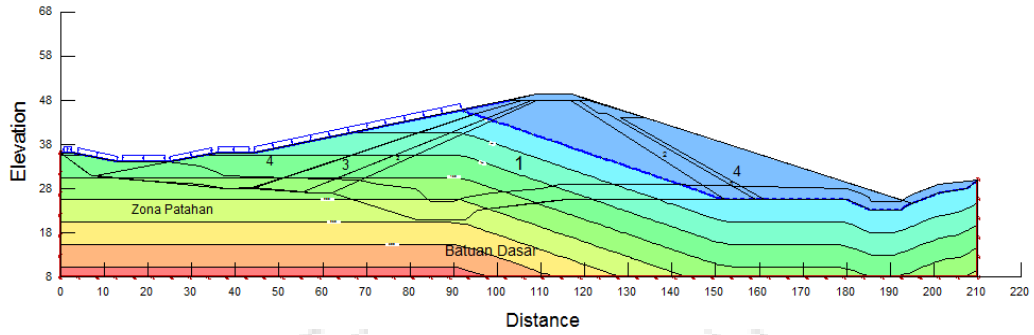


Gambar IV. 54 Solve



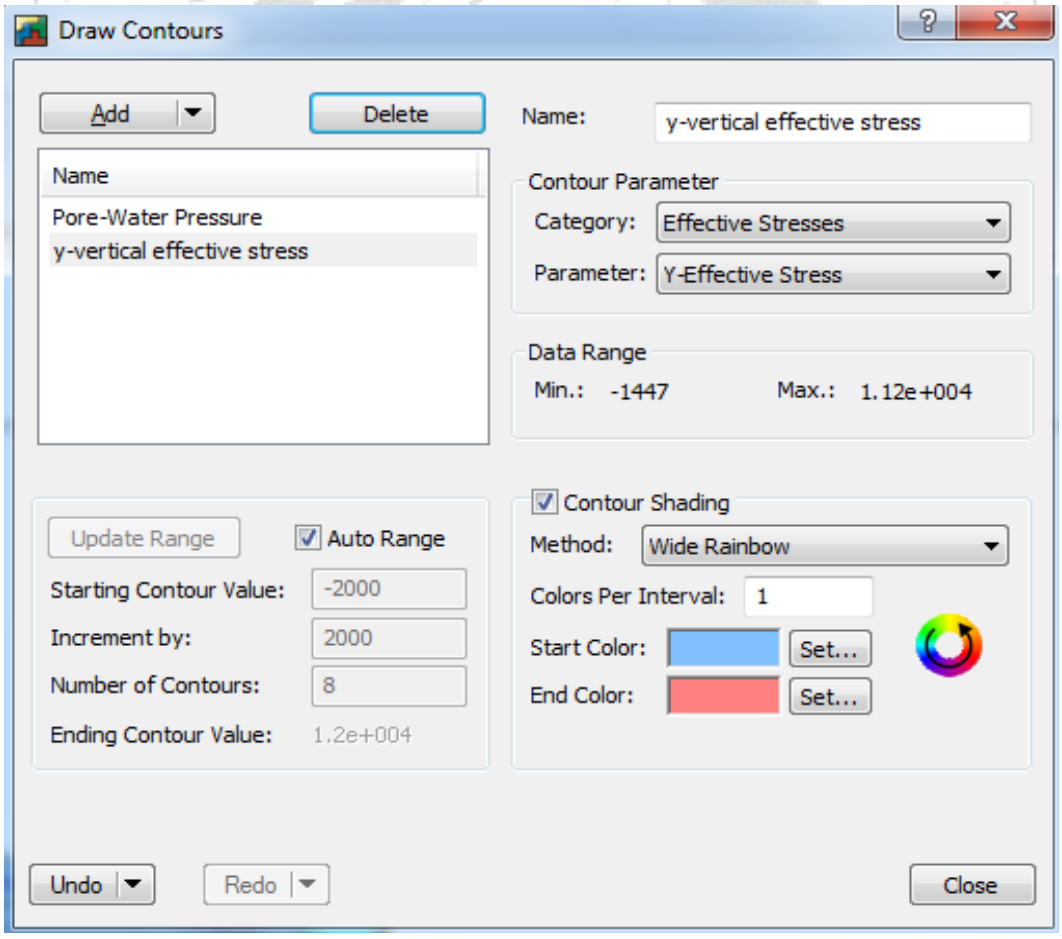
Gambar IV. 55 Selesai proses

Selanjutnya setelah run selesai, klik *switcnes to the CONTOUR view to display computed result.* Maka akan muncul gambar bendungan dengan kontur pore-water pressure, seperti gambar dibawah ini.

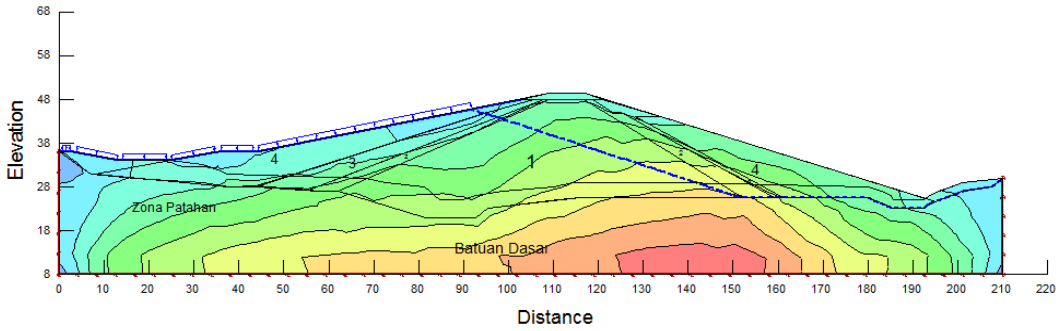


Gambar IV. 56 Kontur Pore-water pressure

Lalu buat kontur baru dengan cara Draw Conturs, maka muncul kotak draw conturs seperti gambar dibawah ini. Klik add buat kontur baru, nama y-vertical effective stress dengan contour parameter category effective stress dan parameter Y-effective stress setelah itu close.



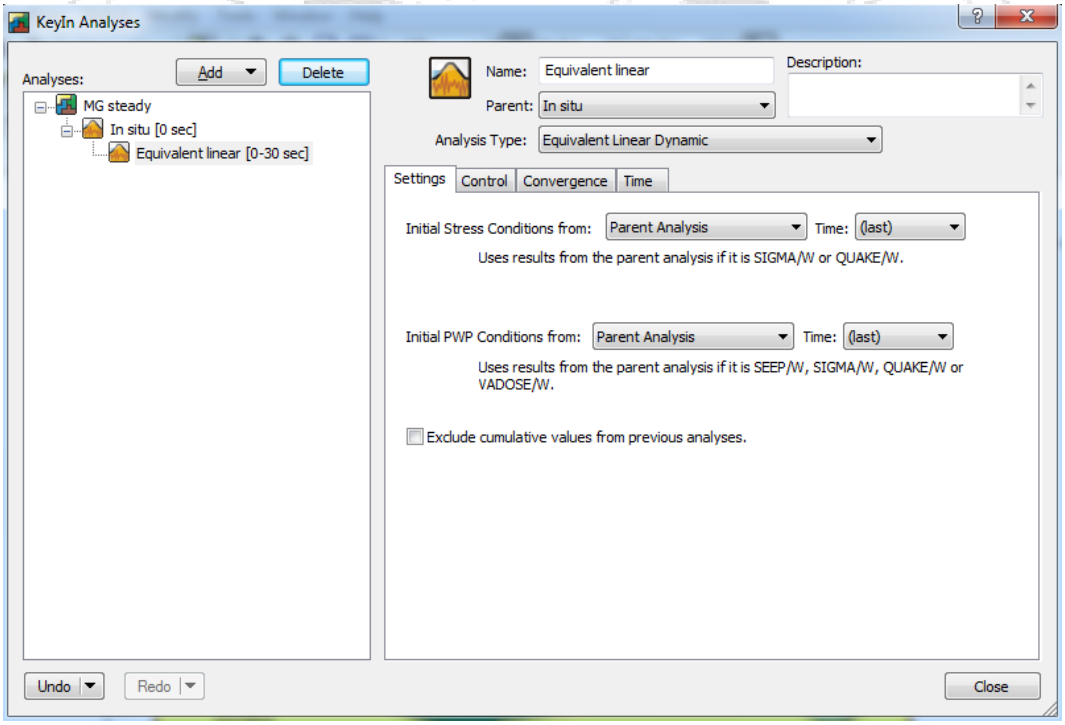
Gambar IV. 57 Draw kontur



Gambar IV. 58 Kontur Y-vertical effective stresse

4.3.1.4 Input Data Equivalent-Linear Dinamik

Setelah analisis Intial Stress dilakukan selanjutnya dilakukan analisis dinamik menggunakan QUAKE/W dengan analisis tipe Equivalent linear dinamik. Sebelum melakukan input data pada keyIn analisis dirubah, dengan intial stress condition dari parent analysis dan intial pwp condition dari parent analysis.



Gambar IV. 59 Setting keyin analisis

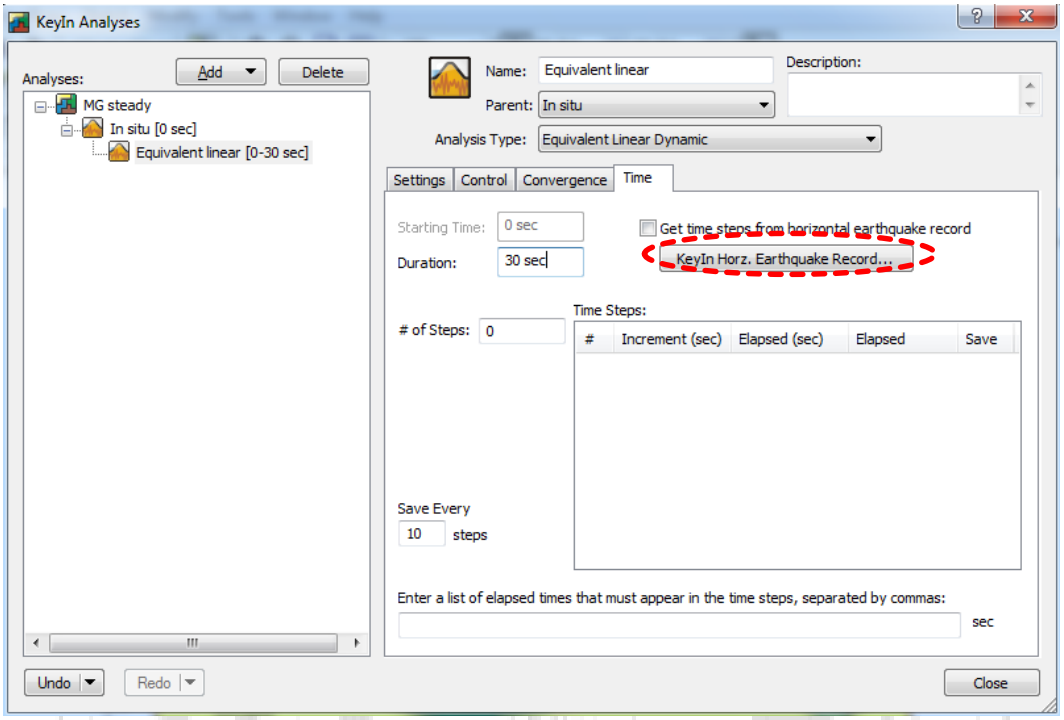
Input material pada analisis dinamik tidak perlu dilakukan lagi karena telah dilakukan pada analisis Intial Stress. Pada analisis Equivalent-linear Dinamik input data dilakukan dengan 3(tiga) tahap, yaitu:

- Input beban gempa yang diambil dari ground motion,

- Input boundary condition
- Input history point.

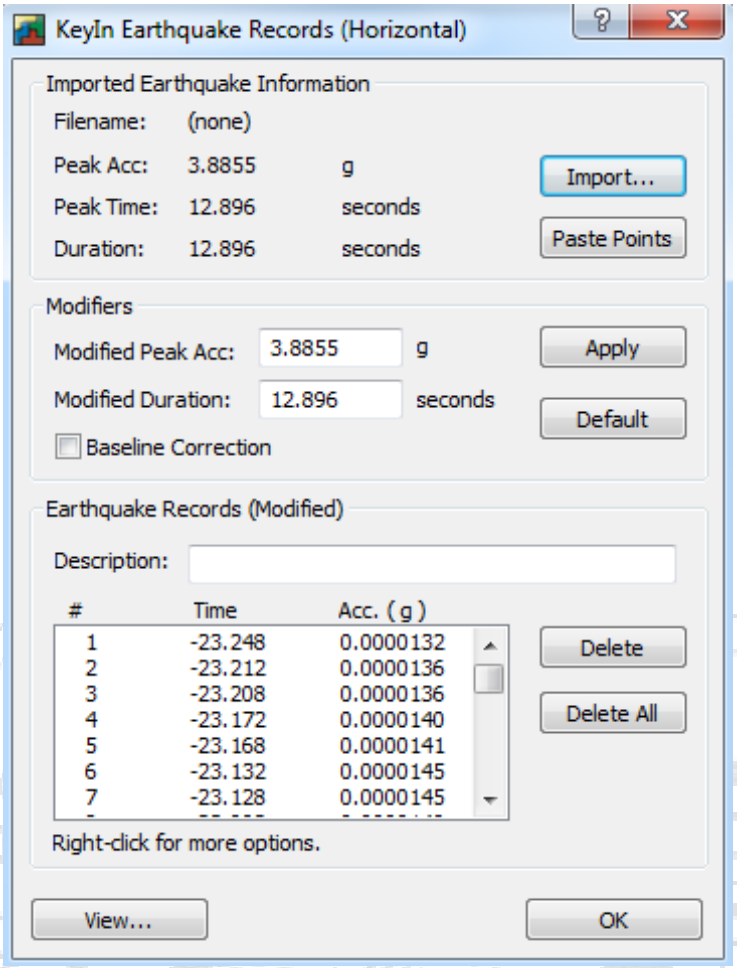
4.3.1.4.1 Input Ground Motion

Beban gempa diambil dari ground motion. Dengan cara pilih time pada menu keyin analisis lalu klik keyin horz.Earthquake record.



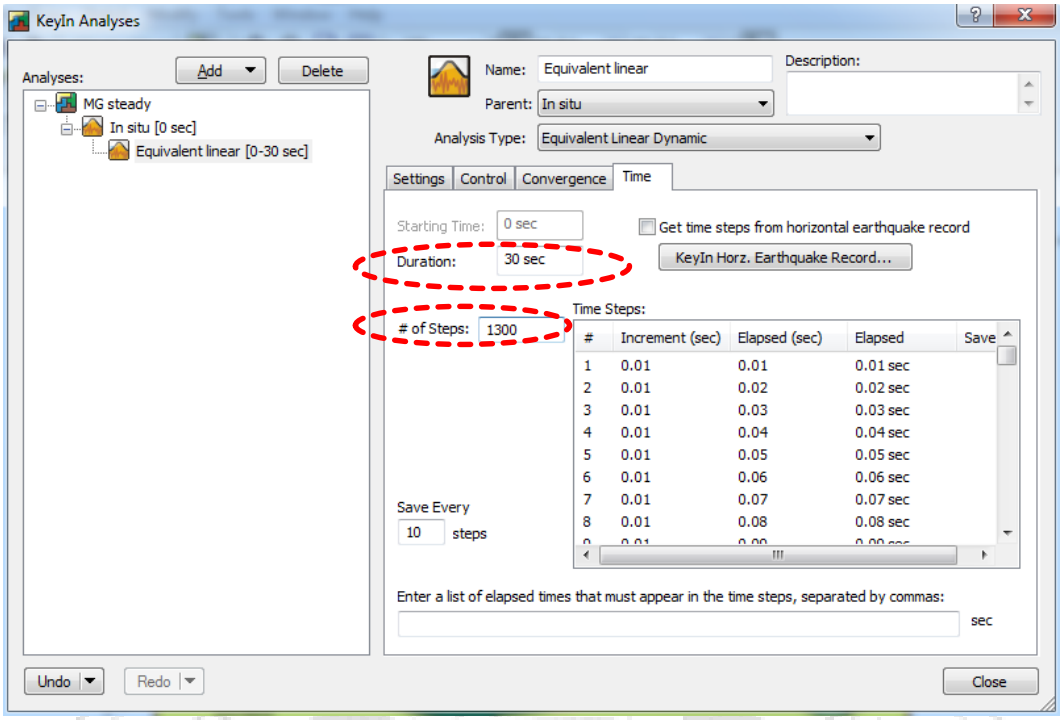
Gambar IV. 60 Input ground motion

Selanjutnya copy data dari ground motion lalu paste pada kotak data, klik apply lalu pilih OK.



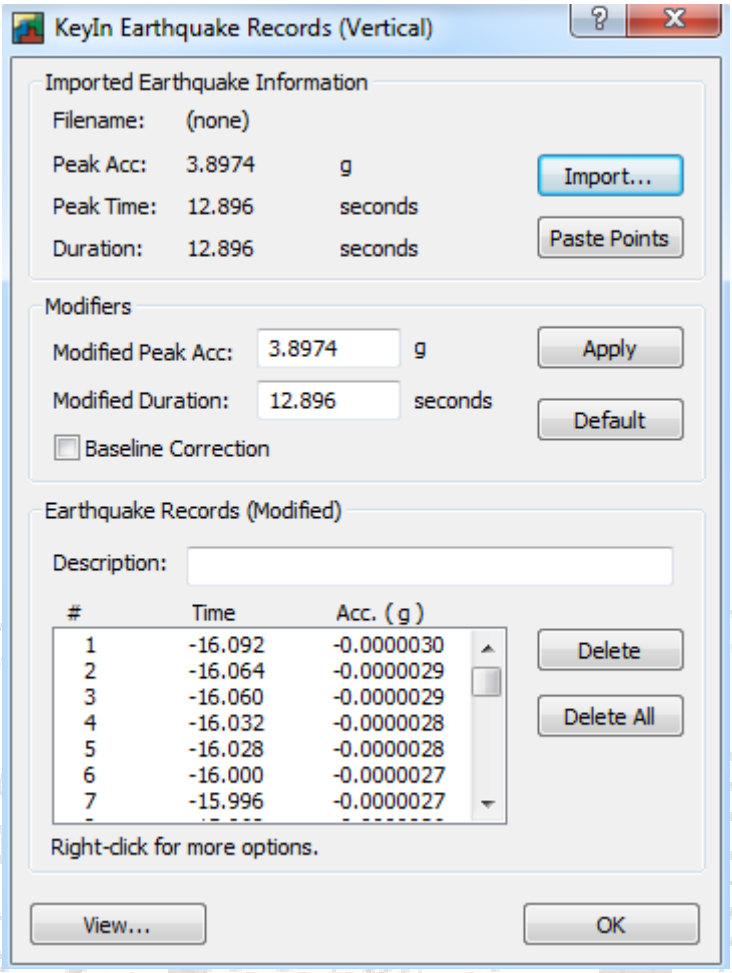
Gambar IV. 61 Input ground motion

Unceklis get time steps from horizontal earthquake record pada get time step, lalu sesuaikan duration dengan modified duration dan masukan nilai pada of steps untuk menentukan berapa waktu steps. seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar IV. 62 Input ground motion horizontal

Apabila ground motion horizontal telah diinput, lalu selanjutnya input ground motion vertikal dengan cara keyin vertical earthquake record. Caranya sama seperti yang dilakukan saat input ground motion horizontal.

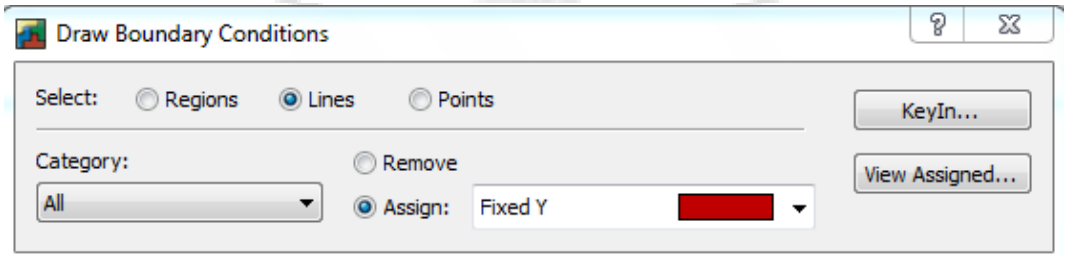


Gambar IV. 63 Ground motion vertikal

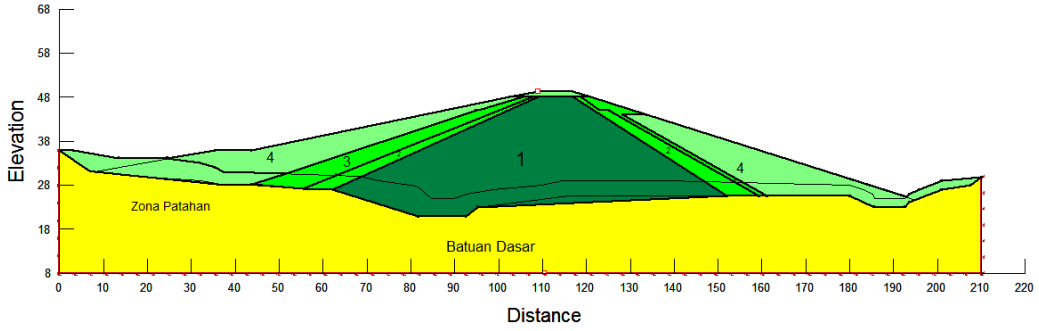
4.3.1.4.2 Input Boundary Condition



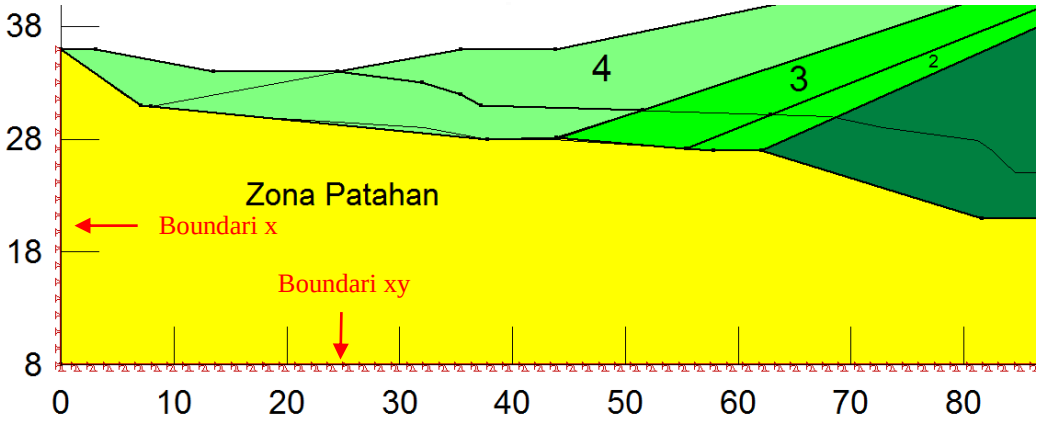
Boundary condition yaitu untuk menentukan batasan daerah yang tidak boleh terdeformasi. Pada geometri bendungan dengan boundary condition x untuk pondasi samping dan boundary condition x/y untuk pondasi bawah sedangkan untuk reservoir pressure pada analisis dinamik dihapus.



Gambar IV. 64 Draw boundary condition



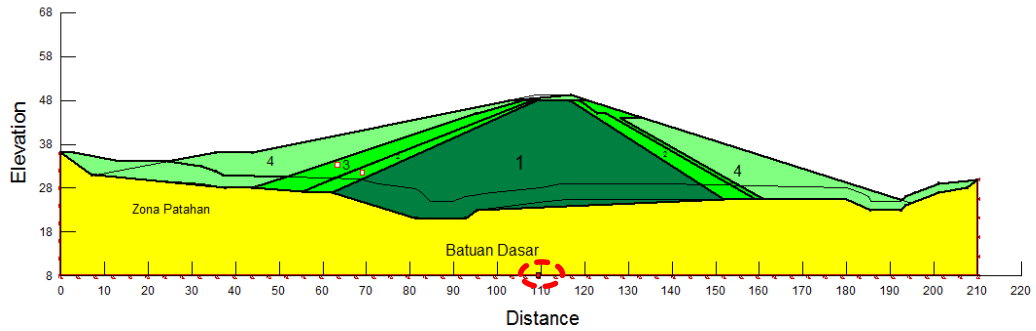
Gambar IV. 65 Input boundary condition



Gambar IV. 66 Kondisi boundari kanan dan bawah pondasi

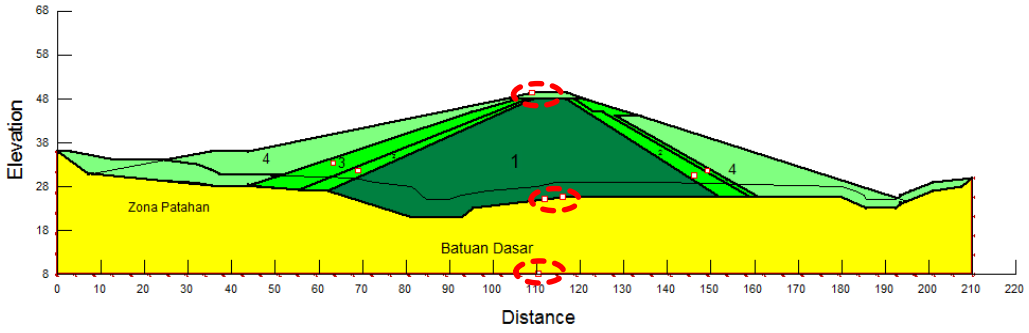
4.3.1.4.3 Input Point dan History Point

Point digunakan untuk menggabungkan daerah dengan ukuran yang berbeda dan untuk mengontrol mesh.



Gambar IV. 67 Point dipondasi

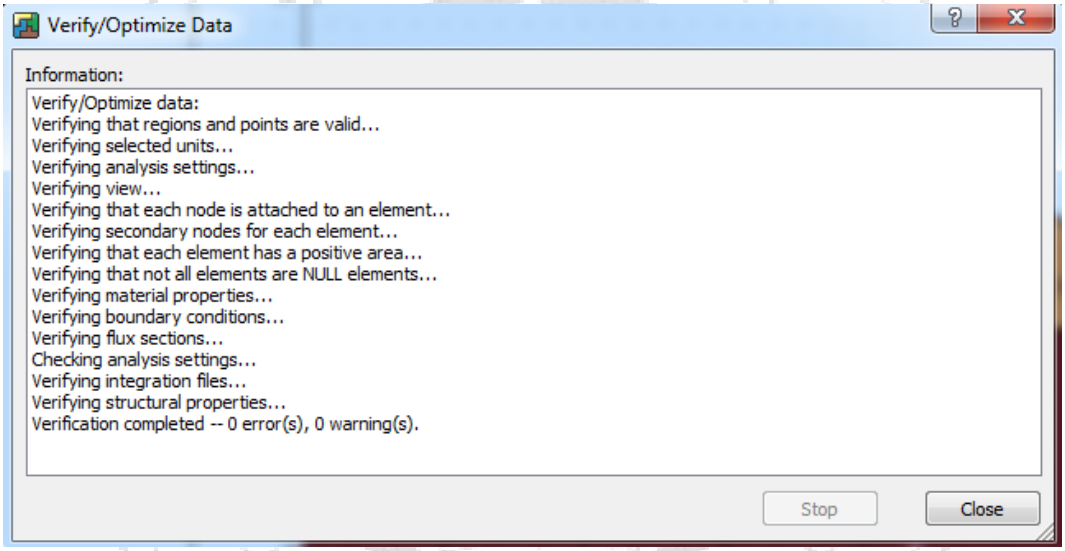
History point yaitu titik yang digunakan untuk mengetahui deformasi, tekanan air pori dan percepatan yang terjadi pada saat gempa berlangsung.



Gambar IV. 68 History point

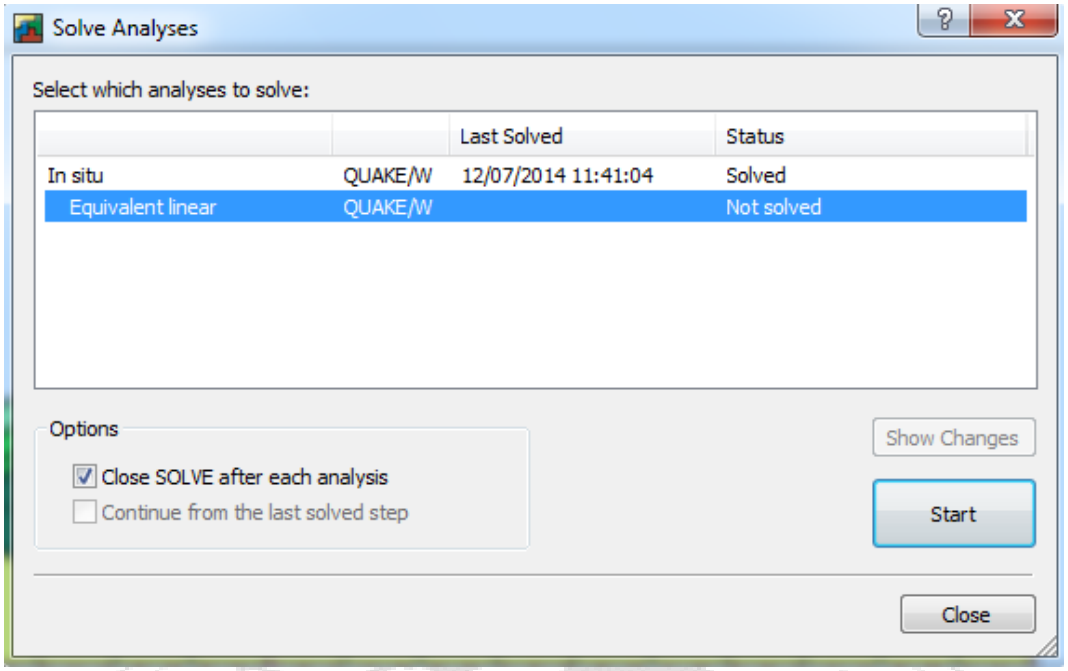
4.3.1.5 Output Equivalent Linear Dinamik

 Setelah semua input data selesai selanjutnya dilakukan verifikasi terhadap data-data yang telah diinput dengan cara plih menu Tools verify/optimize. Apabila hasil verification completed 0 error maka dilanjutkan dengan run.



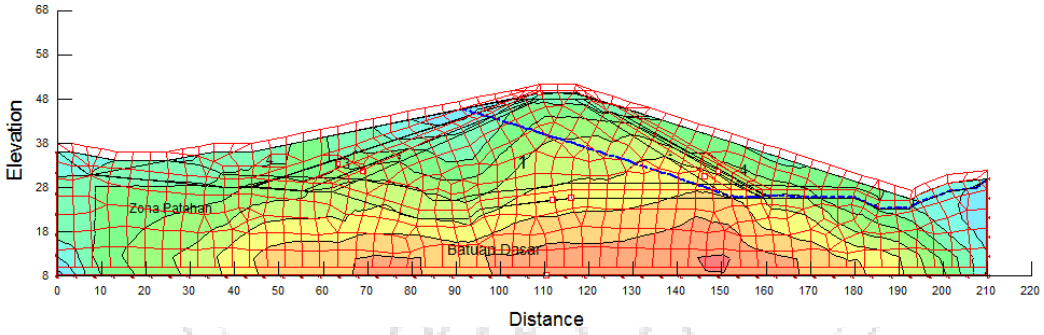
Gambar IV. 69 Verifikasion

 Selanjutnya pilih tools Solve analysis untuk memulai menghitung Deformasi.



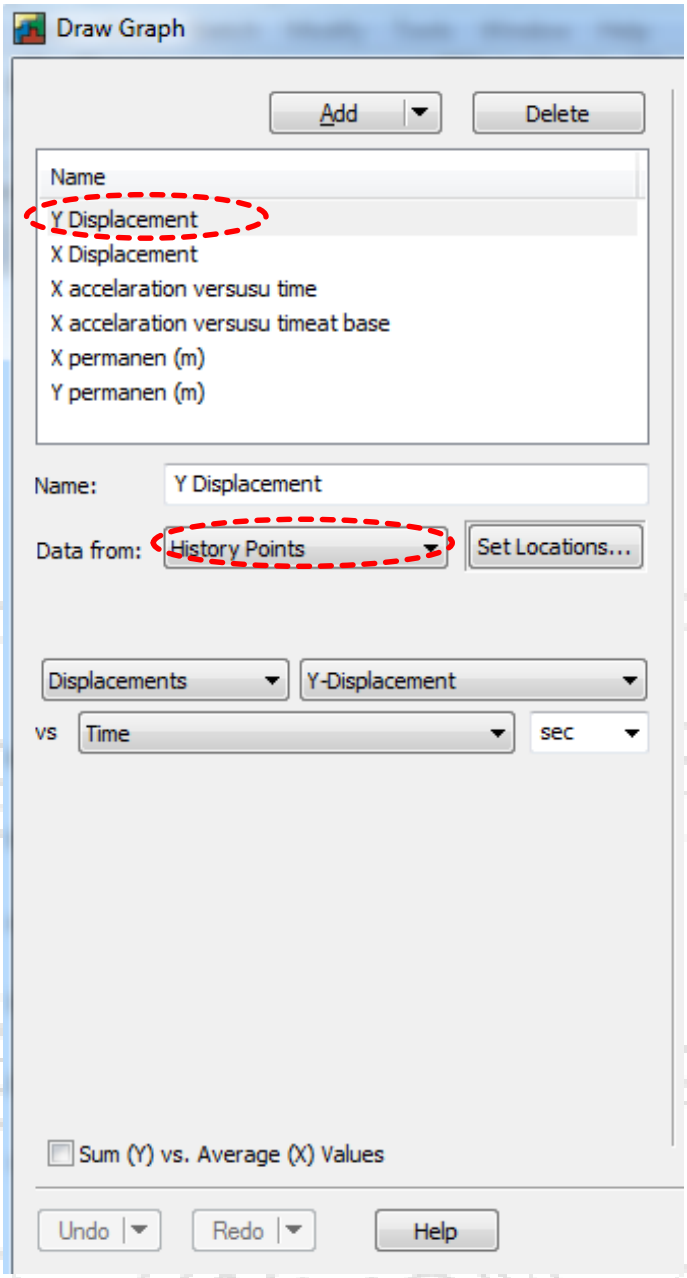
Gambar IV. 70 Solve

Selanjutnya setelah run selesai, klik *switcnes to the CONTOUR view to display computed result.* Maka didapat output kontur yang keluar adalah sebagai berikut.



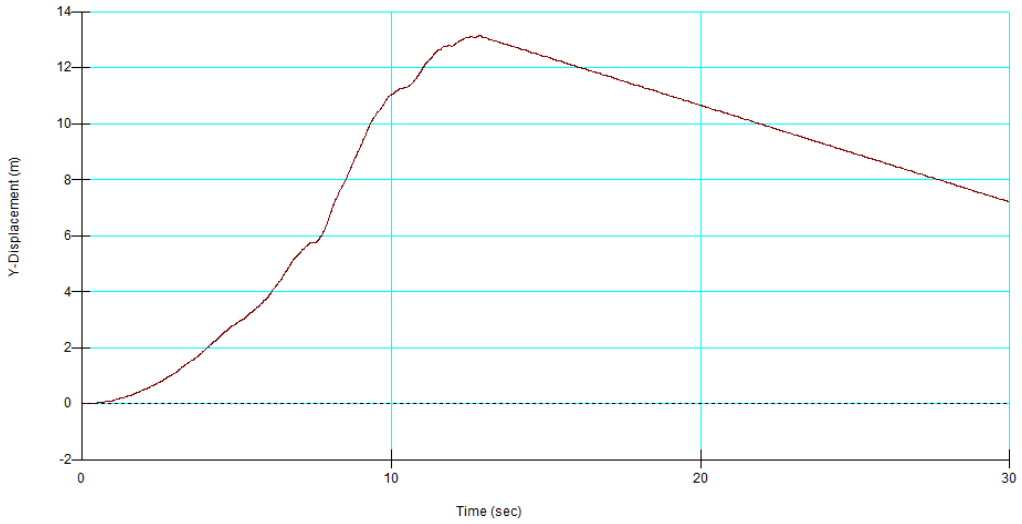
Gambar IV. 71 Kontur vertcal effective stress

Pilih draw grafik, add grafik Y-displacement dengan grafik displacement versus time. Untuk mendapatkan grafik Y-displacement dapat dilakukan dengan cara data from history point lalu klik set location selanjutnya klik lokasi pada bendungan bagian atas ujung yang telah dibuat history point sebelumnya. Contoh draw grafik bisa dilihat pada gambar dibawah ini.

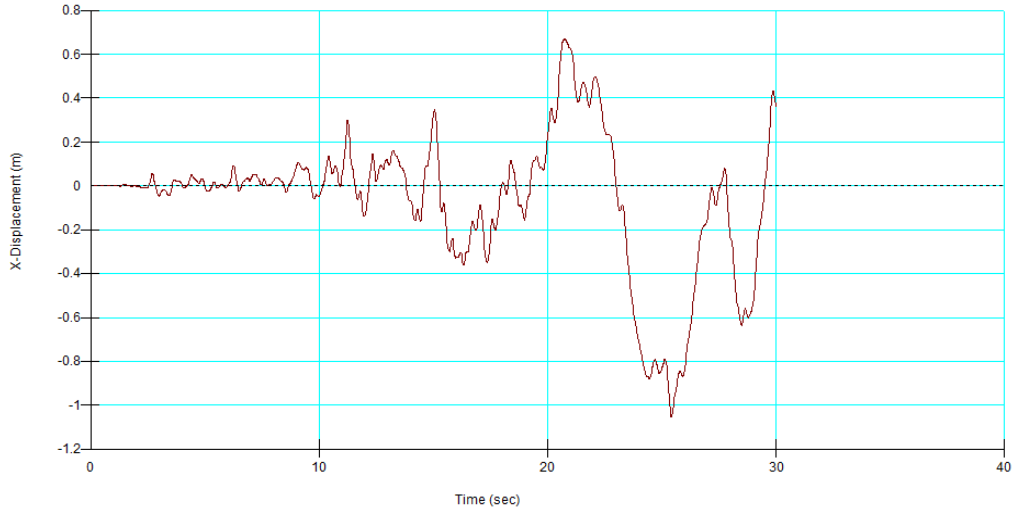


Gambar IV. 72 Draw graph

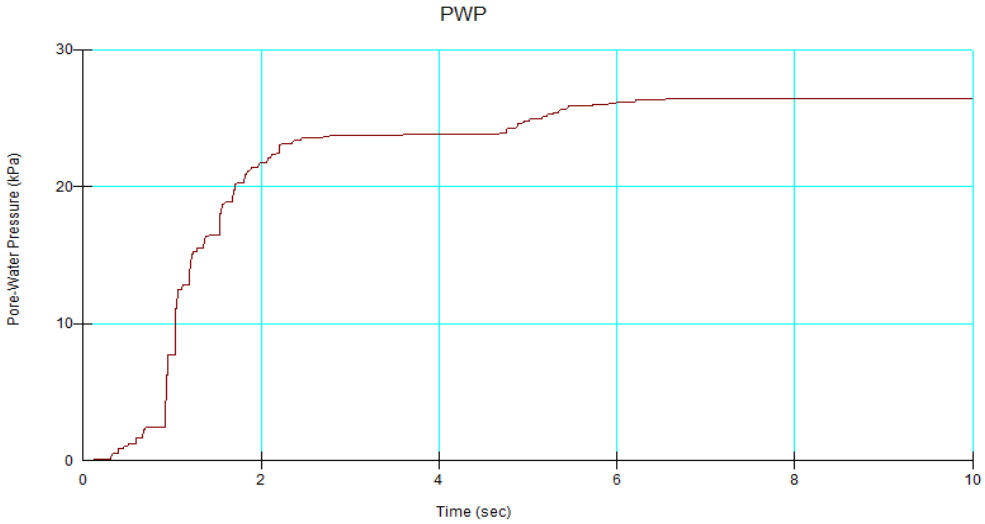
Berikut ini adalah grafik Y-displacement, X-displacement dan grafik PWP hasil analisis dinamik bendungan.



Gambar IV. 73 Grafik y-displacement



Gambar IV. 74 Grafik x-displacement



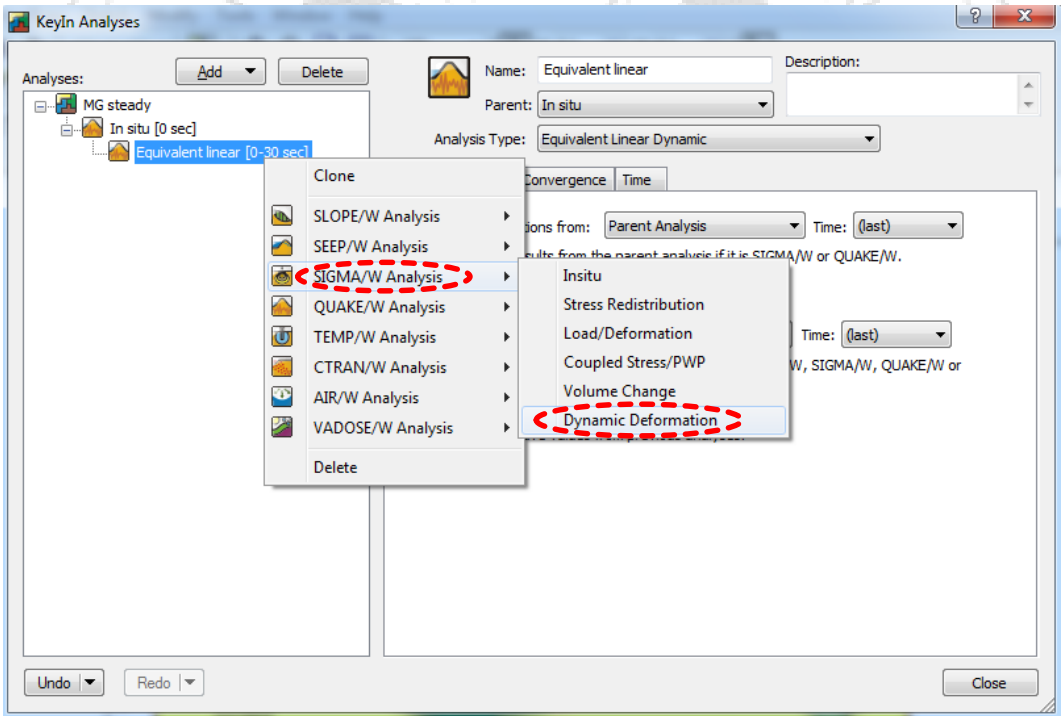
Gambar IV. 75 Grafik pore-water pressure

4.3.1.6 Program Komputer SIGMA/W

4.3.1.6.1 Pendahuluan

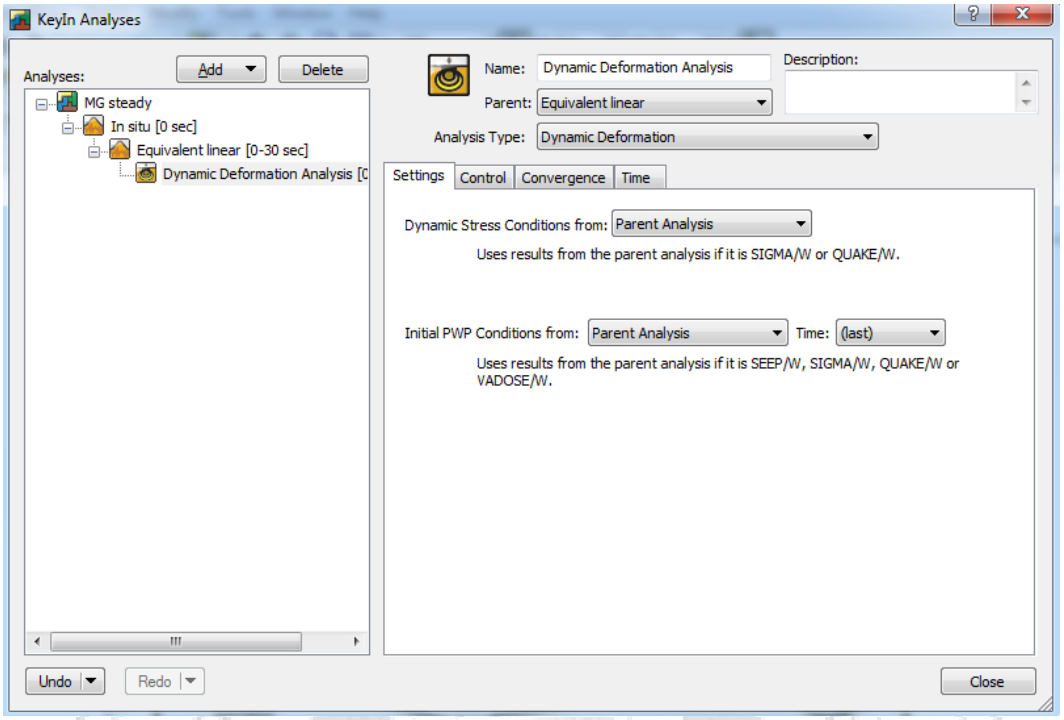
Program komputer SIGMA/W adalah salah satu program komputer yang digunakan untuk menganalisis tegangan pada permasalahan geoteknik. SIGMA/W dapat mempertimbangkan analisis dan masalah deformasi sederhana hingga masalah tekanan efektif lanjutan secara bertahap dengan menggunakan model konstitutif tanah seperti linear elastik, equivalent-linear elastik, elastik-plastik atau clam clay.

Setelah melakukan analisis QUAKE/W selanjutnya dilakukan analisis SIGMA/W untuk mendapatkan deformasi permanent bendungan. Sebelum melakukan input data, terlebih dahulu masuk ke program komputer Geostudio SIGMA/W. Pertama yang perlu dilakukan adalah Set keyin analisis. Contoh Set KeyIn analisis bisa dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar IV. 76 Program SIGMA/W pada Geostudio

Selanjutnya pada menu keyin analysis, setting Dynamic stress condition menggunakan parent analysis dan intial PWP conditions menggunakan parent analysis denga time last lalu klik close.



Gambar IV. 77 Setting keyin analysisis

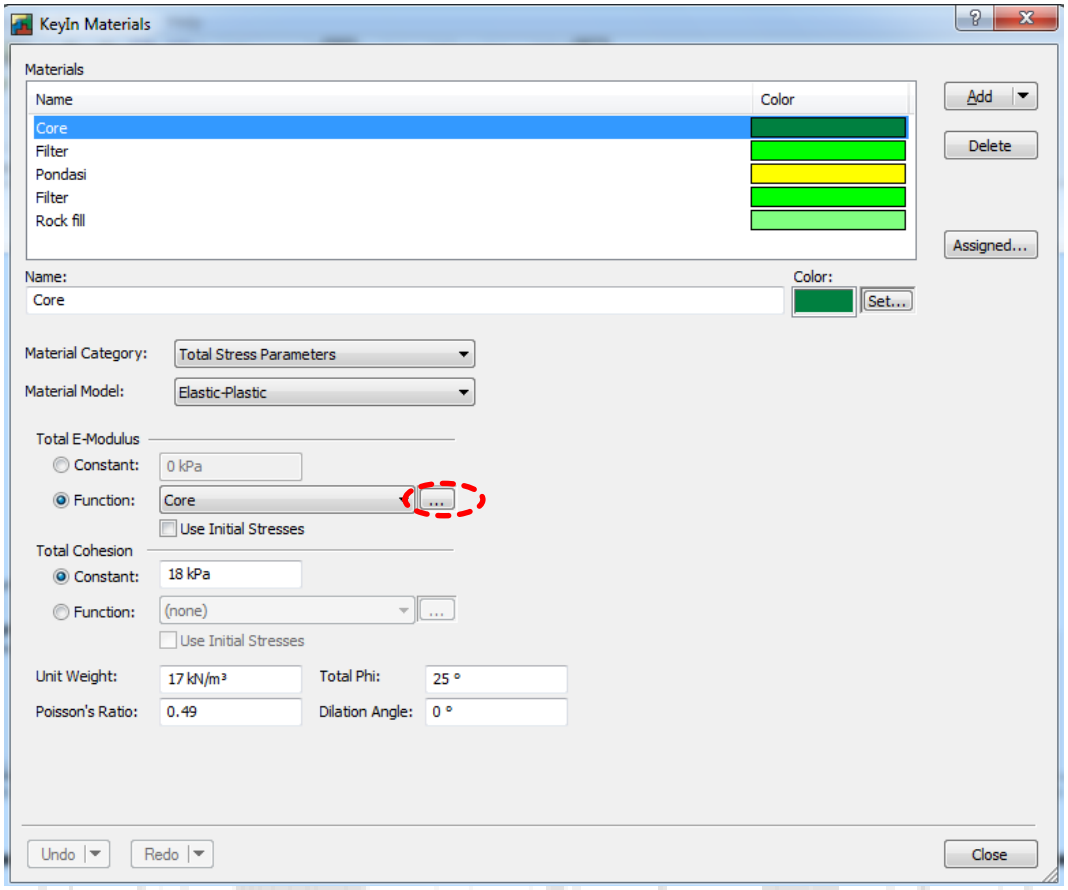
4.3.1.6.2 Input Data

Sebelum melakukan analisis pada program komputer SIGMA/W langkah yang paling penting dilakukan adalah input data. Adapun langkah-langkah input data pada analisis SIGMA/W dalah :

- Input Material.
- Input Boundary condition.

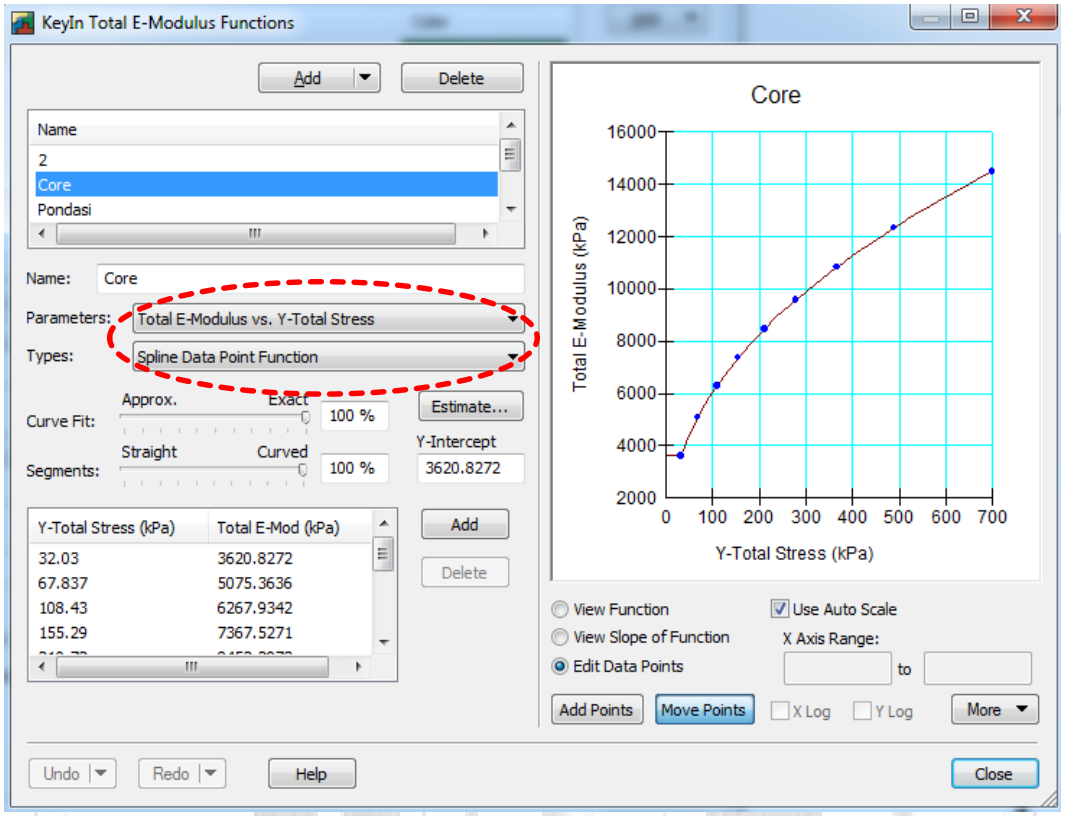
4.3.1.6.2.1 Input Material

Pada analisis SIGMA/W tidak perlu dilakukan penggambaran bendungan dari awal bisa dilanjutkan dengan input material. Parameter yang dibutuhkan pada analisis SIGMA/W adalah γ, υ, $\phi_{total,}$ dan E (modulus elastisitas). Pada core, fillter, rockfill dan pondasi parameter E (modulus elastisitas) menggunakan function. Berikut ini adalah gambar cara membuat parameter E (modulus elastisitas) dengan function.



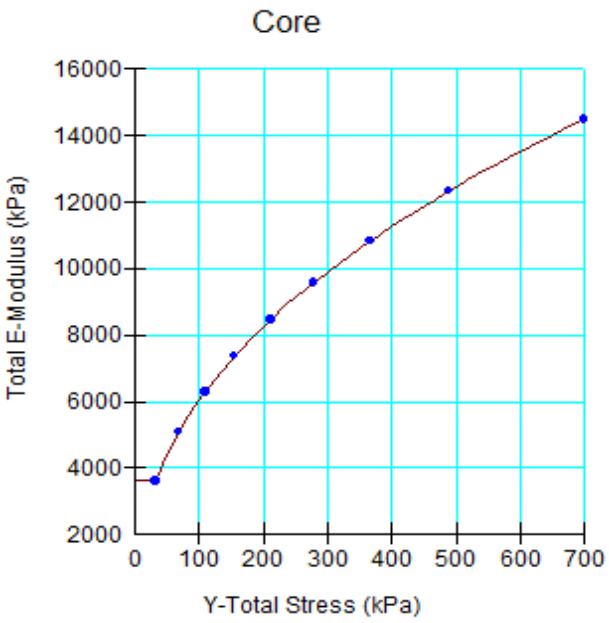
Gambar IV. 78 Input material

Klik pada bagian yang telah dilingkari seperti pada gambar diatas, selanjutnya keluar gambar seperti dibawah ini.



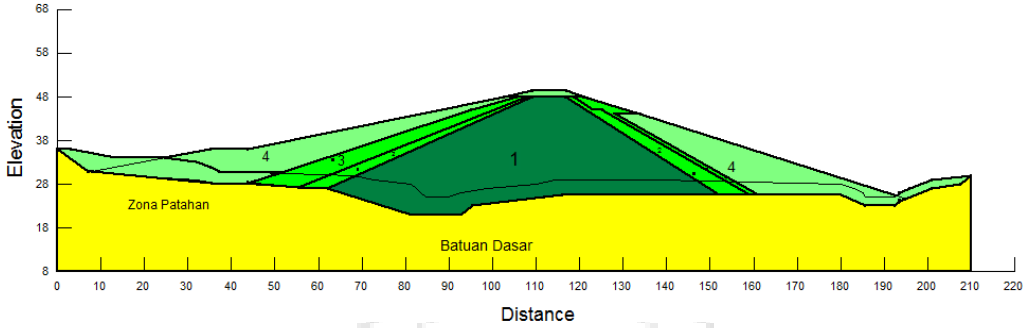
Gambar IV. 79 KeyIn total E-modulus function

Pada gambar diatas parameter menggunakan Total E-Modulus vs Y-total stress dengan types spline data point function selanjutnya klik estimate lalu keluar gambar Estimates E-modulus elastisitas pilih Ok. Hasil grafik function modulus elastisitas pada core seperti gambar dibawah ini.



Gambar IV. 80 Grafik modulus elastisitas

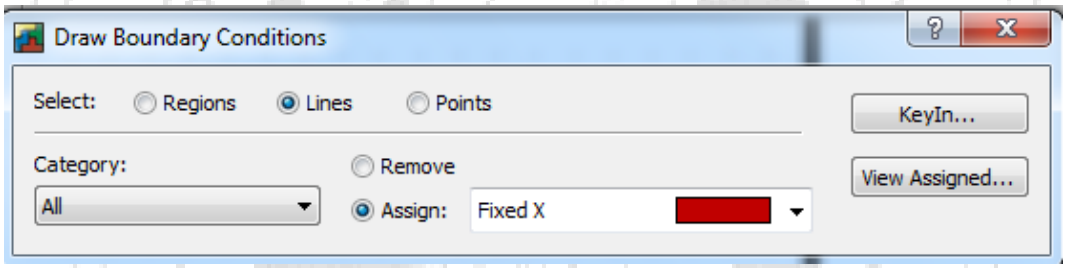
Setelah KeyIn material selesai, dilanjutkan dengan draw material. Seperti pada gambar dibawah ini.



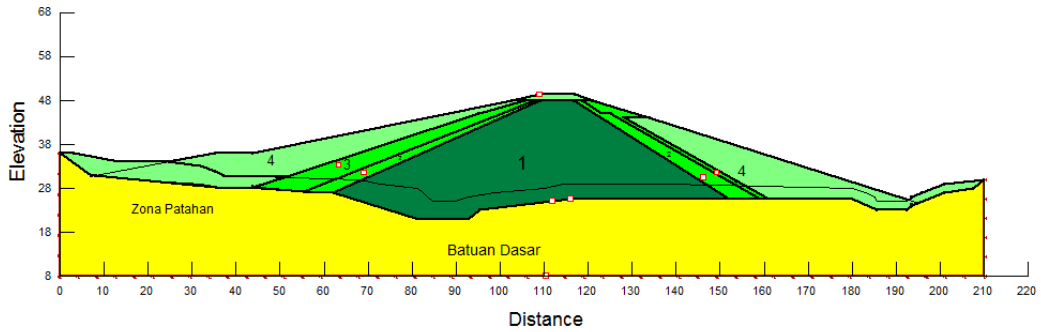
Gambar IV. 81 Draw material

4.3.1.6.2.2 Input Boundary Condition

Boundary condition yaitu untuk menentukan batasan daerah yang tidak boleh terdeformasi. Pada geometri bendungan dengan boundary condition x untuk pondasi samping dan boundary condition x/y untuk pondasi bawah.



Gambar IV. 82 Input boundary

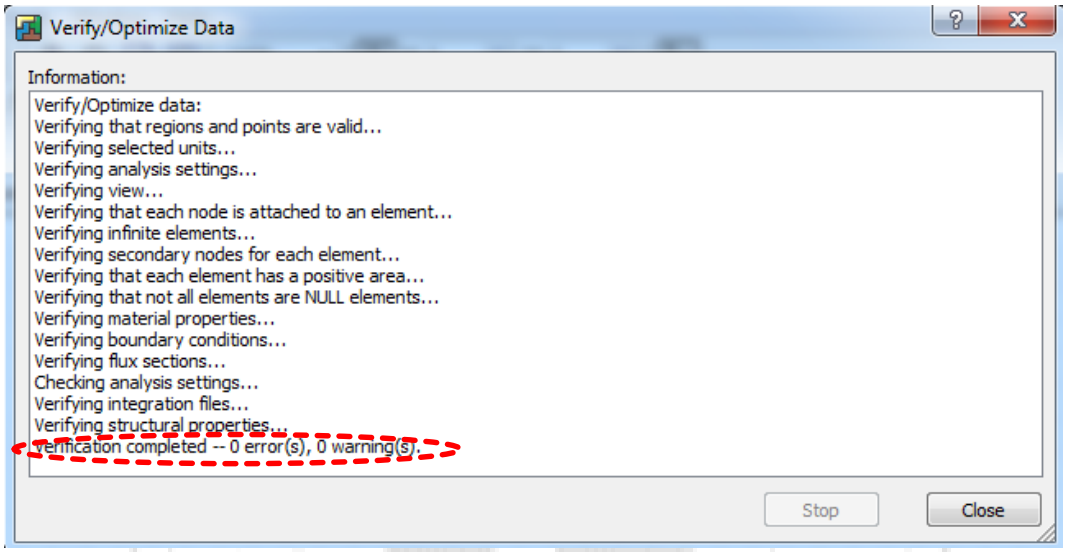


Gambar IV. 83 Input boundary condition

4.3.1.6.3 Output Data

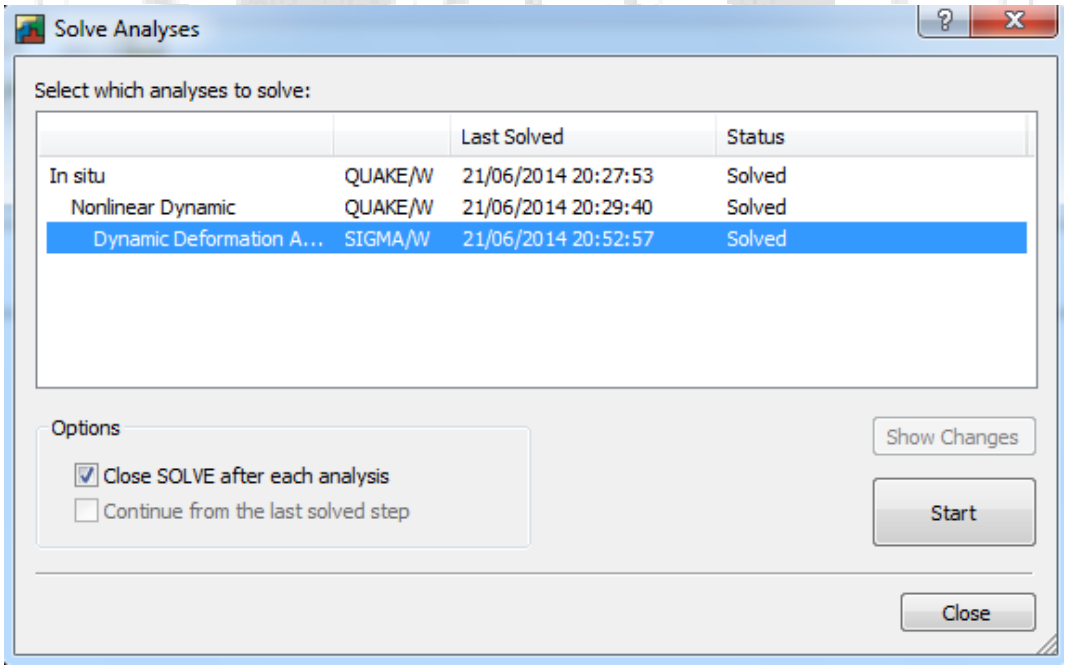
Setelah semua input data selesai selanjutnya dilakukan verifikasi terhadap data-data yang telah diinput dengan cara pilih menu Tools verify/optimize.

Apabila hasil dari verification 0 error maka tahap yang telah kita lakukan sudah benar dan bisa dilanjutkan dengan run analisis. Seperti pada gambar dibawah ini.



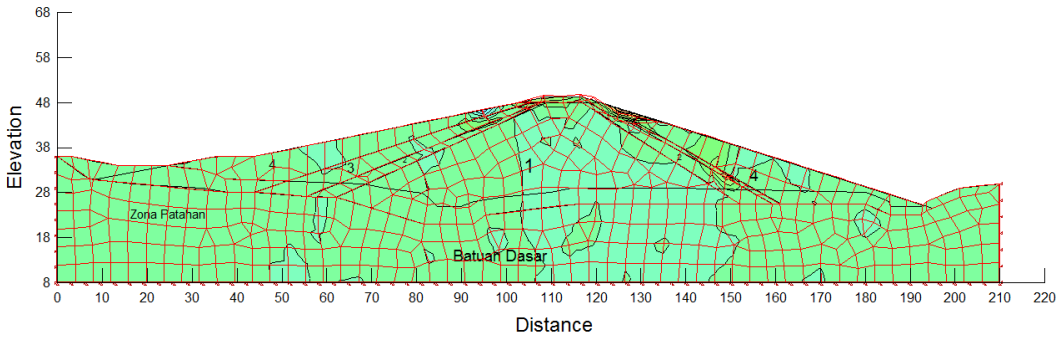
Gambar IV. 84 Verifikasion

 Pilih tools Solve analysis untuk memulai menghitung deformasi permanentt, klik star.



Gambar IV. 85 Solve

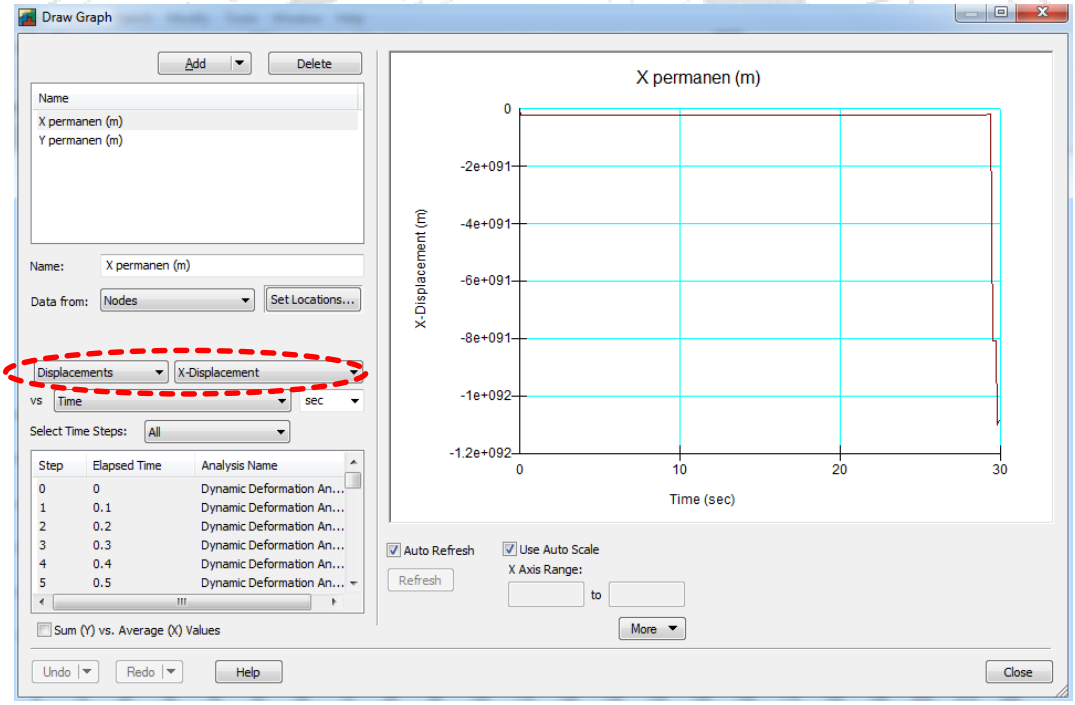
 Selanjutnya setelah run selesai, klik *switcnes to the CONTOUR view to display computed result.* Maka didapat output kontur yang keluar adalah sebagai berikut.



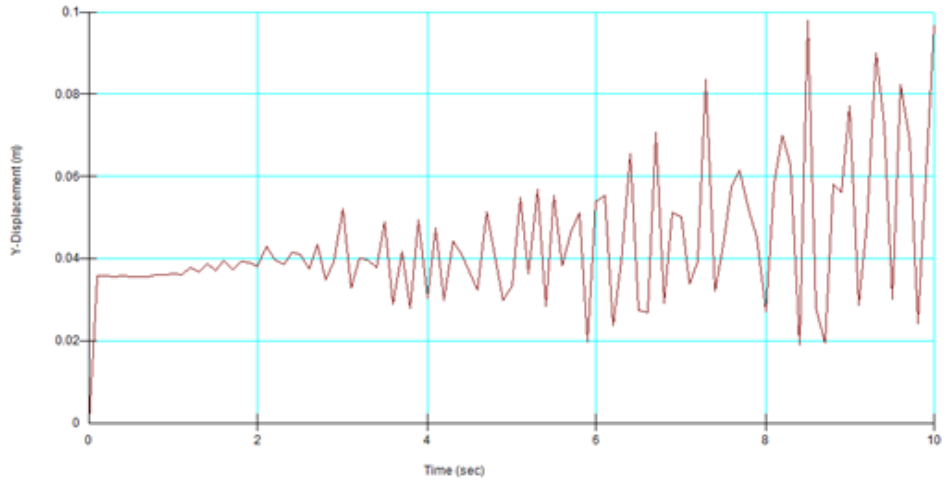
Gambar IV. 86 Kontur y-total stress



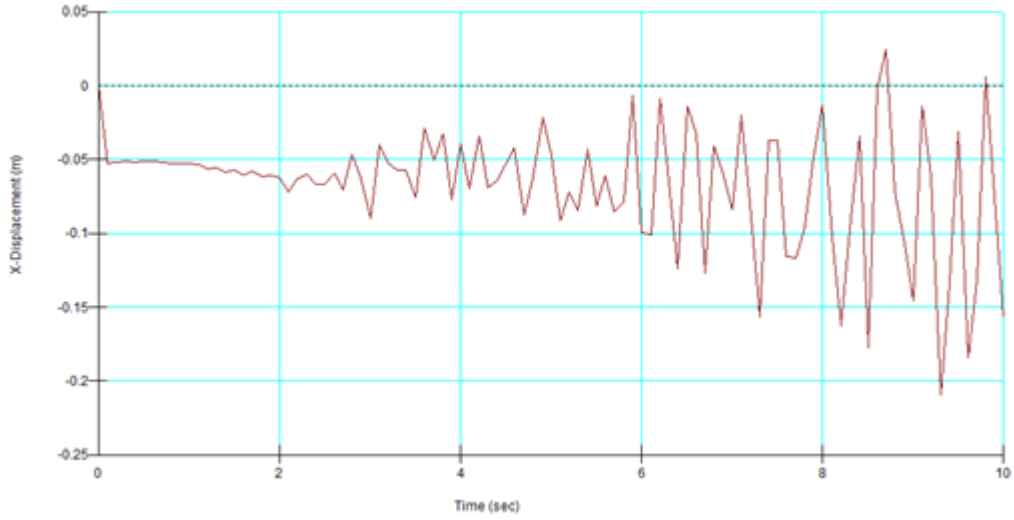
Pilih draw grafik, add grafik Y-displacement permanent dengan grafik displacement versus time. Untuk mendapatkan grafik Y-displacement dapat dilakukan dengan cara data from menggunakan nodes lalu klik set location selanjutnya klik lokasi pada bendungan bagian atas ujung yang telah dibuat history point sebelumnya. Contoh draw grafik bisa dilihat pada gambar dibawah ini.



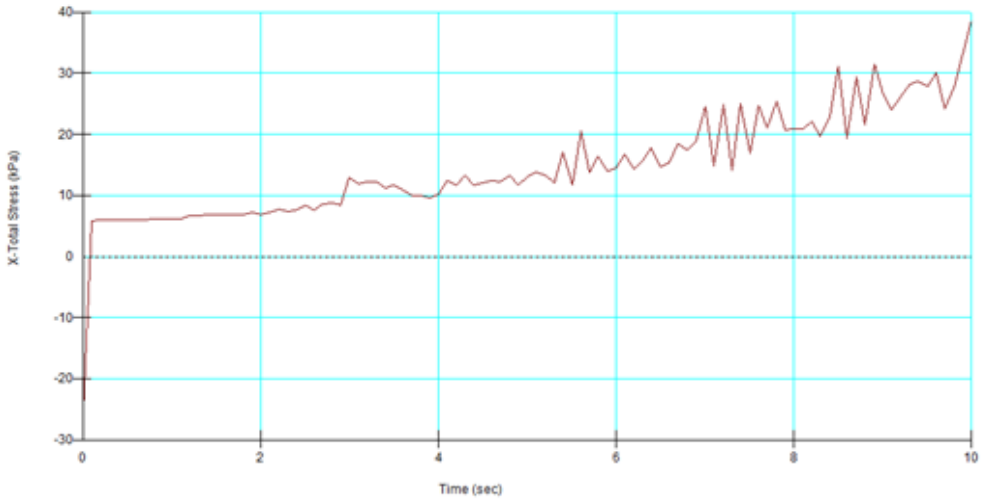
Berikut ini adalah grafik Y-displacement permanentt, X-displacement permanentt dan total stress pada bendungan dengan kondisi air normal.



Gambar IV. 87 Grafik y-displacement permanentt



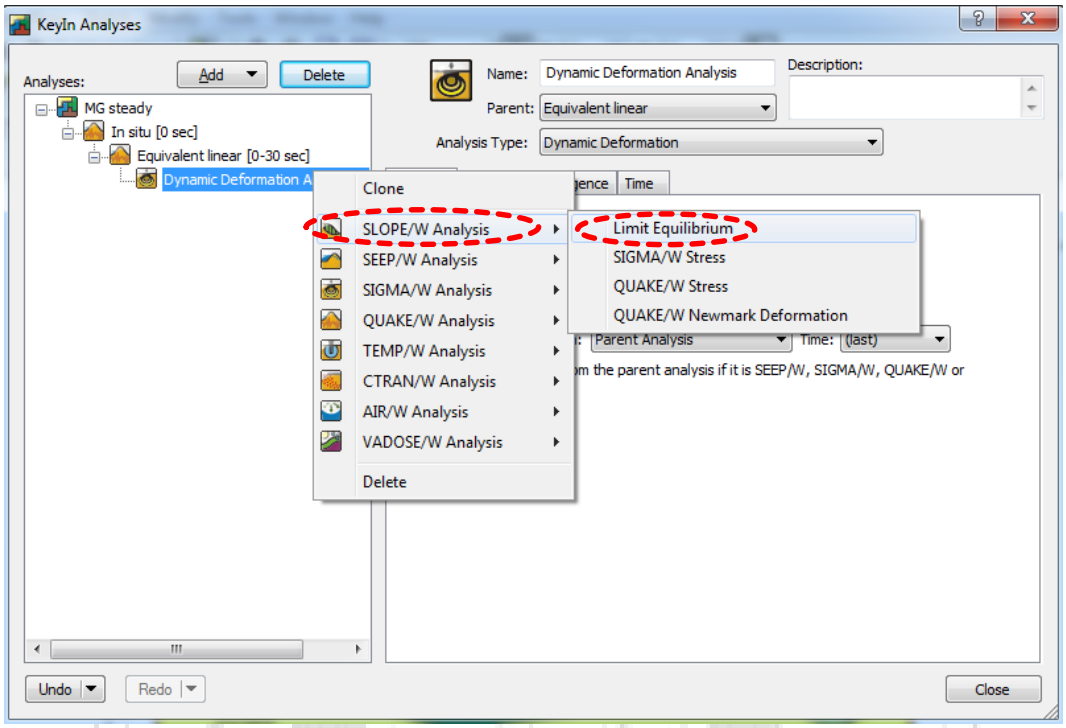
Gambar IV. 88 Grafik x-displacement permanentt



Gambar IV. 89 Grafik total stress

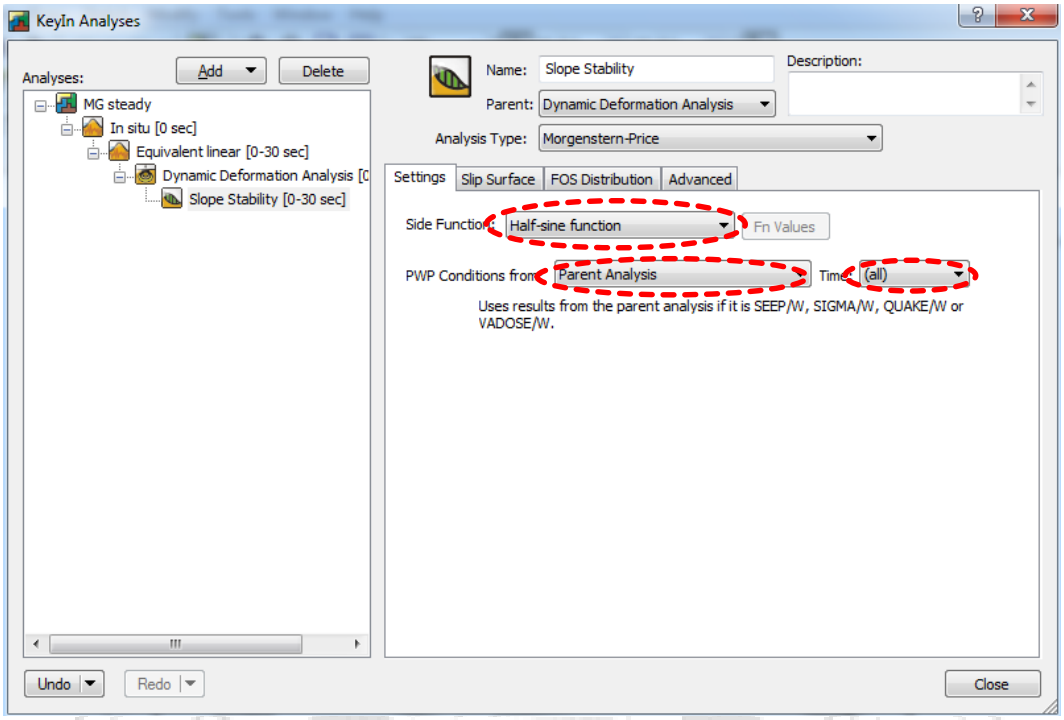
4.3.1.7 Analisis SLOPE/W

Setelah analisis dinamik selesai dilakukan, selanjutnya dilakukan analisis SLOPE/W yang diambil dari analisis dinamik dengan ground motion. Sebelum input data yang pertama kita lakukan dengan klik kanan pada analisis dinamik deformasi lalu klik SLOPE/W dan pilih limit equilibrium. Berikut ini adalah gambar set Keyin pada analisis SLOPE/W.



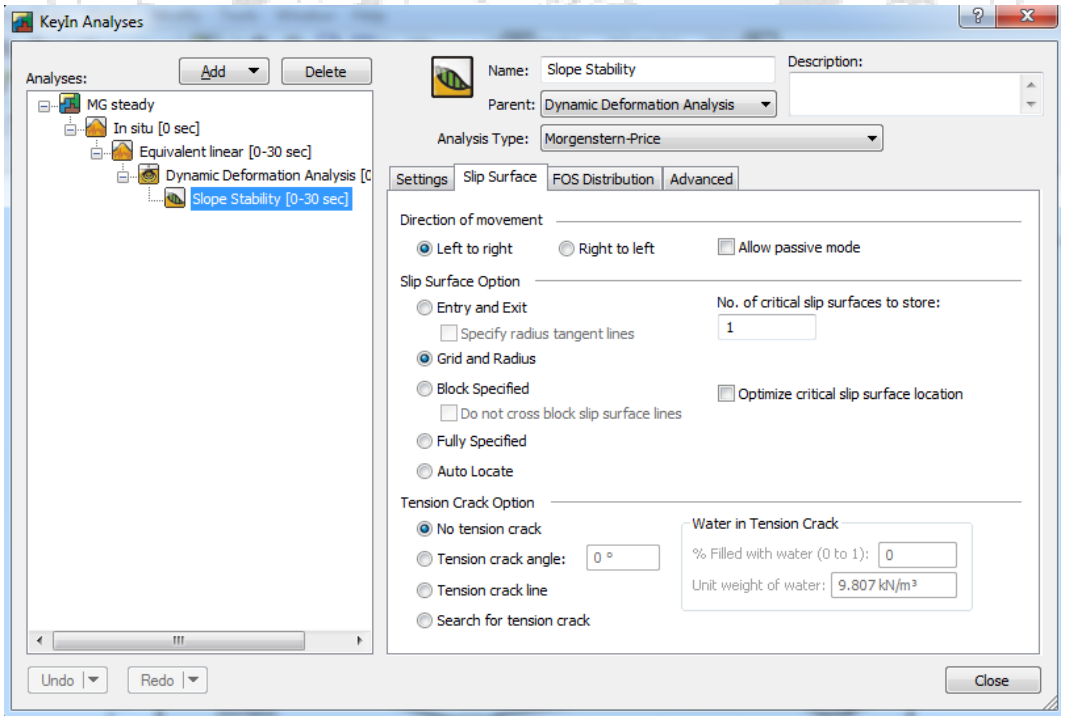
Gambar IV. 90 KeyIn analisis

Selanjutnya setting KeyIn analisis, side function menggunakan Half-sine function dan PWP condition from menggunakan parent analisis dengan time last.



Gambar IV. 91 Setting keyin analisis

Pada slip surface menggunakan left to right dan slip surface option menggunakan grid radius, lalu klik close.



Gambar IV. 92 Setting keyin slip surface

4.3.1.7.1 Input Data

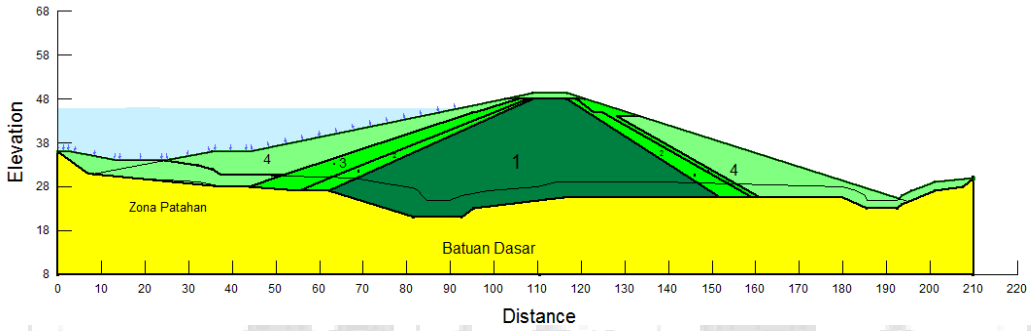
Setelah KeyIn analisis selesai dilakukan dilanjutkan dengan input data. Adapun langkah-langkah input data yaitu :

- Input Material
- Input Grid dan radius

4.3.1.7.1.1 Input Material



Pada tahap input material, klik draw material lalu input material pada bendungan.

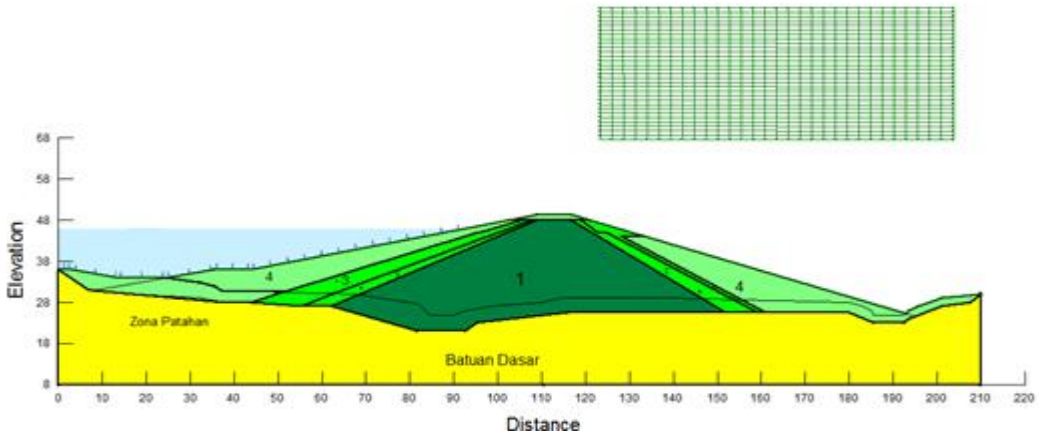


Gambar IV. 93 Draw material

4.3.1.7.1.2 Input Grid dan Radius

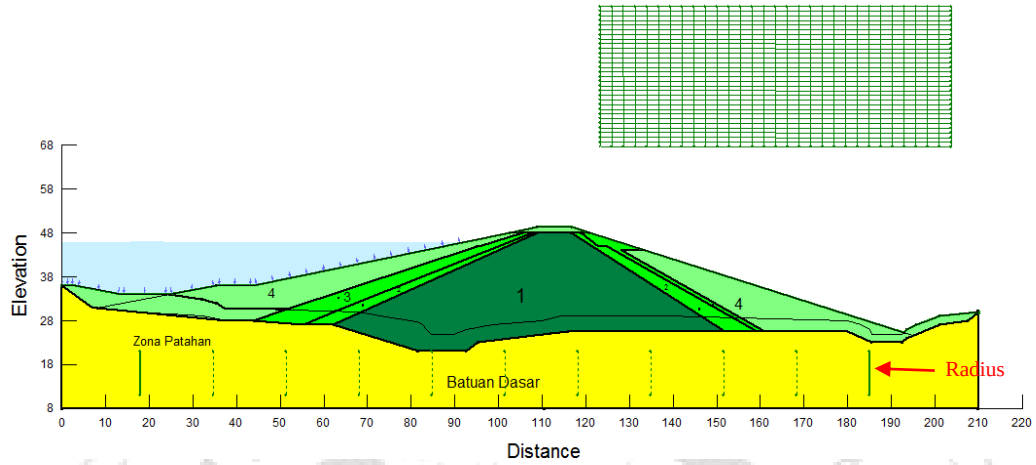


Setelah input data dan penggambaran material dilanjutkan dengan input grid dibagin atas bendungan yang akan dianalisis. Lalu masukan nilai increments x dan y pilih OK, seperti gambar dibawah ini dengan memasukan nilai x 30 dan nilai y 30.



Gambar IV. 94 Draw grid

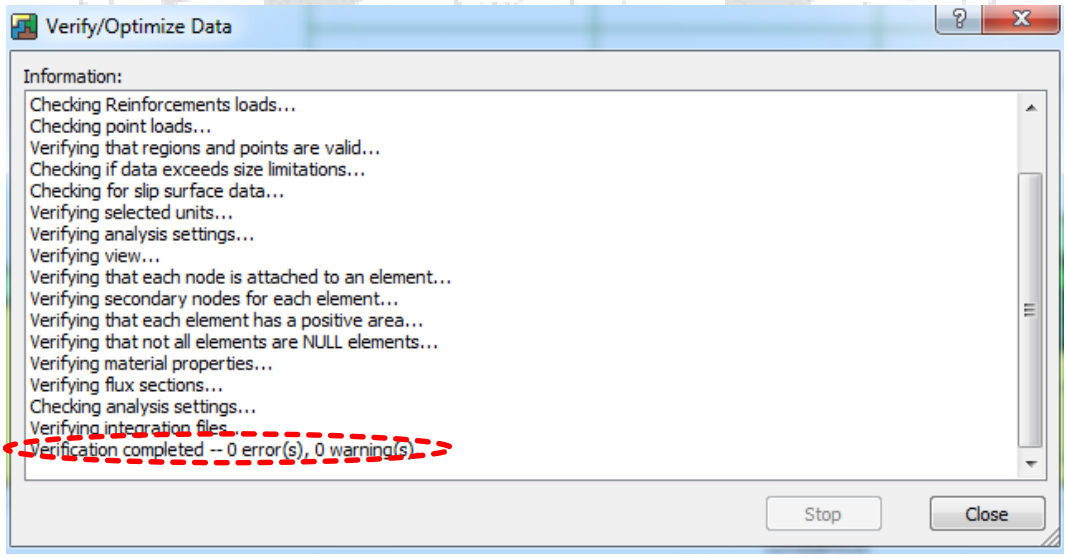
Selanjutnya dilakukan input radius disepanjang pondasi. Seperti gambar dibawah ini.



Gambar IV. 95 Input radius

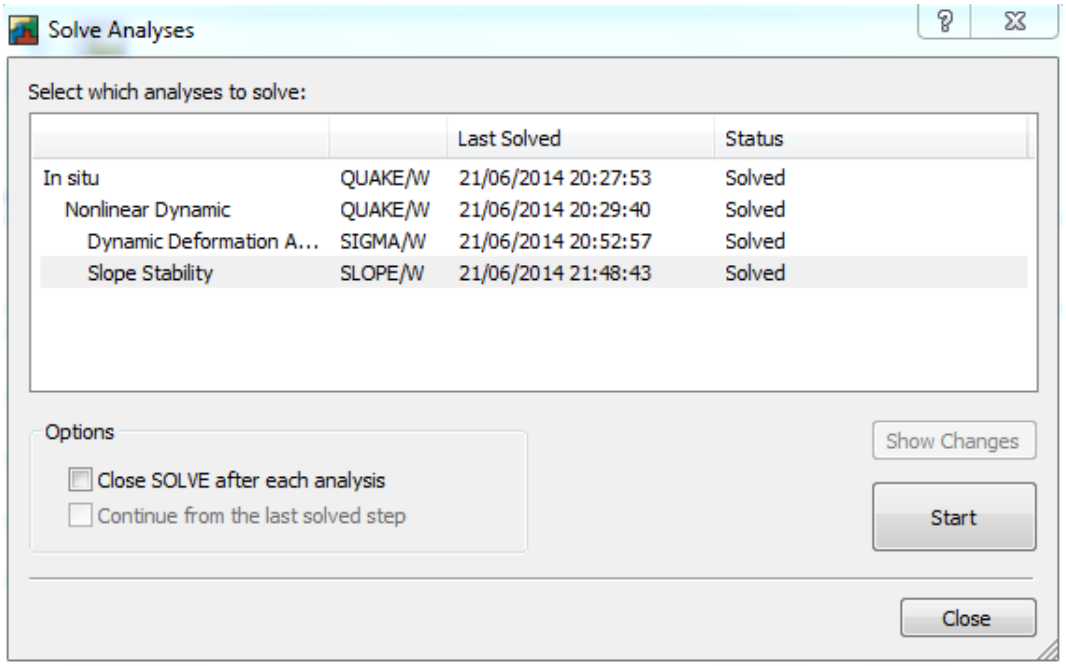
4.3.1.7.2 Output Data

Setelah semua input data selesai selanjutnya dilakukan verifikasi terhadap data-data yang telah diinput dengan cara pilih menu Tools verify/optimize. Apabila hasil dari verification 0 error maka tahap yang telah kita lakukan sudah benar dan bisa dilanjutkan dengan run.



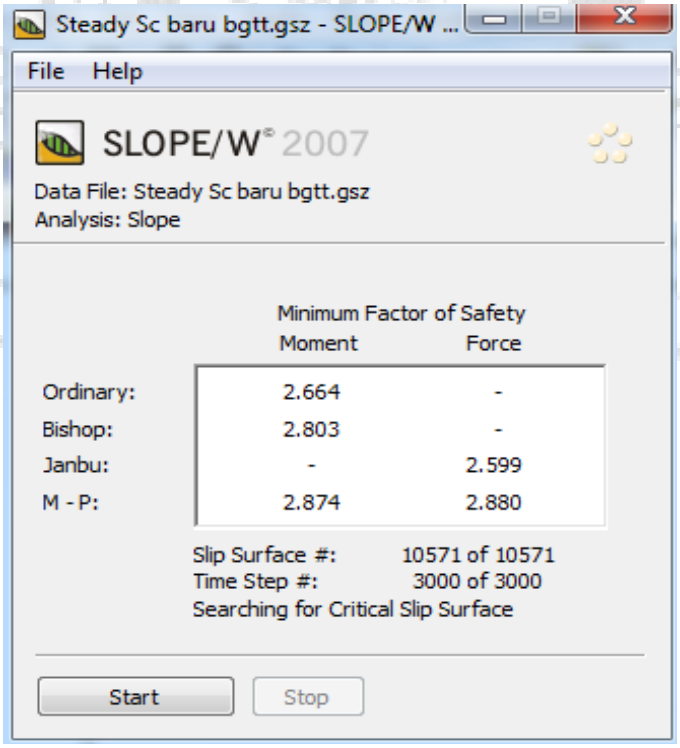
Gambar IV. 96 Verifikasi

 Selanjutnya pilih tools Solve lalu pilih start, untuk memulai menghitung SF (*safety factor*/faktor kemanan).



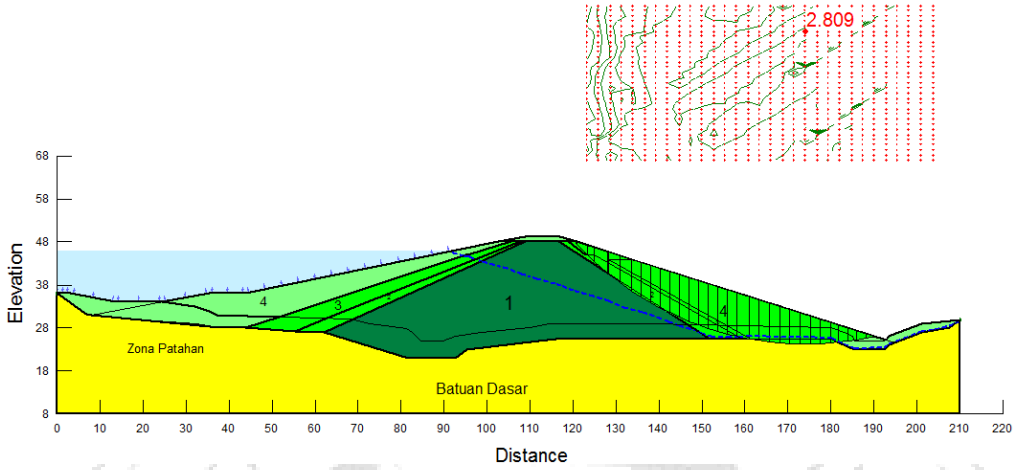
Gambar IV. 97 Solve analisis

Setelah perhitungan SF (*safety factor*/faktor kemanan) selesai maka Output yang keluar adalah sebagai berikut :



Gambar IV. 98 Tabel output

Dari tabel tersebut dapat dilihat SF (*safety factor*/faktor kemanan) terkritis. Begitu pula dengan irisan output. Pada irisan dapat dilihat hasil perhitungan SLOPE/W secara visual, SF (*safety factor*/faktor kemanan) yang digunakan adalah metode Bishop.



Gambar IV. 99 Hasil perhitungan SLOPE/W

4. abc 4-1
4.1 Umum 4-1
4.2 Analisis Statik 4-1
4.2.1 Program Komputer SLOPE/W 4-1
4.2.1.1 Pendahuluan 4-1
4.2.2 Input Data 4-3
4.2.2.1 General Setting 4-4
4.2.2.2 Input Geometri 4-8
4.2.2.3 Input Seismic Load 4-9
4.2.2.4 Input Material 4-10
4.2.2.5 Input Grid dan Radius 4-11
4.2.3 Output Data 4-12
4.3 ANALISIS DINAMIK 4-14
4.3.1 Analisis Deformasi Dinamik 4-14
4.3.1.1 Program Komputer QUAKE/W 4-14
4.3.1.1.1 Pendahuluan 4-14
4.3.1.2 Input Data Intial Static 4-15
4.3.1.2.1 General Setting 4-15
4.3.1.2.2 Input Geometri 4-18
4.3.1.2.3 Input Material 4-19
4.3.1.2.4 Input boundary condition 4-28
4.3.1.3 Output data Intial Statik 4-30
4.3.1.4 Input Data Equivalent-Linear Dinamik 4-33
4.3.1.4.1 Input Ground Motion 4-34

4.3.1.4.2 Input Boundary Condition 4-37
4.3.1.4.3 Input Point dan History Point 4-38
4.3.1.5 Output Equivalent Linear Dinamik 4-39
4.3.1.6 Program Komputer SIGMA/W 4-43
4.3.1.6.1 Pendahuluan 4-43
4.3.1.6.2 Input Data 4-44
4.3.1.6.2.1 Input Material 4-44
4.3.1.6.2.2 Input Boundary Condition 4-47
4.3.1.6.3 Output Data 4-47
4.3.1.7 Analisis SLOPE/W 4-51
4.3.1.7.1 Input Data 4-53
4.3.1.7.1.1 Input Material 4-53
4.3.1.7.1.2 Input Grid dan Radius 4-53
4.3.1.7.2 Output Data 4-54

Gambar IV. 1 Diagram alir menghitung stabilitas lereng bendungan menggunakan SLOPE/W 4-2
Gambar IV. 2 Tampilan create/new a new project 4-3
Gambar IV. 3 Memulai project baru 4-4
Gambar IV. 4 Seting keyin tipe analisis yang akan digunakan 4-5
Gambar IV. 5 Setting slip surface 4-5
Gambar IV. 6 Setting set page 4-6
Gambar IV. 7 Setting unit dan scale 4-6
Gambar IV. 8 Setting grid 4-7
Gambar IV. 9 Set axes 4-7
Gambar IV. 10 Area kerja 4-8
Gambar IV. 11 Input geometri bendungan 4-8
Gambar IV. 12 Input region 4-9
Gambar IV. 13 Model garis freatik 4-9

Gambar IV. 14 Input seismic load 4-9
Gambar IV. 15 Input material 4-10
Gambar IV. 16 Input draw material 4-10
Gambar IV. 17 Grid 4-11
Gambar IV. 18 Input radius 4-11
Gambar IV. 19 Verifikasion 4-12
Gambar IV. 20 Solve analisis 4-12
Gambar IV. 21 Tabel output 4-13
Gambar IV. 22 Hasil perhitungan SLOPE/W 4-13
Gambar IV. 23 Diagram alir perhitungan anlisis dinamik menggunakan QUAKE/W, SIGMA/W dan SLOPE/W 4-14
Gambar IV. 24 Program komputer QUAKE/W 4-15
Gambar IV. 25 Seeting keyin analisis 4-16
Gambar IV. 26 Stting page 4-16
Gambar IV. 27 Setting unit dan scale 4-17
Gambar IV. 28 Setting grid 4-17
Gambar IV. 29 Setting axes 4-18
Gambar IV. 30 Area kerja 4-18
Gambar IV. 31 Input geometri bendungan 4-19
Gambar IV. 32 Input region 4-19
Gambar IV. 33 Input garis freatik 4-19
Gambar IV. 34 Input material 4-20
Gambar IV. 35 Cara membuat grafik function parameter G_{max} 4-21
Gambar IV. 36 Cara membuat grafik function pada damping rasio 4-22
Gambar IV. 37 Estimasi damping ratio function 4-22
Gambar IV. 38 Grafik function pada damping ratio 4-23
Gambar IV. 39 Cara membuat function pada G-reduction 4-24
Gambar IV. 40 Estimate G-reduction function 4-24
Gambar IV. 41 Grafik G-reduction function 4-24
Gambar IV. 42 Cara membuat grafik PWP function 4-25
Gambar IV. 43 Estimate PWP function 4-25
Gambar IV. 44 Grafik PWP function 4-26

Gambar IV. 45 Input draw material 4-28
Gambar IV. 46 Boundary condition untuk menentukan tinggi air..... 4-29
Gambar IV. 47 Input boundary condition pada reservoir pressure..... 4-29
Gambar IV. 48 Boundary condition pada samping pondasi dan dasar pondasi. 4-30
Gambar IV. 49 Verifikasi..... 4-30
Gambar IV. 50 Solve..... 4-31
Gambar IV. 51 Selesai proses 4-31
Gambar IV. 52 Kontur Pore-water pressure 4-32
Gambar IV. 53 Draw kontur 4-32
Gambar IV. 54 Kontur Y-vertical effective stresse 4-33
Gambar IV. 55 Setting keyin analisis 4-33
Gambar IV. 56 Input ground motion..... 4-34
Gambar IV. 57 Input ground motion..... 4-35
Gambar IV. 58 Input ground motion horizontal 4-36
Gambar IV. 59 Ground motion vertikal..... 4-37
Gambar IV. 60 Draw boundary condition..... 4-37
Gambar IV. 61 Input boundary condition 4-38
Gambar IV. 62 Kondisi boundari kanan dan bawah pondasi..... 4-38
Gambar IV. 63 Point dipondasi..... 4-38
Gambar IV. 64 History point 4-39
Gambar IV. 65 Verifikasion..... 4-39
Gambar IV. 66 Solve..... 4-40
Gambar IV. 67 Kontur vertcal effective stress..... 4-40
Gambar IV. 68 Draw graph..... 4-41
Gambar IV. 69 Grafik y-displacement..... 4-42
Gambar IV. 70 Grafik x-displacement..... 4-42
Gambar IV. 71 Grafik pore-water pressure..... 4-42
Gambar IV. 72 Program SIGMA/W pada Geostudio 4-43
Gambar IV. 73 Setting keyin analysisis 4-44
Gambar IV. 74 Input material 4-45
Gambar IV. 75 Draw material..... 4-47
Gambar IV. 76 Input boundary 4-47

Gambar IV. 77 Input boundary condition 4-47
Gambar IV. 78 Verifikasion 4-48
Gambar IV. 79 Solve 4-48
Gambar IV. 80 Kontur y-total stress 4-49
Gambar IV. 81 Grafik y-displacement permanent 4-50
Gambar IV. 82 Grafik x-displacement permanent 4-50
Gambar IV. 83 Grafik total stress 4-50
Gambar IV. 84 KeyIn analisis 4-51
Gambar IV. 85 Draw material 4-53
Gambar IV. 86 Draw grid 4-53
Gambar IV. 88 Input radius 4-54
Gambar IV. 89 verifikasi 4-54
Gambar IV. 90 Solve analisis 4-55
Gambar IV. 91 Tabel output 4-55
Gambar IV. 92 Hasil perhitungan SLOPE/W 4-56