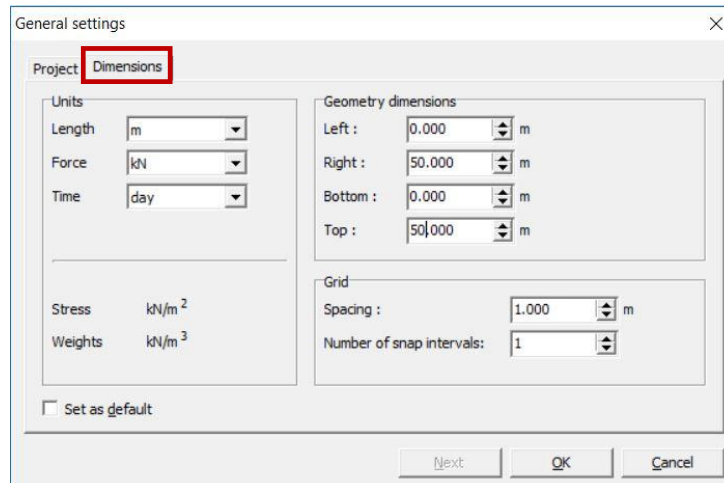
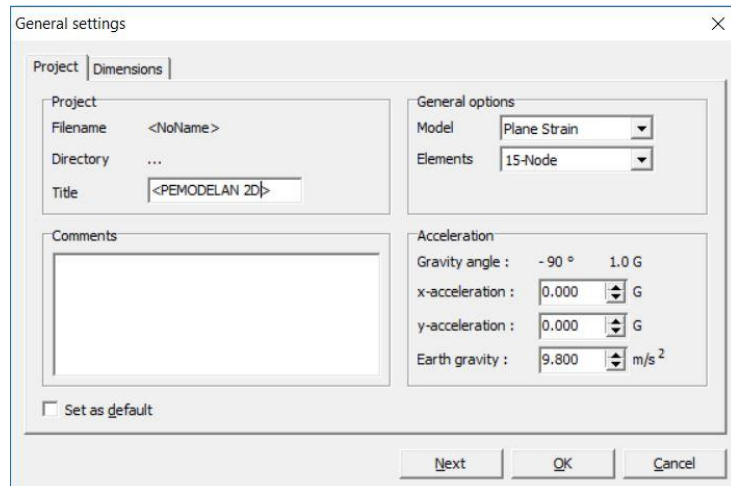
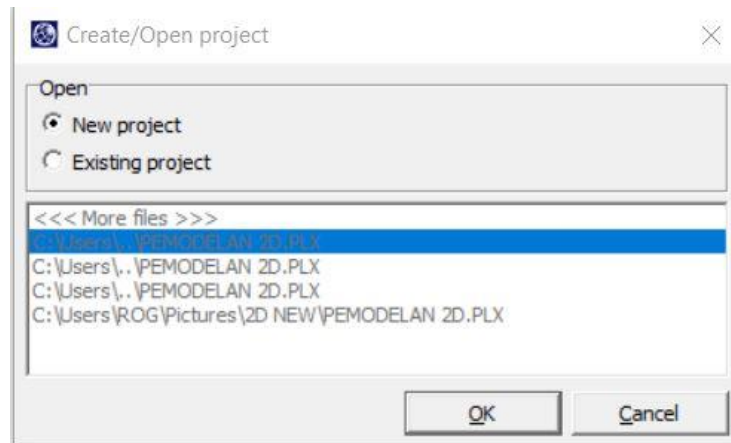


LAMPIRAN

LANGKAH-LANGKAH PENGGUNAAN PLAXIS 2D & PLAXIS 3D TUNNEL

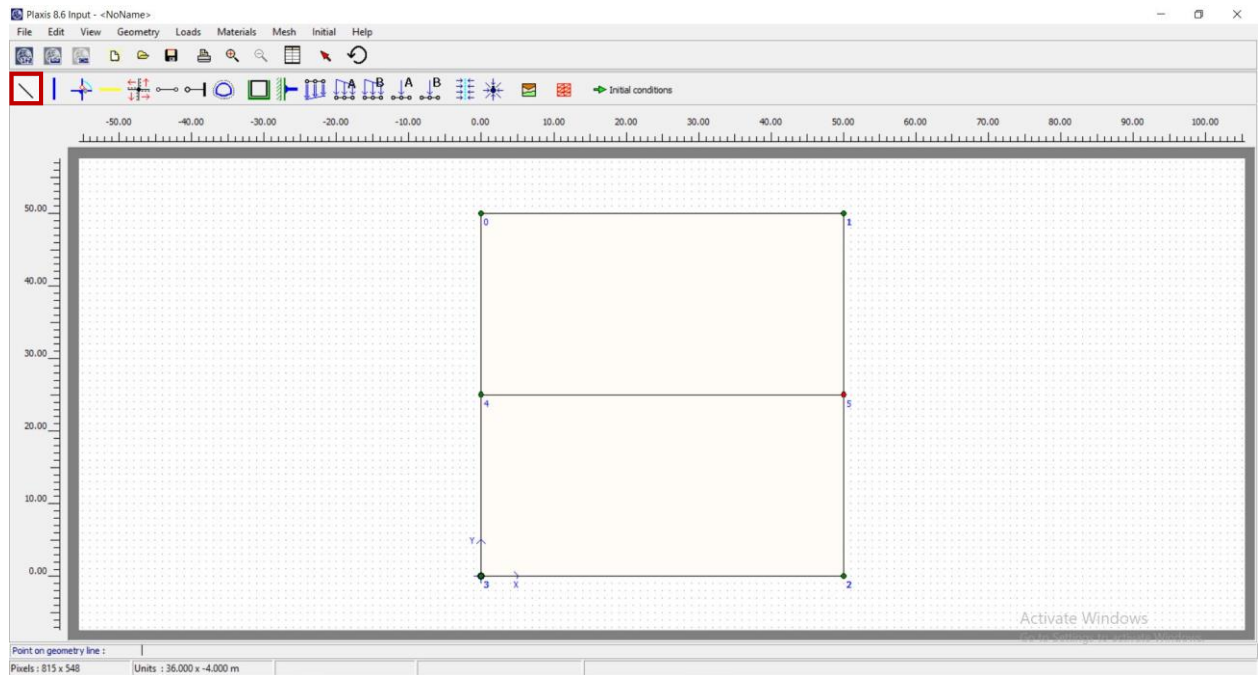
❖ PEMODELAN PLAXIS 2D

1. Pilih *New project* untuk memulai dan kemudian pilih *Dimension* untuk mengatur dimensi Pemodelan terowongan

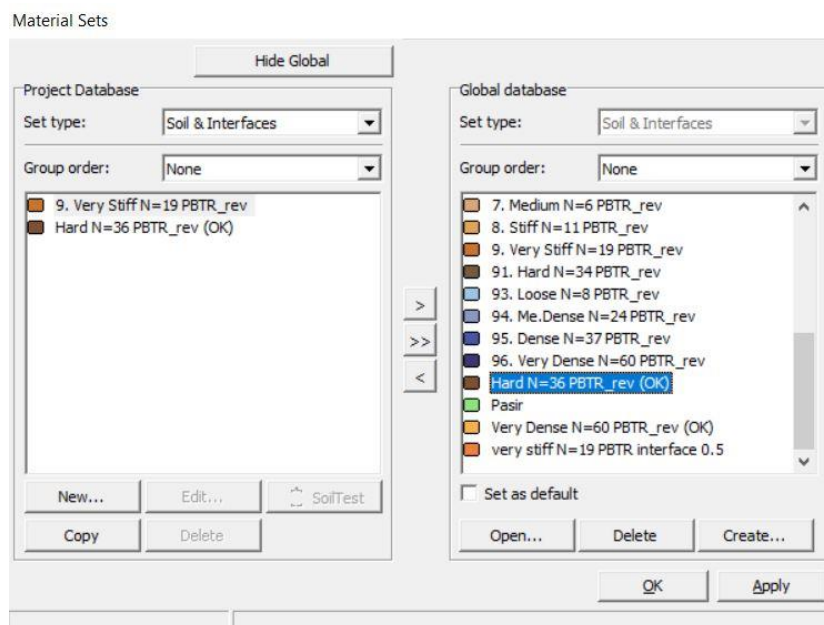


2. Menggambar dan menyusun data lapisan tanah awal

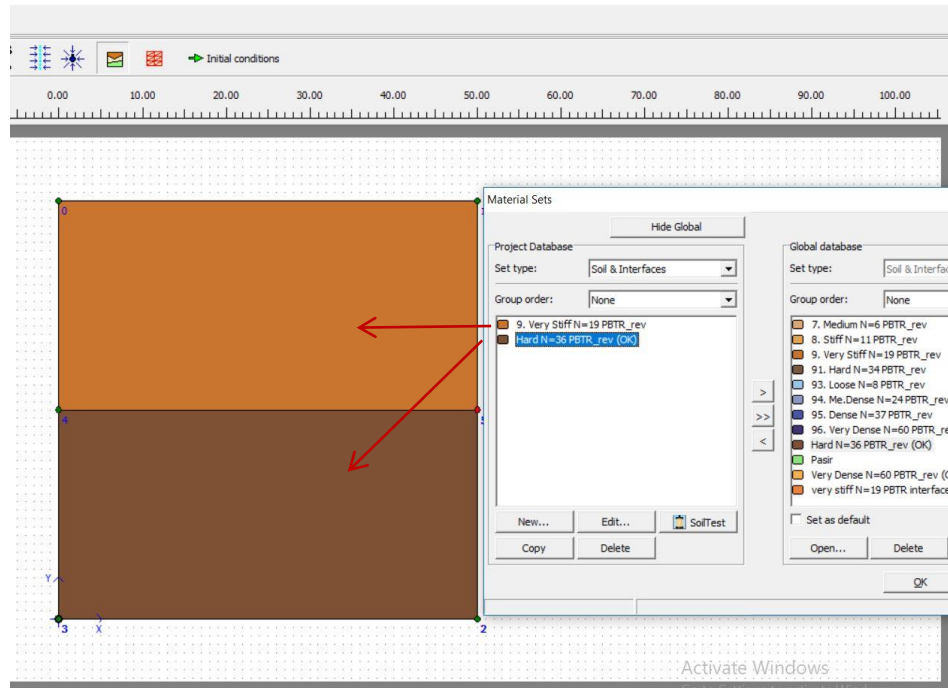
Input dan bentuk *Geometry Line* untuk membuat kondisi awal tanah yang digunakan untuk pemodelan terowongan, Dimensi pemodelan 2D dengan panjang 50 m dan tinggi 50 m.



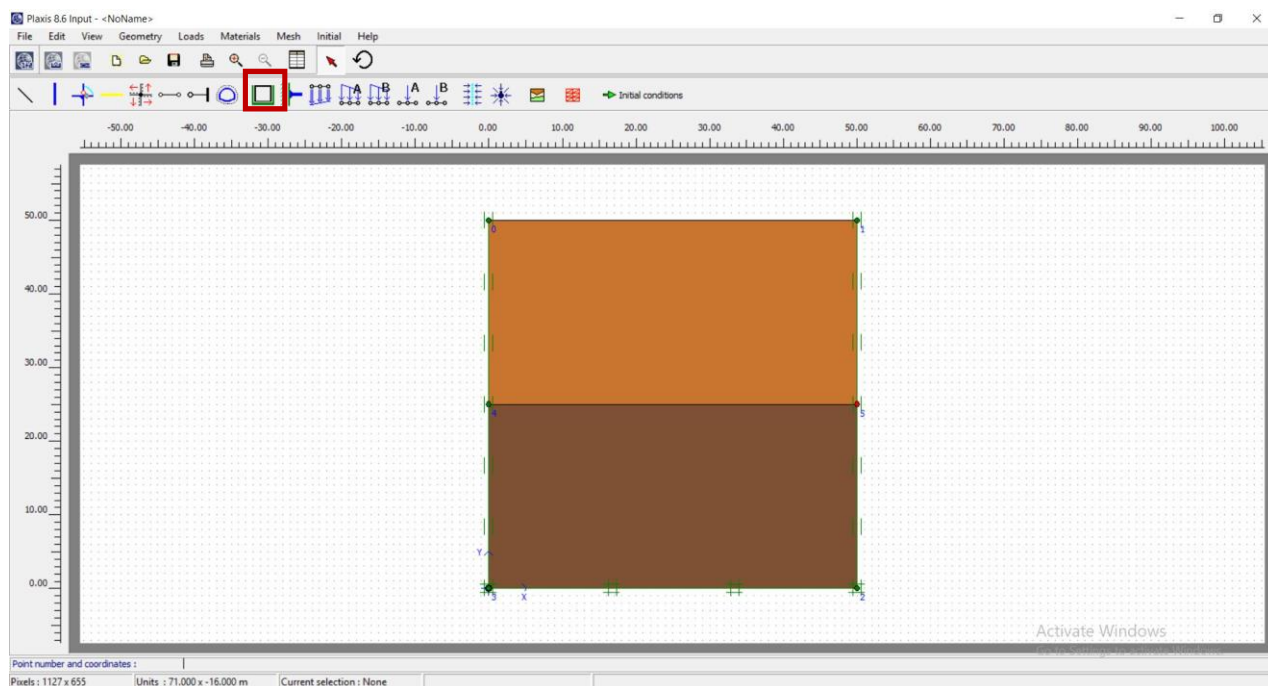
Selanjutnya input material tanah dengan mengambil data dari parameter tanah yang digunakan di proyek terowongan tol cisumdawu.



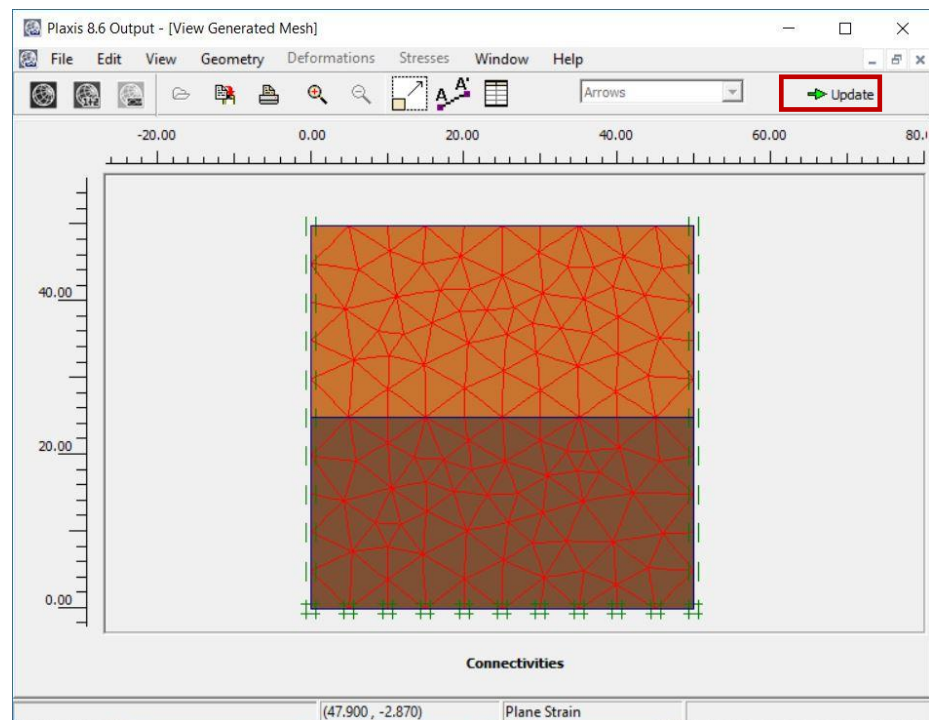
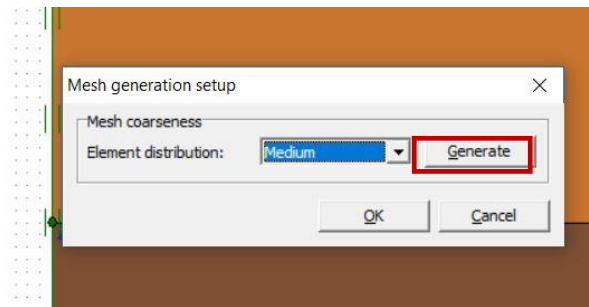
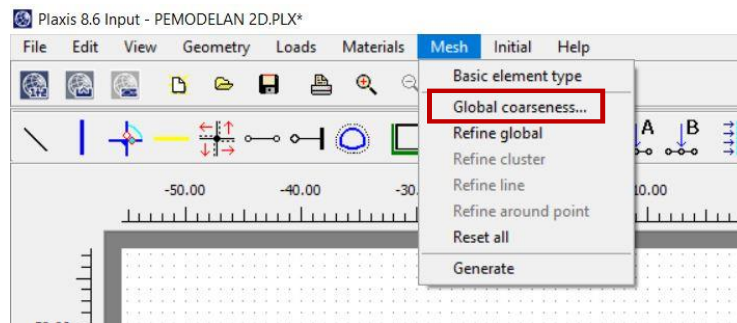
Langkah selanjutnya *Drag* Material tanah yang sudah di input ke lapisan tanah pemodelan yang sebelumnya sudah dibuat.



Kemudian klik perintah *Standard Fixities* guna bertujuan untuk membatasi gaya-gaya yang bekerja pada arah Sumbu X dan Sumbu Y yang terjadi seluas pemodelan.

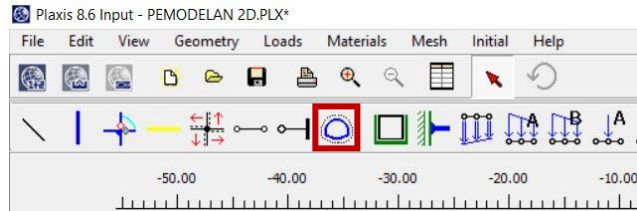


Mesh untuk mengatur pembentukan jaring – jaring elemen, pilih *Global coarseness* dengan *Element distribution*>*Medium* selanjutnya *Generate* dan *Update* ke dalam pemodelan 2D.

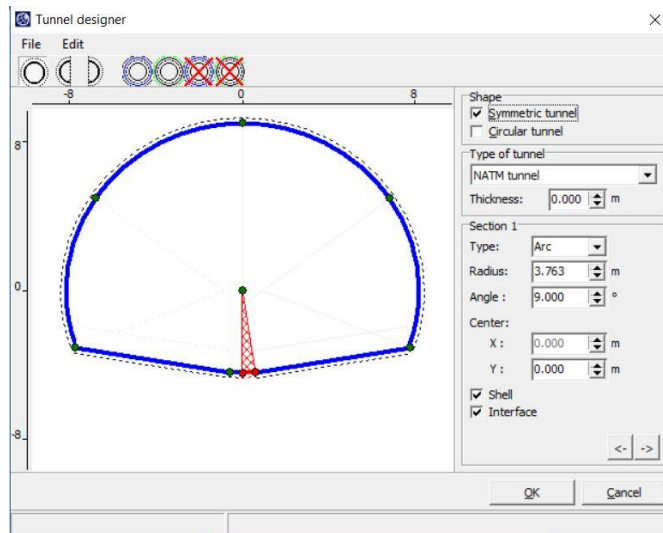


3. Tunnel

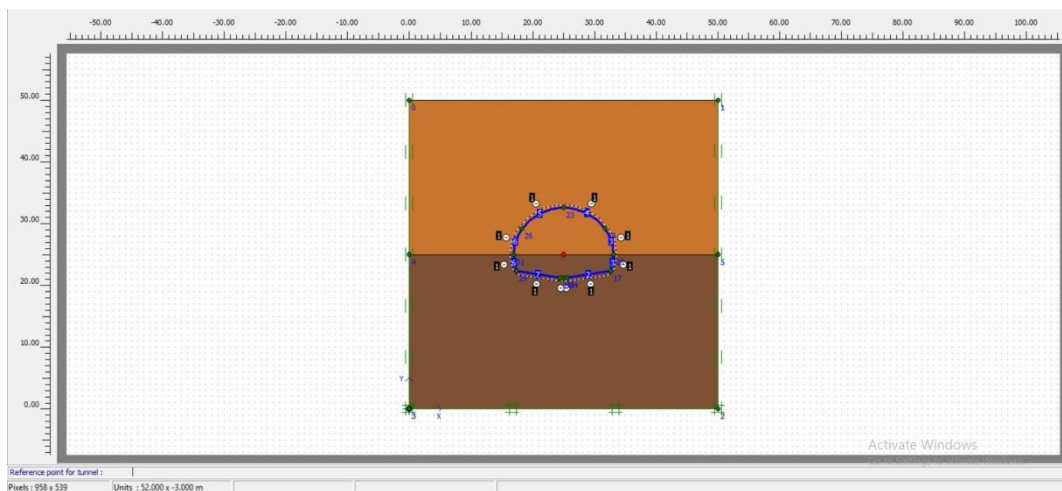
Klik tombol perintah *Tunnel* untuk memulai mendimensi terowongan.



Pemodelan Plaxis menggunakan metode NATM Tunnel dengan dimensi yang sudah disesuaikan dengan data proyek Terowongan Cisumdawu.

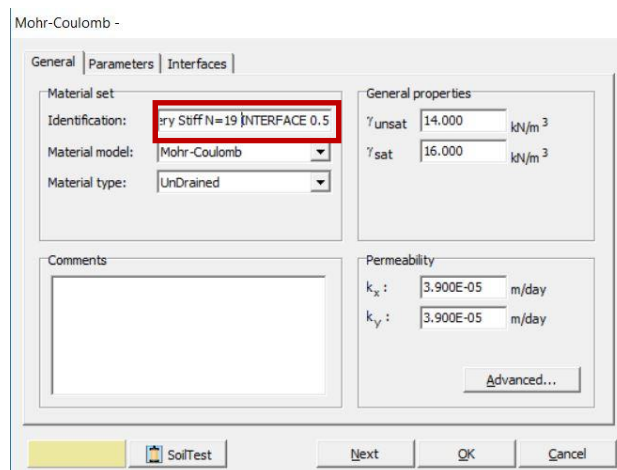
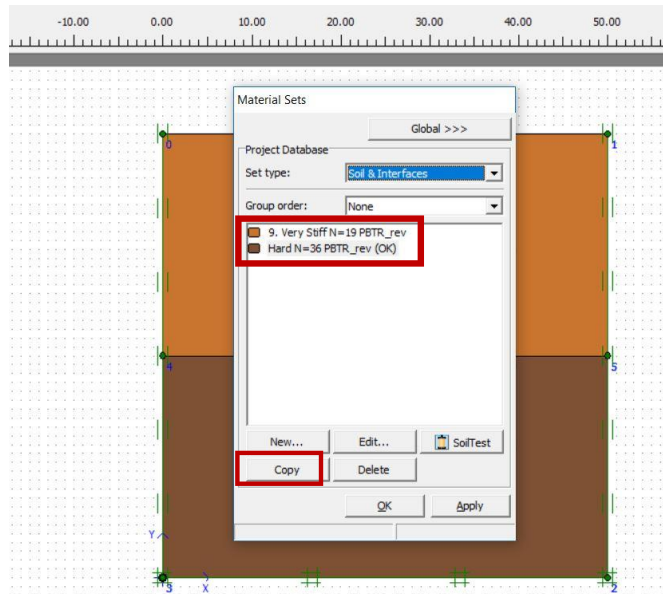


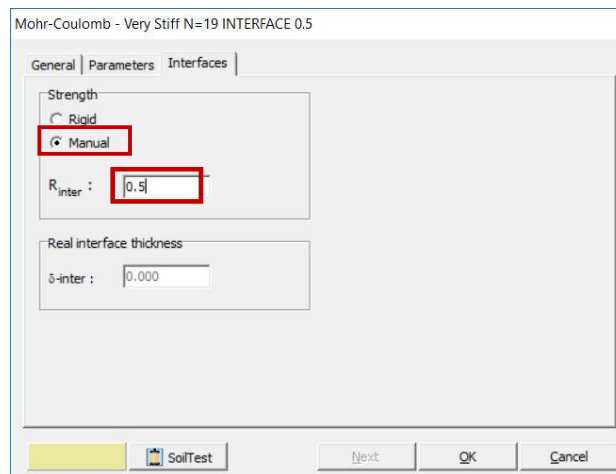
Tempatkan tunnel yang sudah didimensi ke tengah – tengah pemodelan tanah yang sudah dibuat.



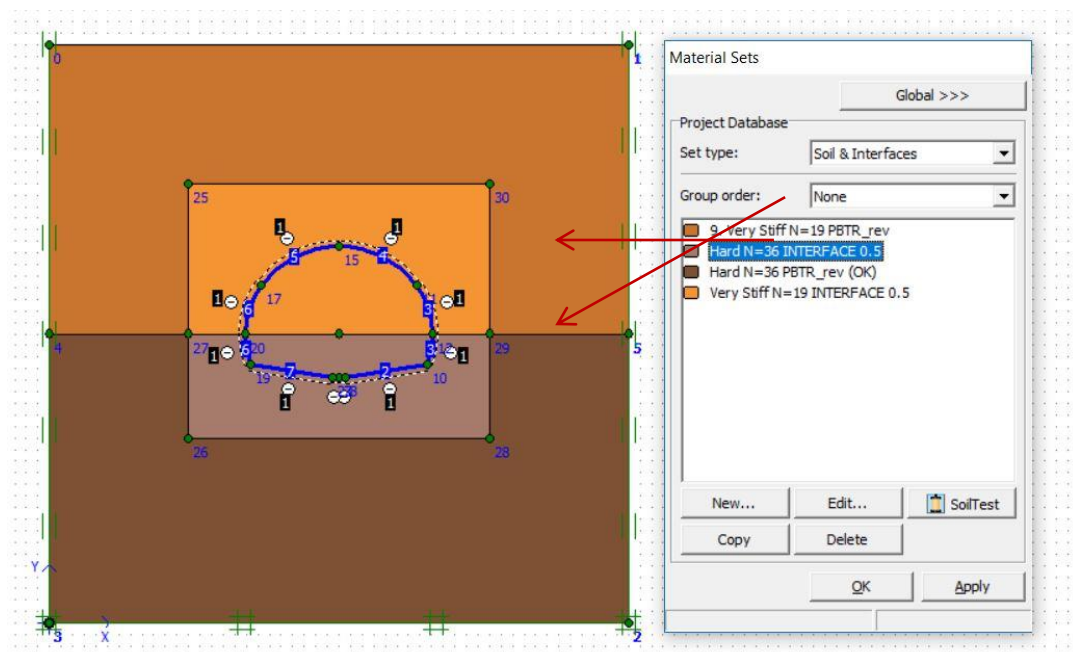
4. Memasukkan data lapisan tanah setelah penggalian *Tunnel*

Setelah tanah digali maka kerapatan tanah disekitar *tunnel* akan menurun sehingga material tanah sebelumnya di *copy* kemudian diubah dengan faktor reduksi antarmuka 0,5.



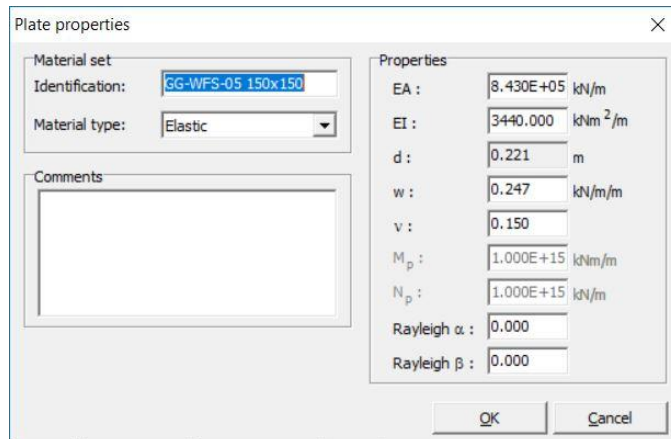


Selanjutnya memasukkan data tanah yang sudah dirubah menjadi *INTERFACE 0,5* ke lapisan tanah yang tereduksi akibat penggalian *tunnel*.

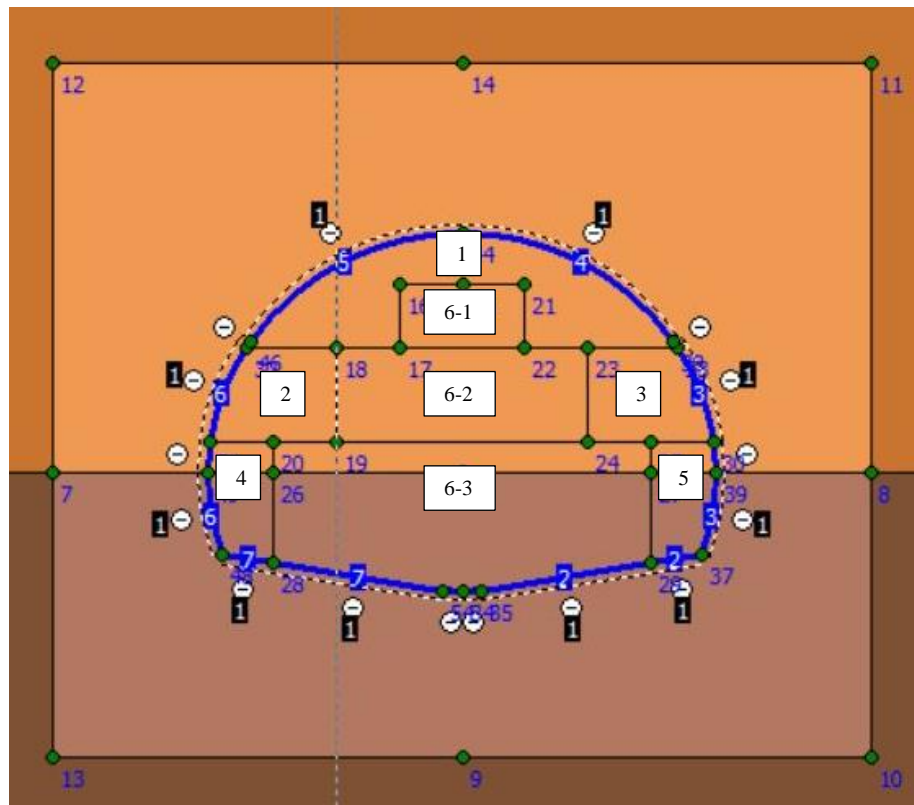


5. Menyusun material *plate properties* untuk *tunnel*

Terowongan Cisumdawu menggunakan besi baja IWF 150x150 Sehingga input *material plate properties* menggunakan parameter profil besi baja tersebut.

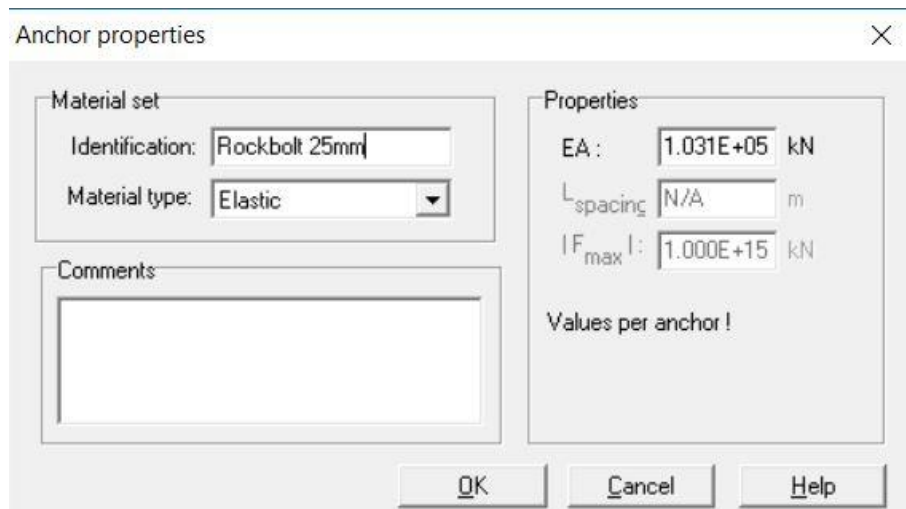


Input material *plate* ke *Tunnel* yang telah dibuat dan kemudian buat *geometry line* didalam *Tunnel* untuk proses penggalian dengan tahapan yang telah ditentukan dibawah ini.



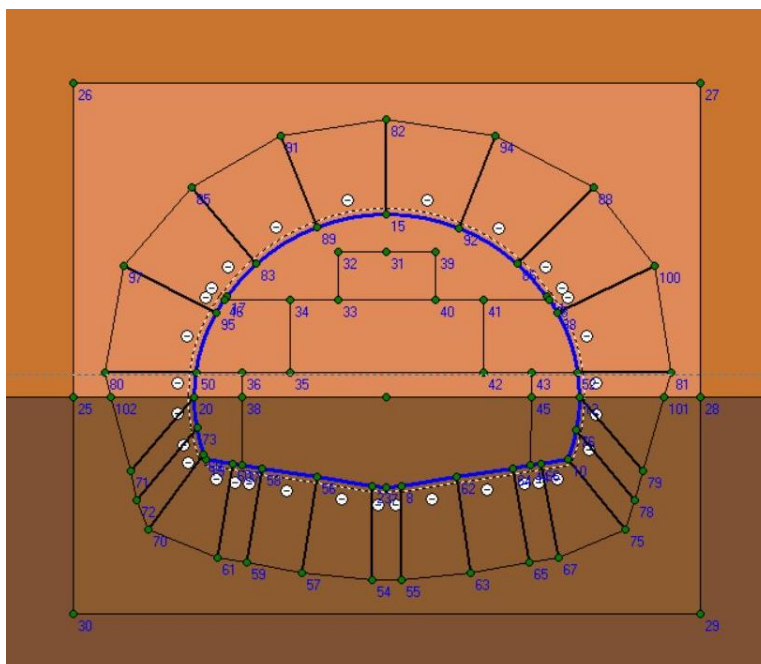
6. Menyusun material *Rockbolt 25 mm* untuk *Grouting*

Grouting dimaksudkan guna memperkuat dan meningkatkan daya dukung tanah di sekitar *Tunnel*. *Grouting* terowongan Cismudawu menggunakan *Rockbolt 25 mm*. sehingga didapatkan parameter berikut.

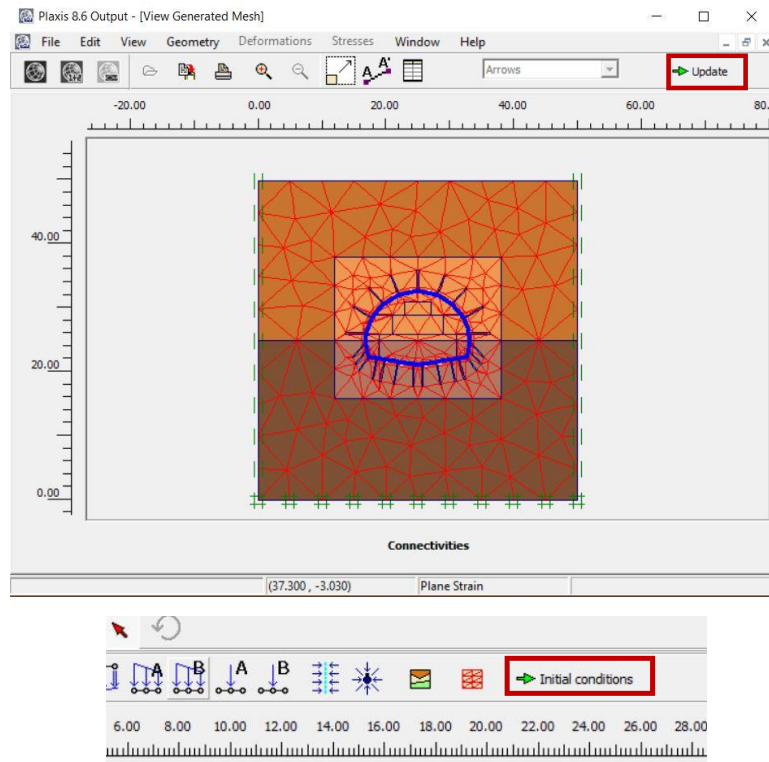


7. Membuat pemodelan *Grouting*

Pemodelan *grouting* menggunakan *anchor* dengan dimensi yang disesuaikan dengan data proyek.

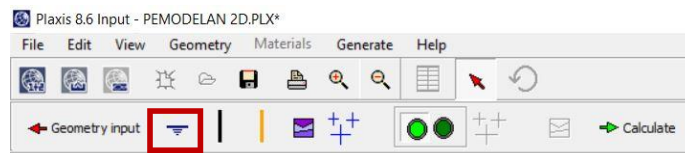


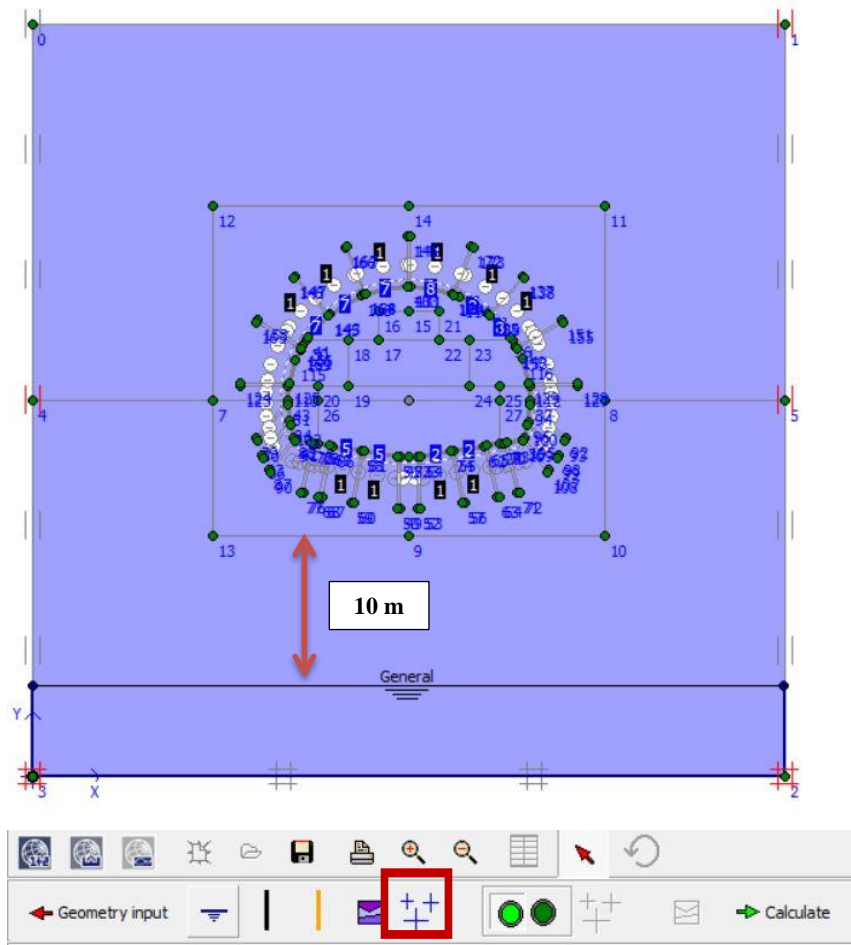
Setelah semua proses input selesai selanjutnya *Generate Mesh* sebagai tahapan awal untuk mengkalkulasi. *Generate Mesh>Update>Initial conditions*.



Selanjutnya memasukkan data muka air dengan klik perintah *phreatic level* tinggi 10 m dari tanah yang tereduksi.

Phreatic level>*Generate water pressure*>*Update*





Water pressure generation

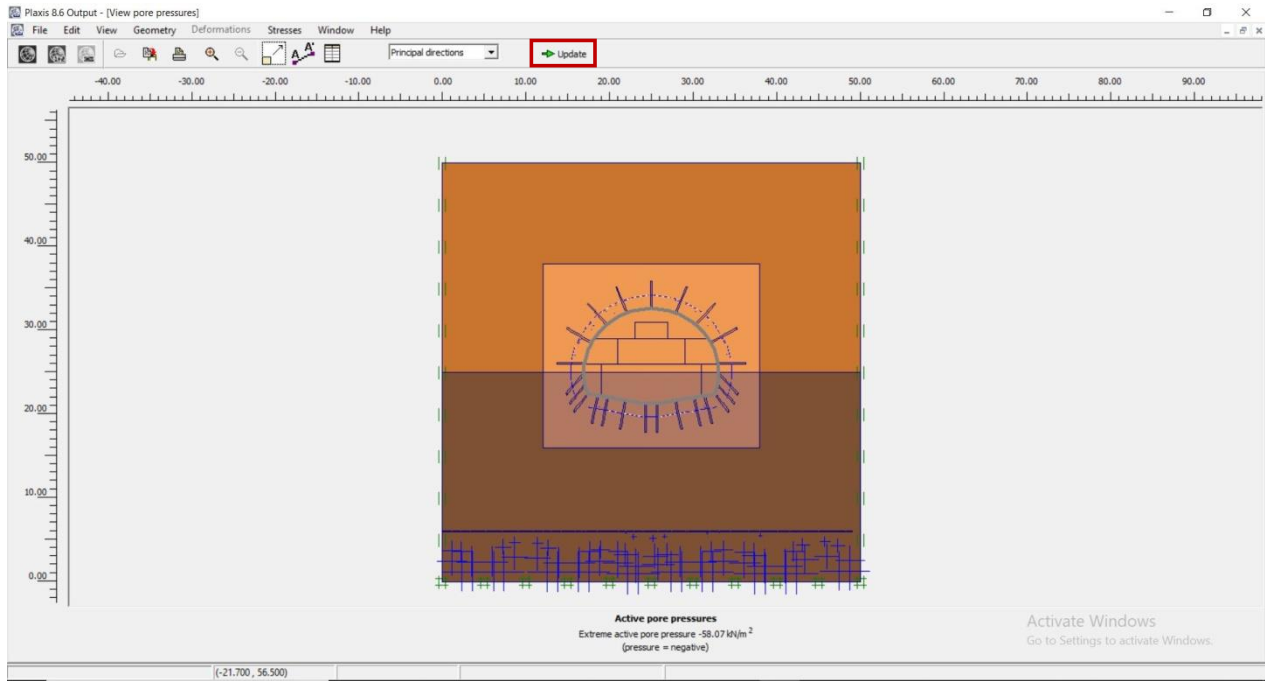
Generate by

- Phreatic level
- Groundwater calculation (steady state) [Change configuration...](#)

Groundwater calculation

- Standard settings
- Manual settings [Define...](#)

[OK](#) [Cancel](#)



Generate Initial Stresses>Update>Calculate

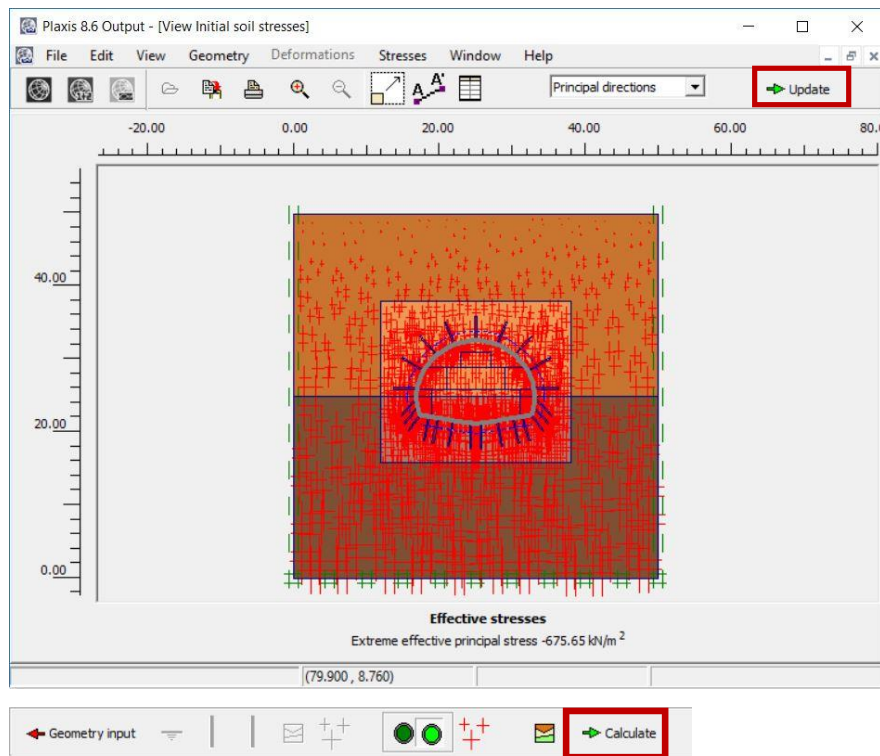


K0-procedure

ΣM -weight : 1.000

Cluster	Material	OCR	POP	K0
1	MC	N/A	N/A	0.500
2	MC	N/A	N/A	0.577
3	MC	N/A	N/A	0.500
4	MC	N/A	N/A	0.500
5	MC	N/A	N/A	0.500

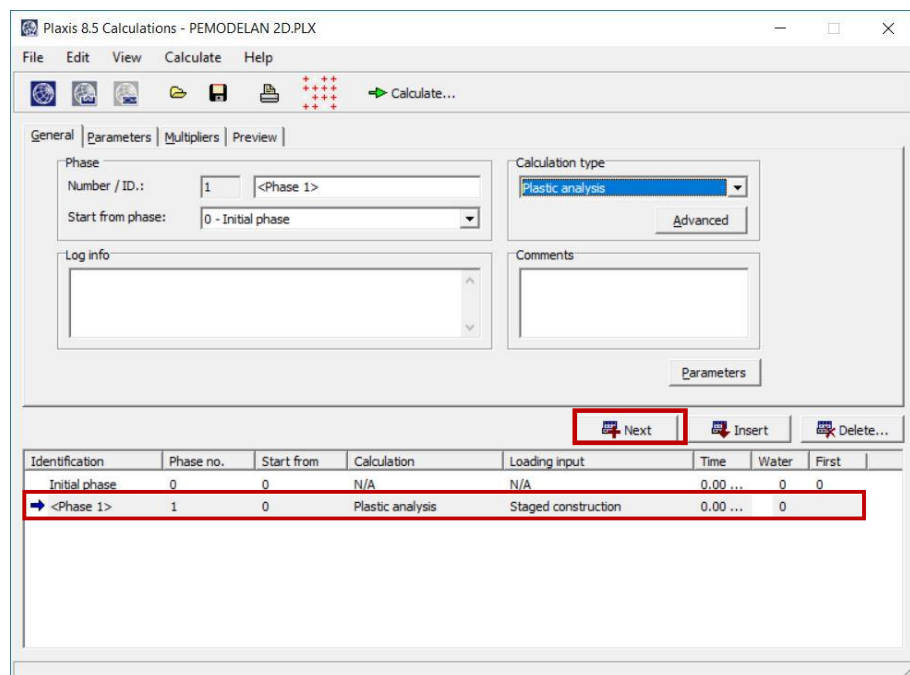
OK Cancel

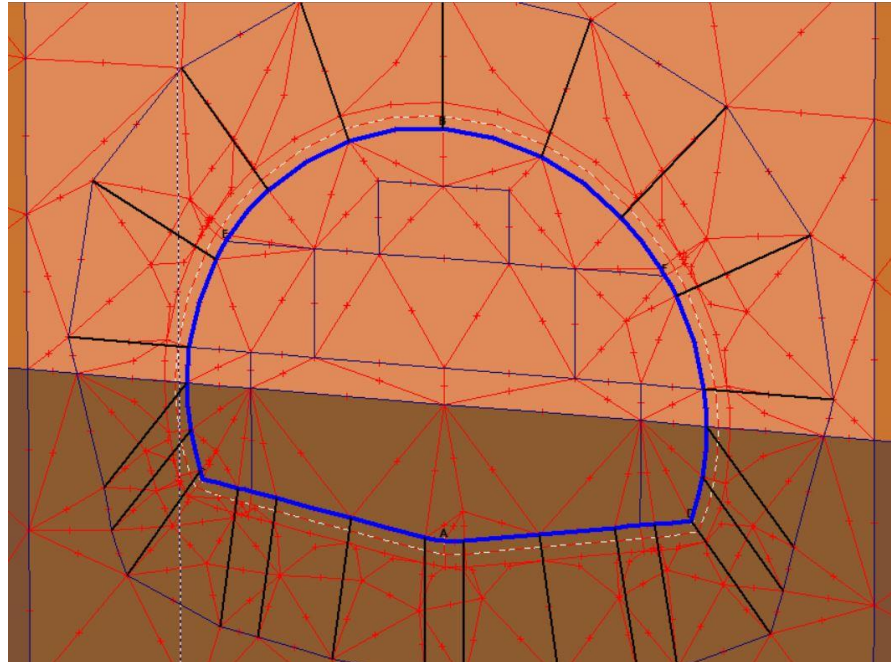
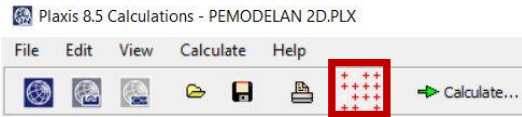


8. Calculations PLAXIS 2D

Tahapan final dari pemodelan 2D terowongan cismudawu adalah kalkulasi dari setiap tahapan penggalian *Tunnel* dari mulai *Phase 1* sampai *Phase 6-3*.

Next>Select Points>Parameter (Time interval 1 day)>Define





Plaxis 8.5 Calculations - PEMODELAN 2D.PLX

File Edit View Calculate Help

Control parameters

Additional Steps: 250

Reset displacements to zero
 Ignore undrained behaviour
 Delete intermediate steps

Iterative procedure

Standard setting
 Manual setting

Loading input

Staged construction
 Total multipliers
 Incremental multipliers

Time interval: 1.0000 day

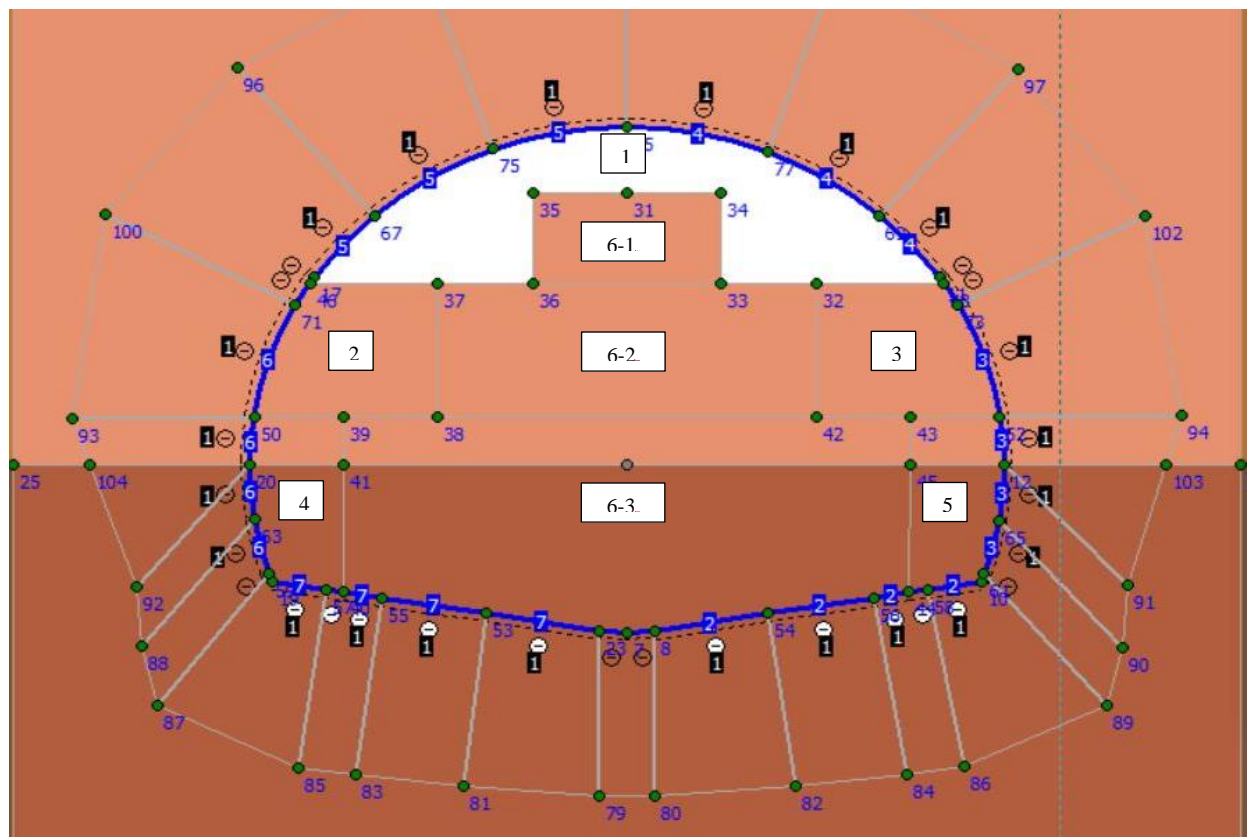
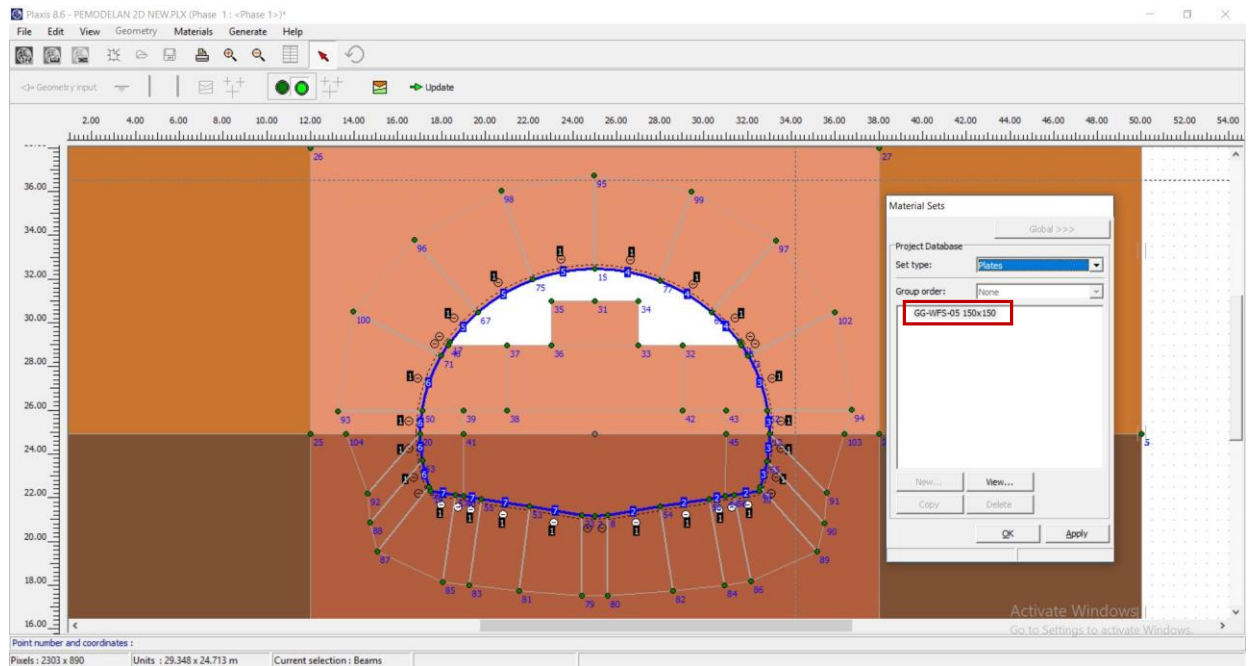
Estimated end time: 0.0000 day

Advanced... Define... GW Flow...

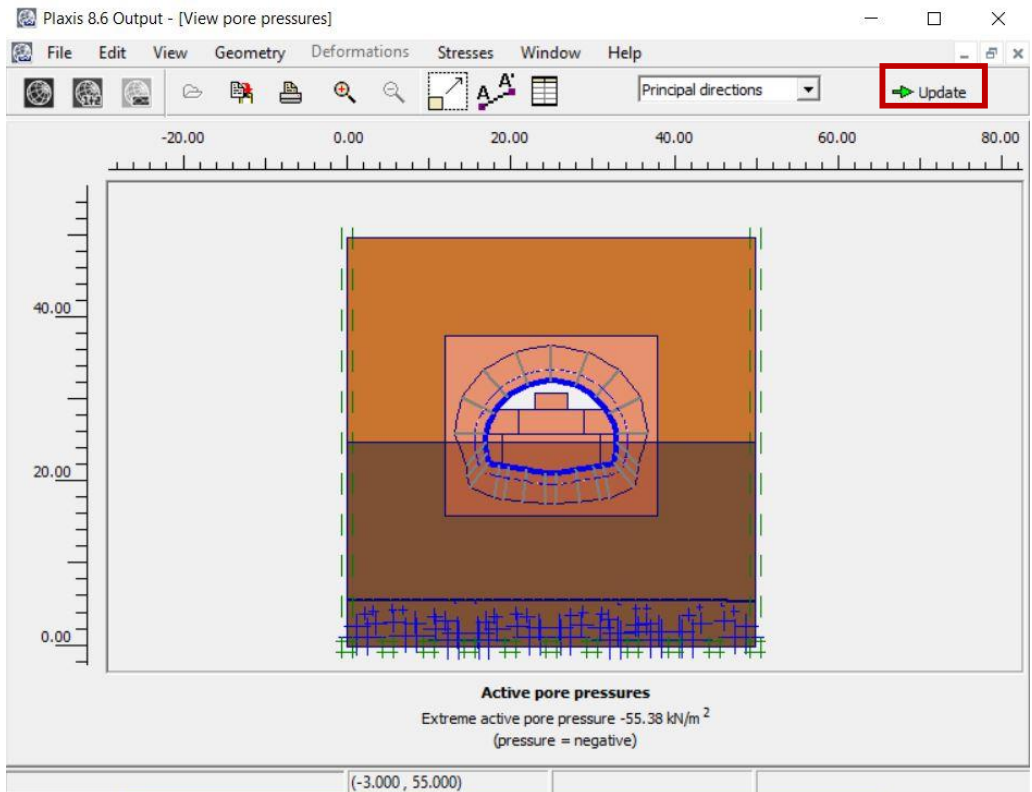
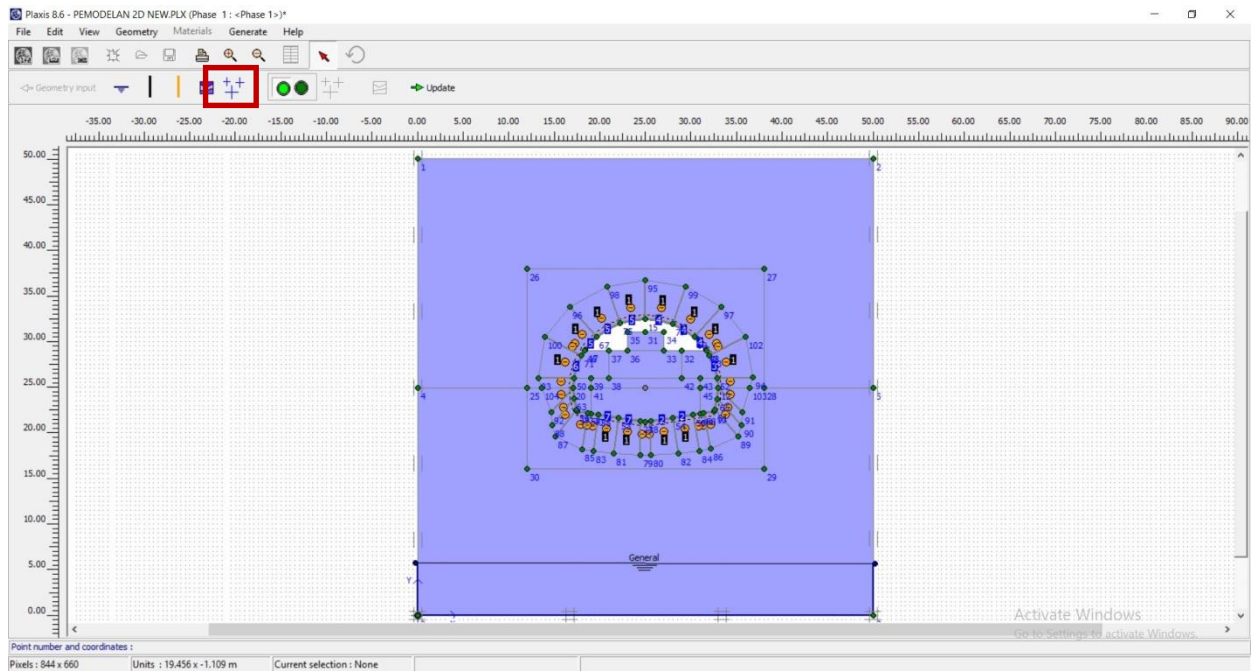
Next Insert Delete...

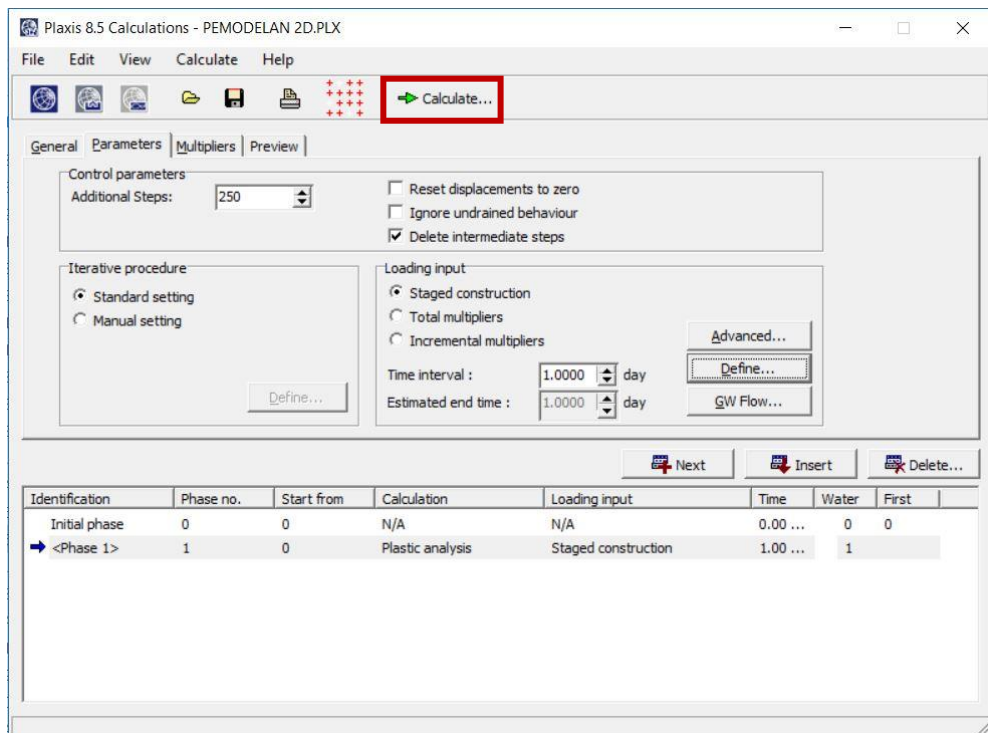
Identification	Phase no.	Start from	Calculation	Loading input	Time	Water	First
Initial phase	0	0	N/A	N/A	0.00 ...	0	0
→ <Phase 1>	1	0	Plastic analysis	Staged construction	0.00 ...	0	

Setelah masuk ke tampilan *Define*, Pastikan material Tunnel menggunakan Plate IWF 150x150 yang sudah dibuat untuk selanjutnya penggalian bertahap mulai dilakukan mulai dari menggali *Phase 1*.

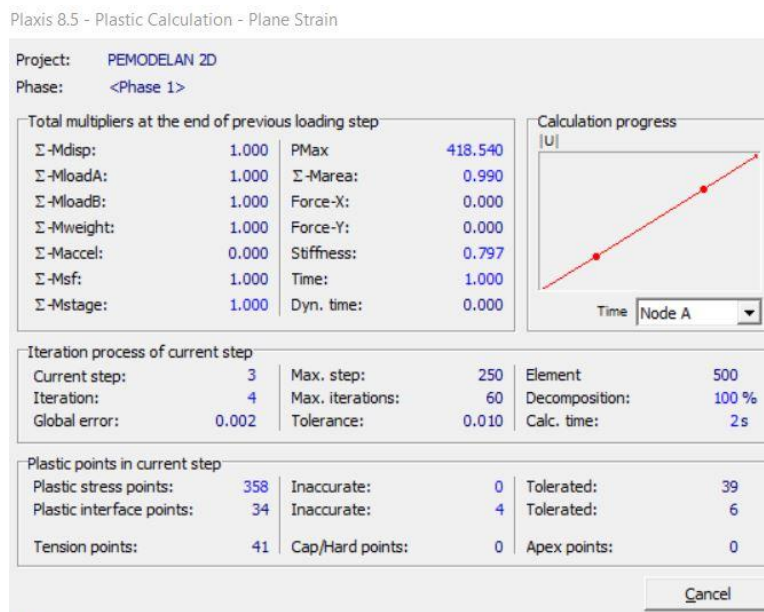


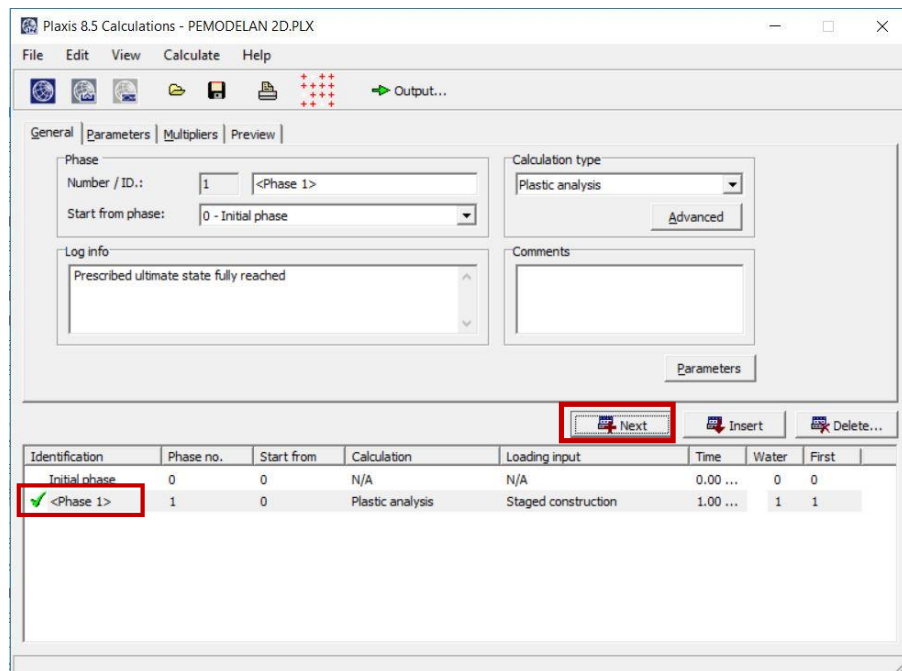
Generate water pressure>Update>Calculate





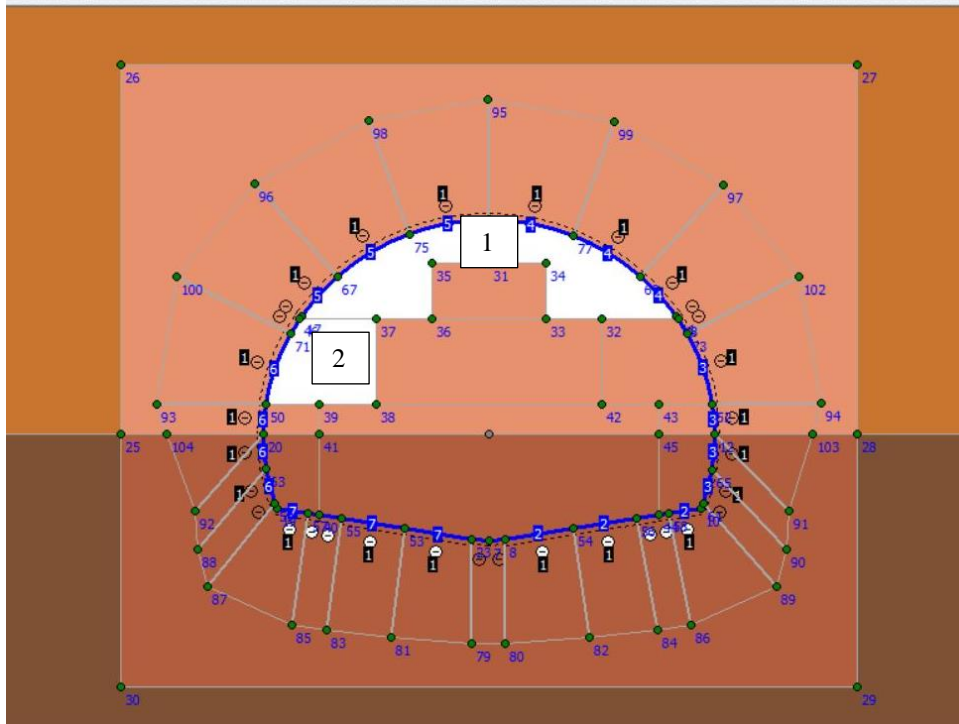
Setelah mengklik tombol *Calculate* maka program akan me running hasil kalkulasi dan apabila sudah muncul tanda centang di *Calculations program* maka bisa dinyatakan aman dan tidak terjadi *Collapse*.



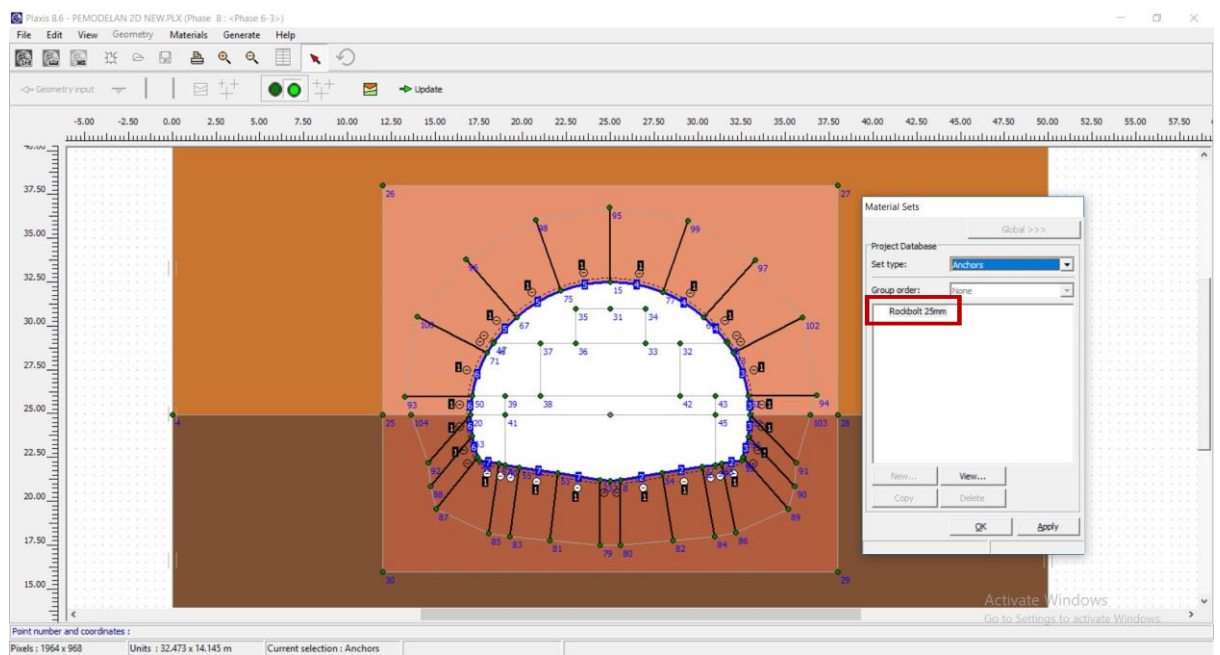


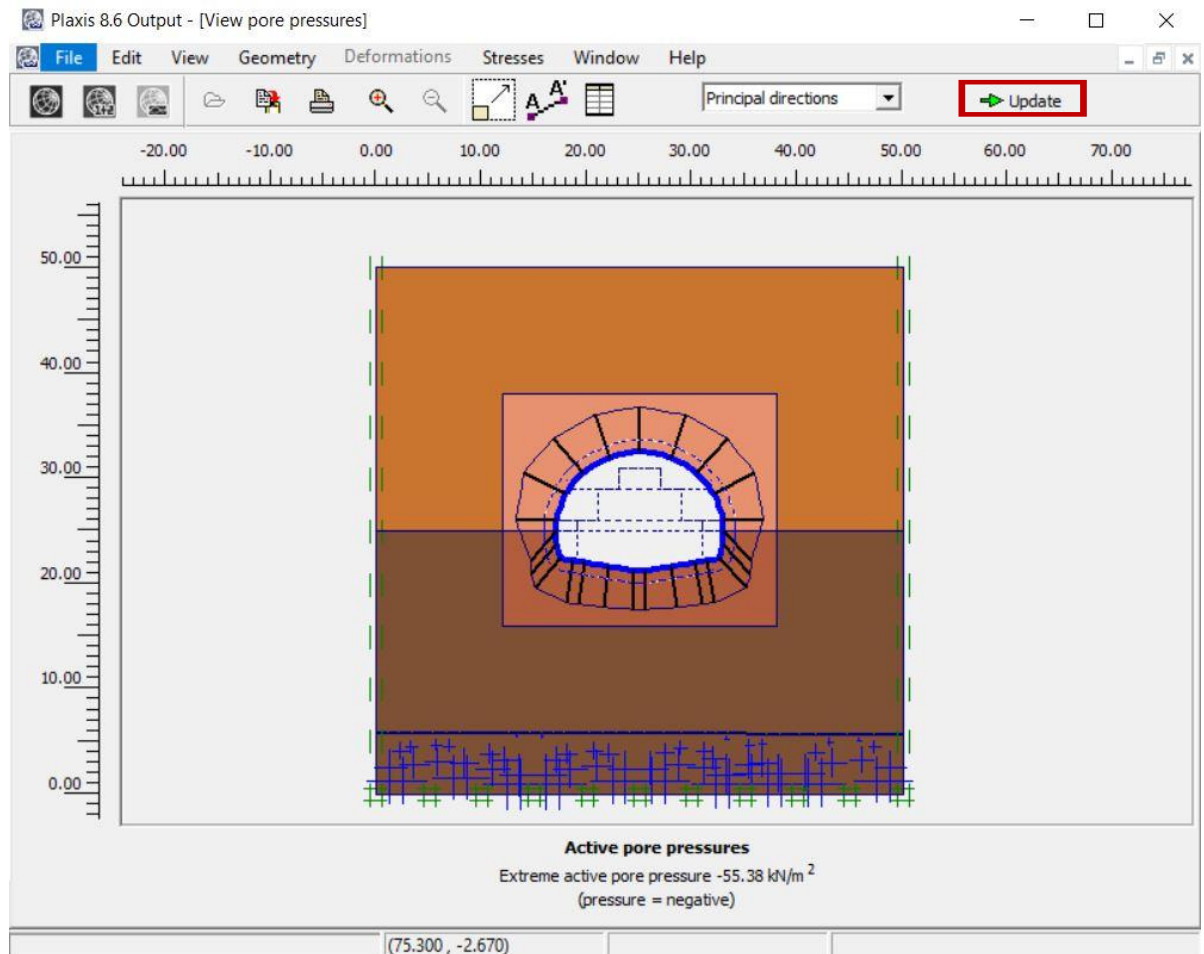
Klik *Next* untuk membuat *Phase 2*, tahapan pada *Phase 2* tidak jauh berbeda dengan tahapan sebelumnya yakni *Next>Select Points>Parameter (Time interval 1 day)>Define*.

Saat masuk di menu *Define* tanah yang digali adalah tanah pada *phase* ke 2 kemudian *Generate water pressure>Update>Calculate*.



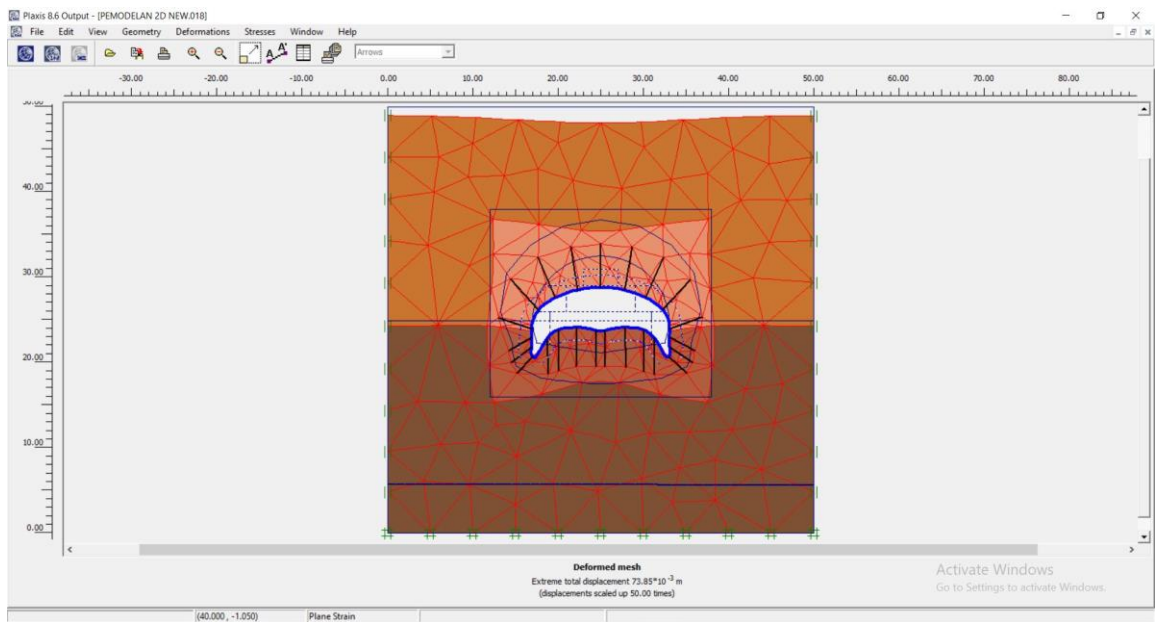
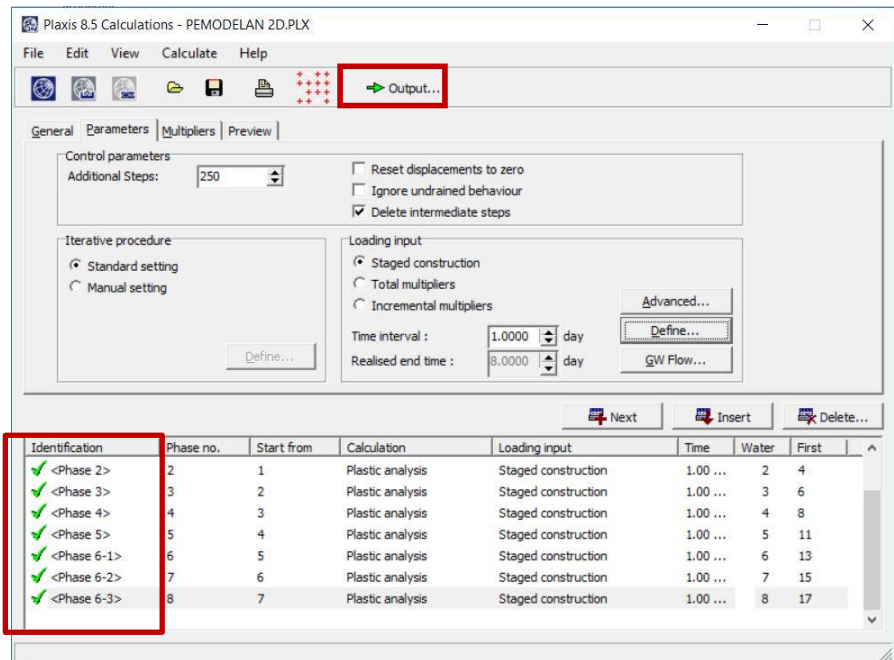
Setelah semua tahapan *Phase* selesai baru kemudian dilakukan grouting sebagai upaya meningkatkan daya dukung tanah yang menurun akibat dari penggalian. Input material *Rockbolt 25 mm* ke *grouting* pada gambar dan *Generate water pressure* untuk selanjutnya di *update* ke *Calculation*.



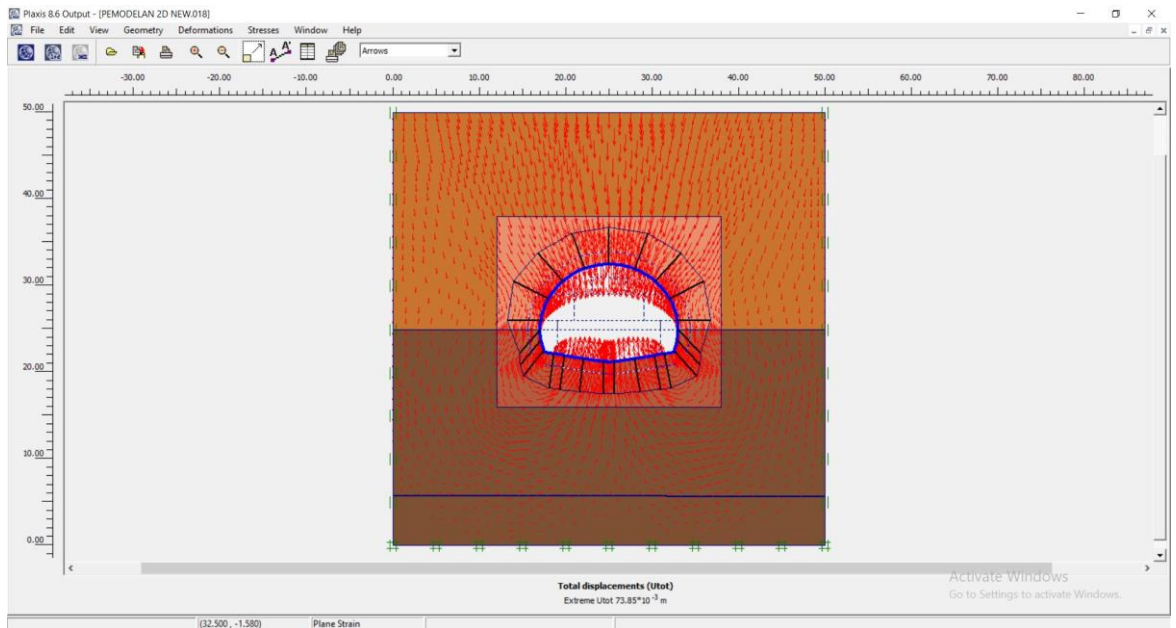


9. Output Plaxis 2D

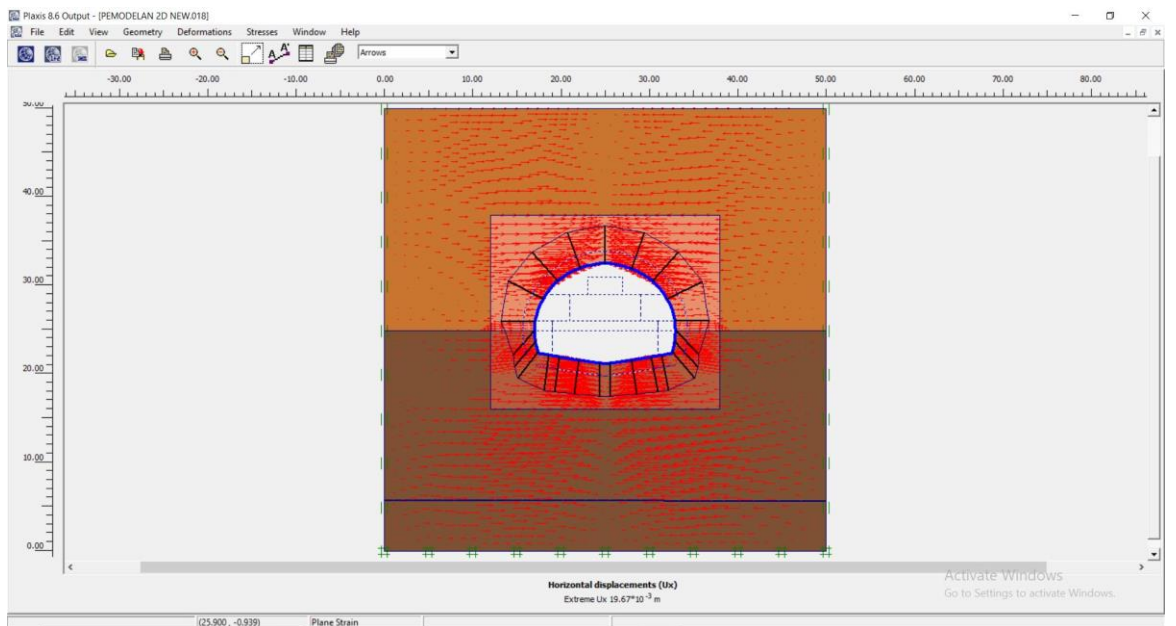
Hasil output dari pemodelan 2D Terowongan cisumdawu didapatkan data *Deformed Mesh*, *Total Displacement*, *Horizontal Displacement (U_x)*, *Vertical Displacement (U_y)*, *Excess pore pressures*, *Effective stresses*, *Total stresses*, serta *Kurva displacement*.



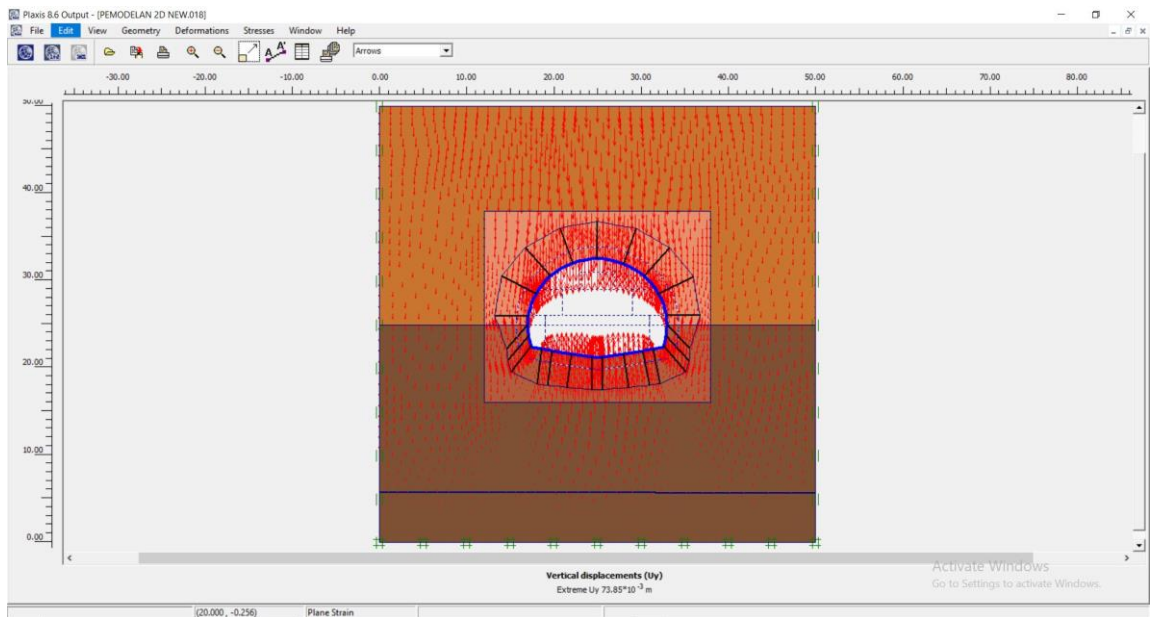
Deformed Mesh sebesar $73,85 \times 10^{-3}$ m



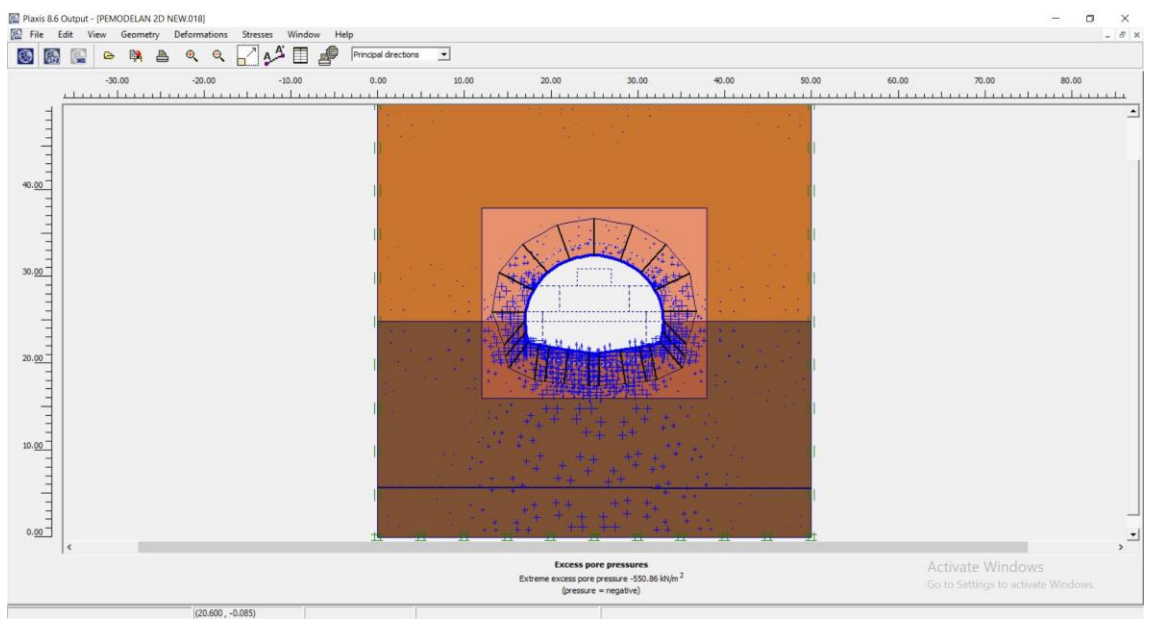
Total Displacement sebesar $73,85 \times 10^{-3}$ m



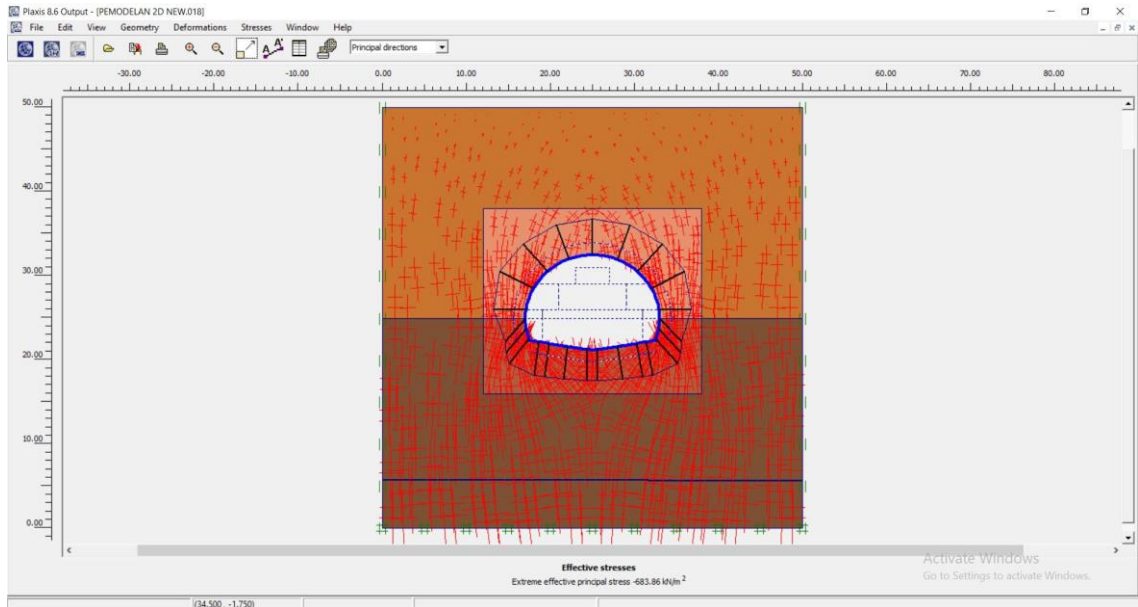
Horizontal Displacement sebesar $19,67 \times 10^{-3}$ m



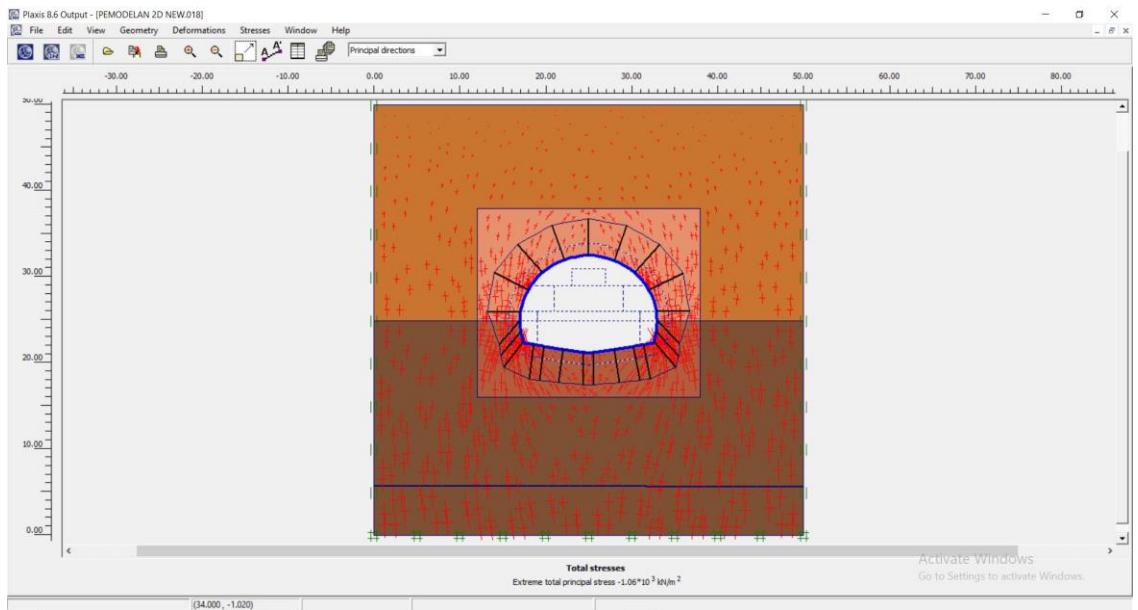
Vertical Displacement sebesar $73,85 \times 10^{-3}$ m



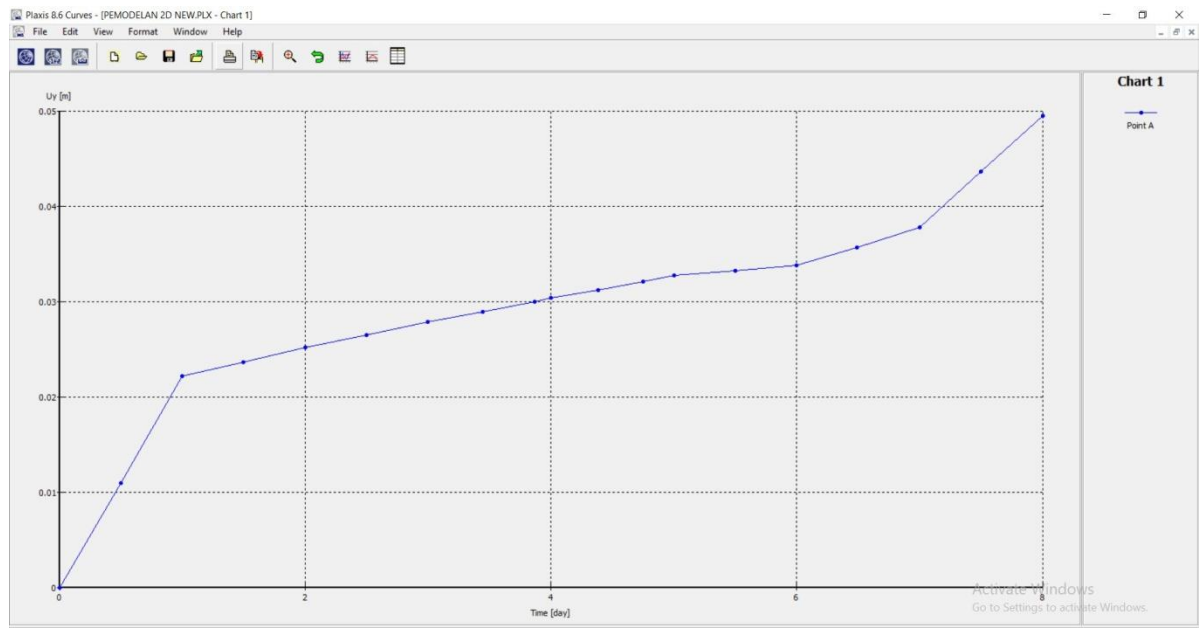
Excess pore pressures sebesar $-550,86 \text{ KN/m}^2$



Effective Stresses sebesar $-683,86 \text{ KN/m}^2$



Total Stresses sebesar $-1,06 \times 10^3 \text{ KN/m}^2$



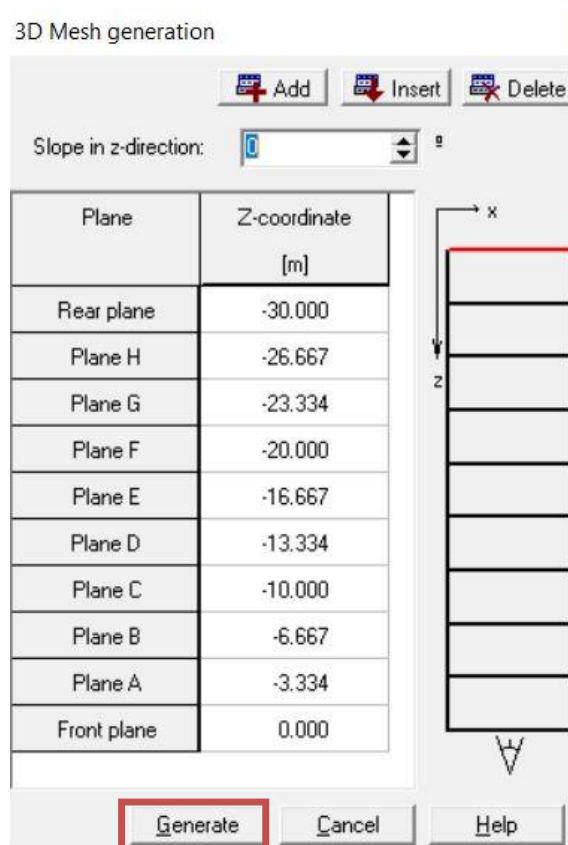
Tabel Kurva *Displacement*

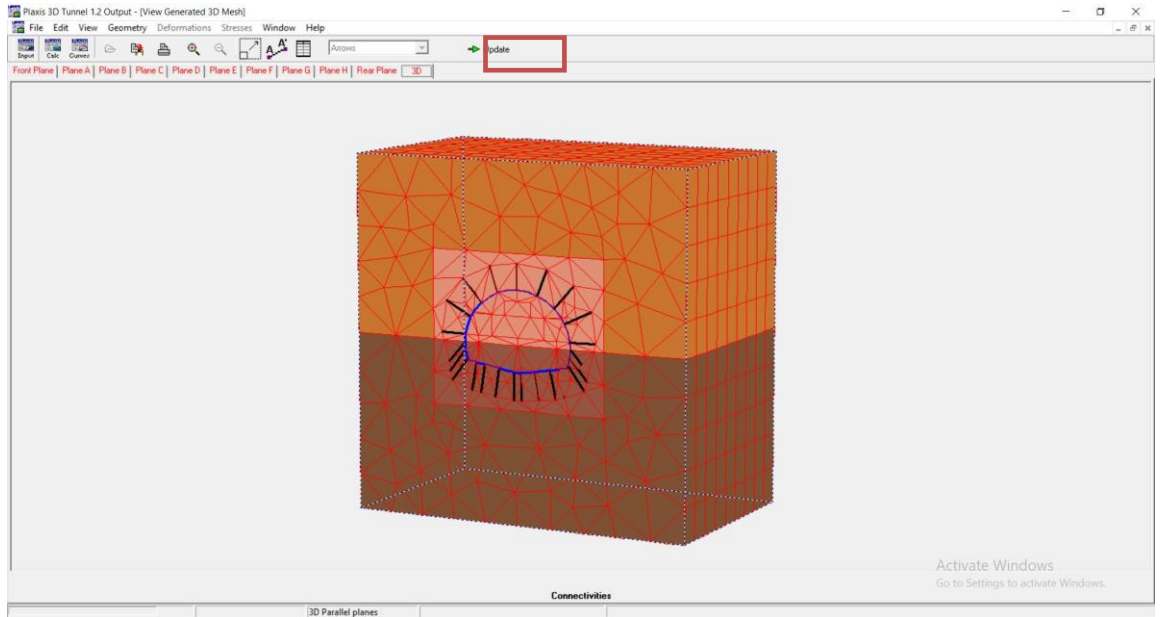
Staging	Time (day)	Displacement (Uy)	Point
		(m)	
Phase 1	1	0,022	3
Phase 2	2	0,025	6
Phase 3	3	0,028	9
Phase 4	4	0,030	13
Phase 5	5	0,033	17
Phase 6-1	6	0,034	20
Phase 6-2	7	0,038	23
Phase 6-3	8	0,049	26

❖ PEMODELAN PLAXIS 3D TUNNEL

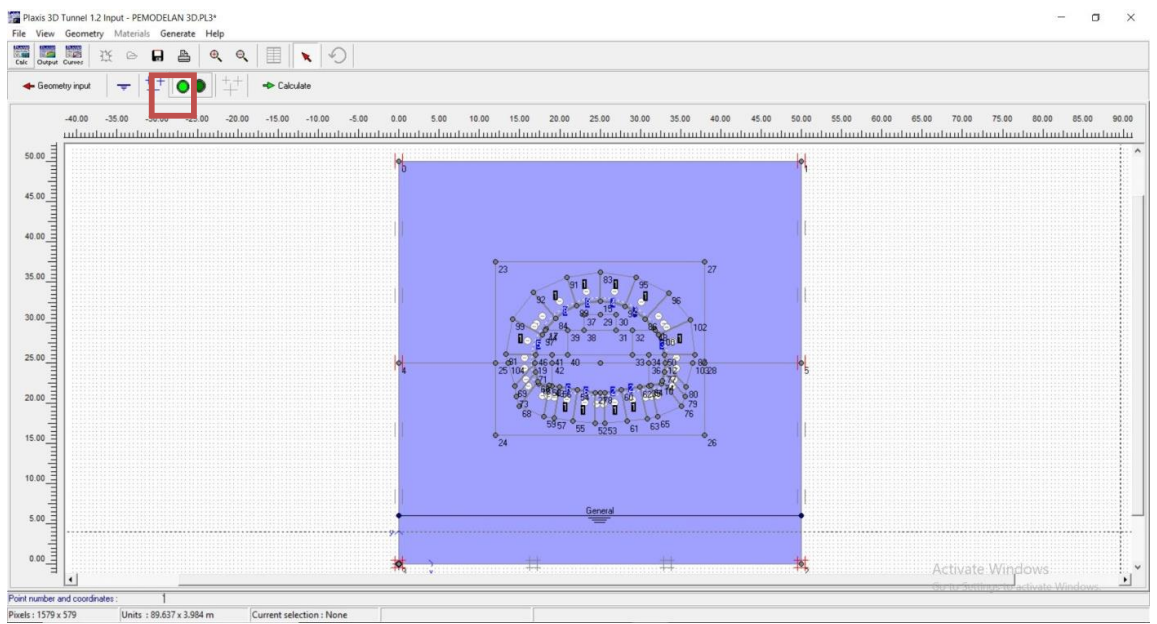
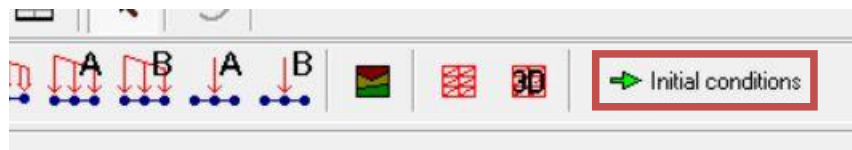
Pada dasarnya Plaxis 2D dan Plaxis 3D memakai input yang sama jadi langkah – langkah pemodelan 2D diulangi di program ini. Setelah input dibuat selanjutnya membuat pemodelan 3D dengan diawali dengan *Generate 3D Mesh* kemudian ditentukan kedalaman *Tunnel* yang akan di modelkan. Pemodelan ini memiliki panjang 30 m dengan 9 jumlah *Staging/ Slice*.

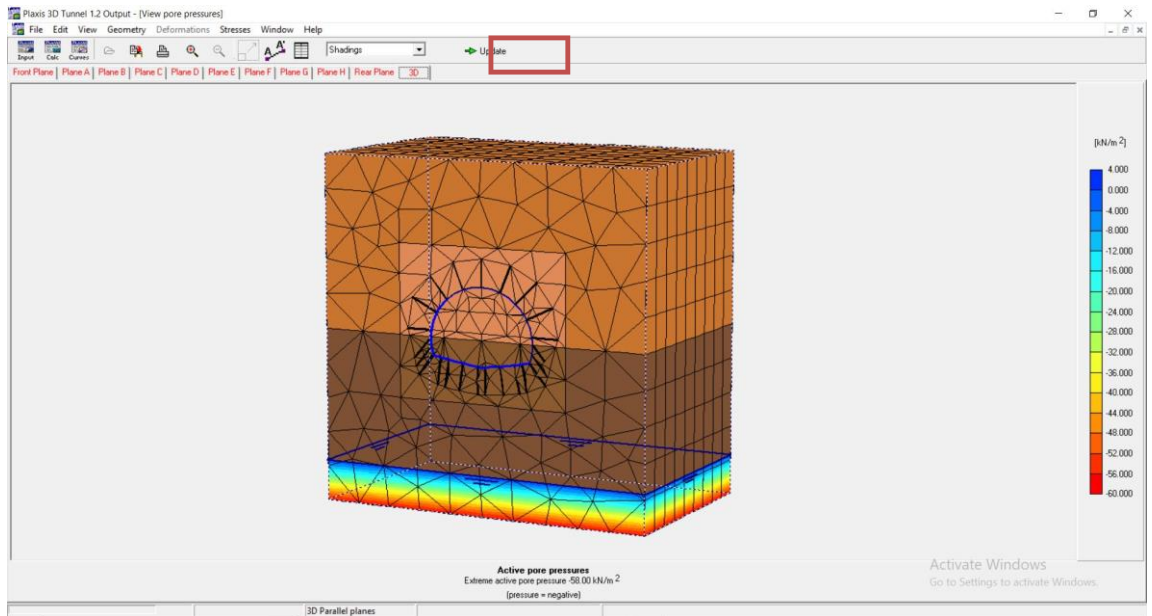
1. Atur 3D Mesh generation dan Initial Conditions



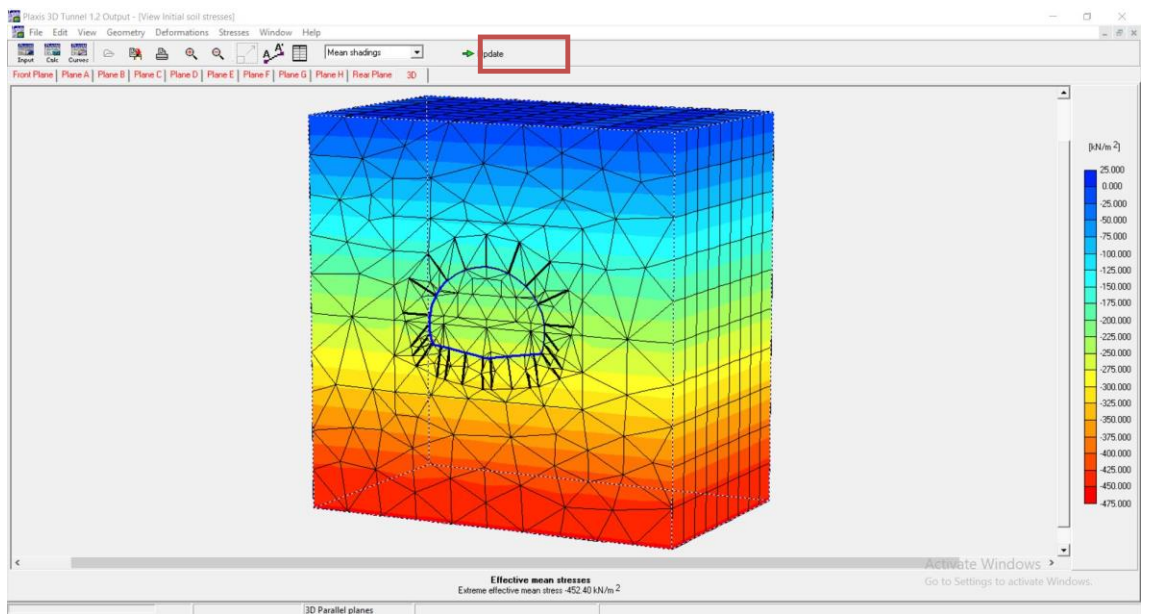


Selanjutnya klik *Initial Conditions*>*Generate water pressures*>*Update* untuk memasukkan ke Pemodelan 3D.





Klik *Generate initial stresses*>*Update*>*Calculate*

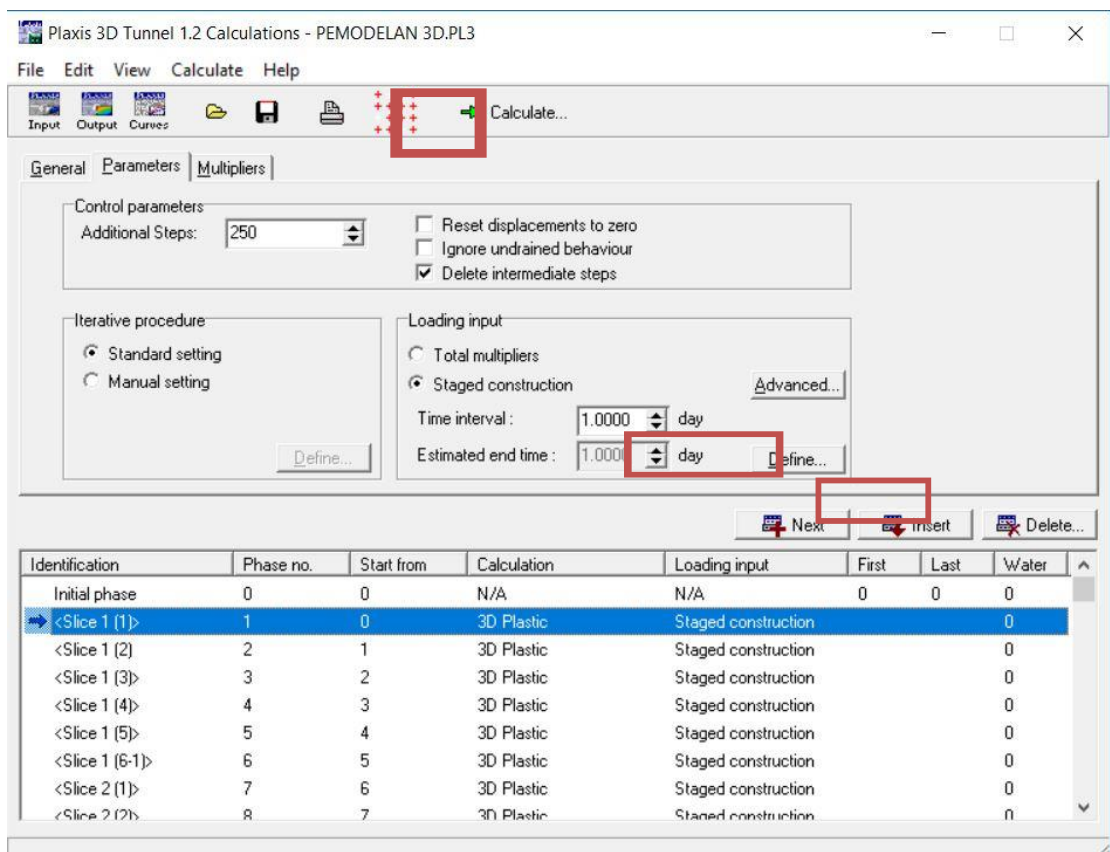


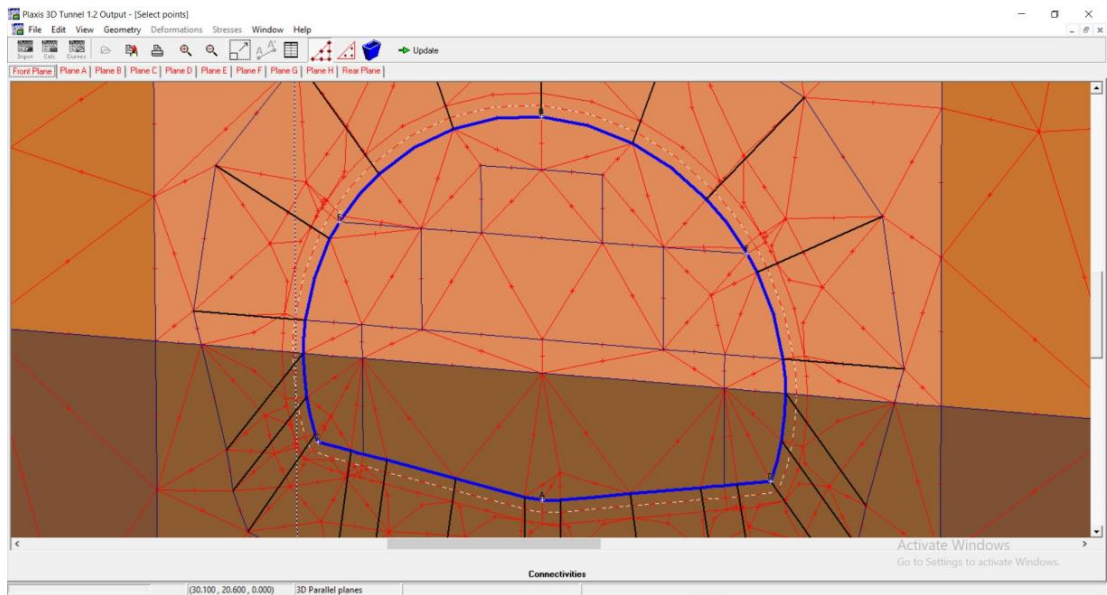
2. Calculations Plaxis 3D Tunnel

Yang membedakan antara Plaxis 2D dan Plaxis 3D Tunnel adalah tahapan penggalian dimana plaxis 2D hanya bisa pemodelan terowongan dengan 1 *Staging/Slice* saja, sedangkan Plaxis 3D Tunnel bisa untuk pemodelan beberapa *staging* tergantung kedalaman yang akan dibuat.

Pemodelan 3D terowongan cismudawu menggunakan tahapan penggalian model Terasering untuk meminimalisir serta mencegah longsor dan keruntuhan akibat proses konstruksi sehingga penggaliannya dibuat bertingkat.

Pada *Calculations program* pertama memulai penggalian pada *Slice 1 Phase 1* dengan mengklik *Select point for curves>Update>Parameters (Time interval 1 day)>Define*



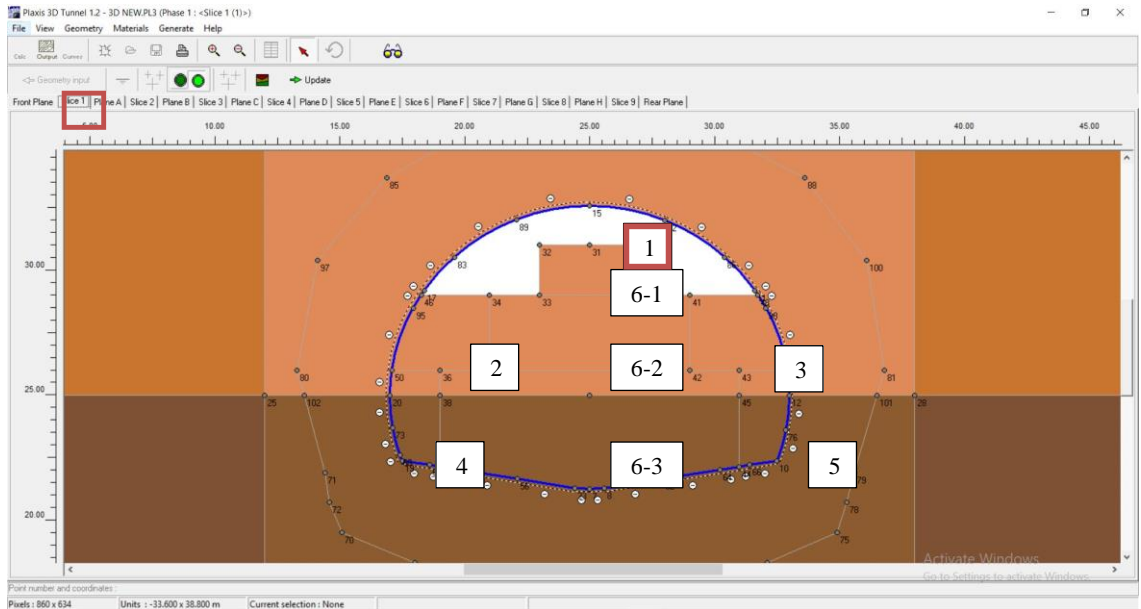


Adapun tahapan *staging* penggalian model terasering *Tunnel* sebagai berikut :

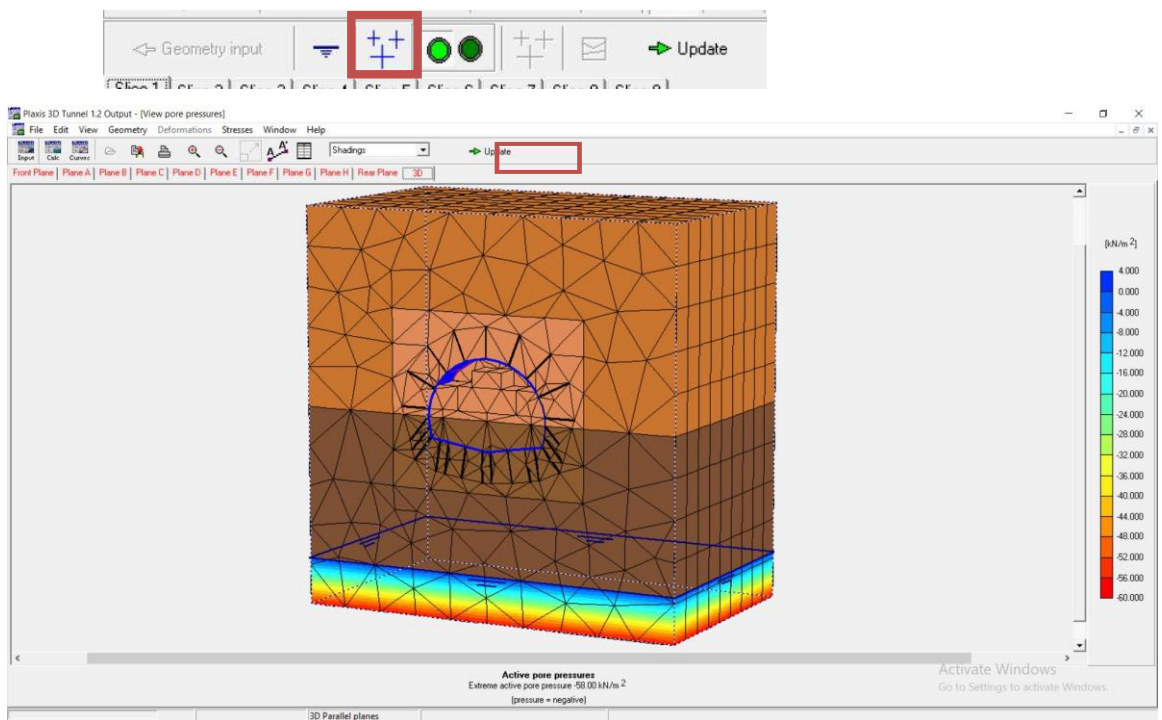
- *Slice 1 = Phase 1, Phase 2, Phase 3, Phase 4, Phase 5, Phase 6-1*
- *Slice 2 = Phase 1, Phase 2, Phase 3, Phase 4, Phase 5, Phase 6-1, Phase 6-2(Slice 1)*
- *Slice 3 = Phase 1, Phase 2, Phase 3, Phase 4, Phase 5, Phase 6-1, Phase 6-2(Slice 2), Phase 6-3 (Slice 1), Grouting Slice 1*
- *Slice 4 = Phase 1, Phase 2, Phase 3, Phase 4, Phase 5, Phase 6-1, Phase 6-2 (Slice 3), Phase 6-3 (Slice 2), Grouting Slice 2*
- *Slice 5 = Phase 1, Phase 2, Phase 3, Phase 4, Phase 5, Phase 6-1, Phase 6-2 (Slice 4), Phase 6-3 (Slice 3), Grouting Slice 3*
- *Slice 6 = Phase 1, Phase 2, Phase 3, Phase 4, Phase 5, Phase 6-1, Phase 6-2 (Slice 5), Phase 6-3 (Slice 4), Grouting Slice 4*
- *Slice 7 = Phase 1, Phase 2, Phase 3, Phase 4, Phase 5, Phase 6-1, Phase 6-2 (Slice 6), Phase 6-3 (Slice 5), Grouting Slice 5*
- *Slice 8 = Phase 1, Phase 2, Phase 3, Phase 4, Phase 5, Phase 6-1, Phase 6-2 (Slice 7), Phase 6-3 (Slice 6), Grouting Slice 6*
- *Slice 9 = Phase 1, Phase 2, Phase 3, Phase 4, Phase 5, Phase 6-1, Phase 6-2 (Slice 8), Phase 6-3 (Slice 7), Grouting Slice 7*

- Rear = Phase 6-2 (*Slice 9*), Phase 6-3 (*Slice 8*), Grouting Slice 8, Phase 6-3 (*Slice 9*) Grouting Slice 9

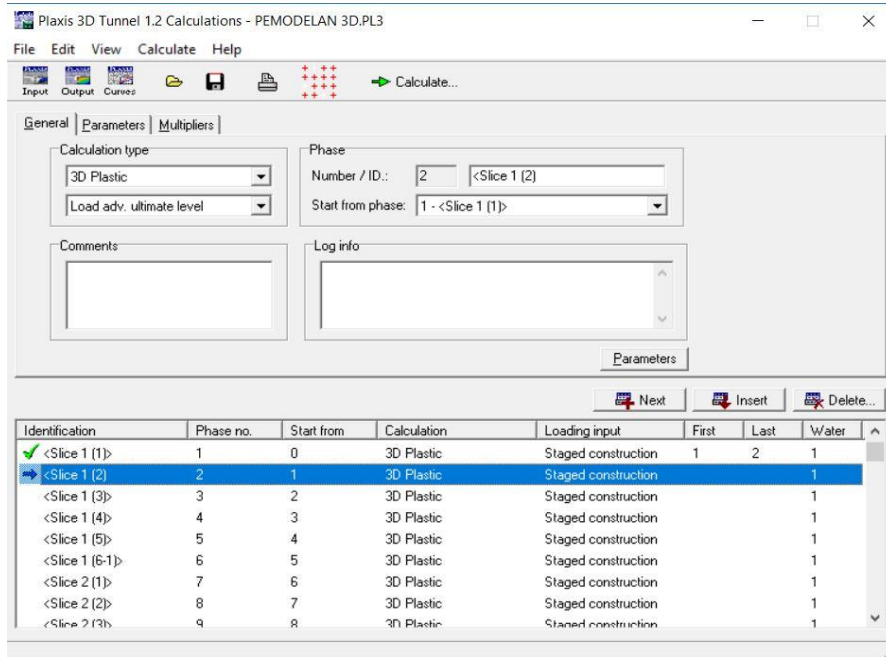
Pilih yang akan digali pada *slice 1* kemudian input material *plate* untuk Tunnel.



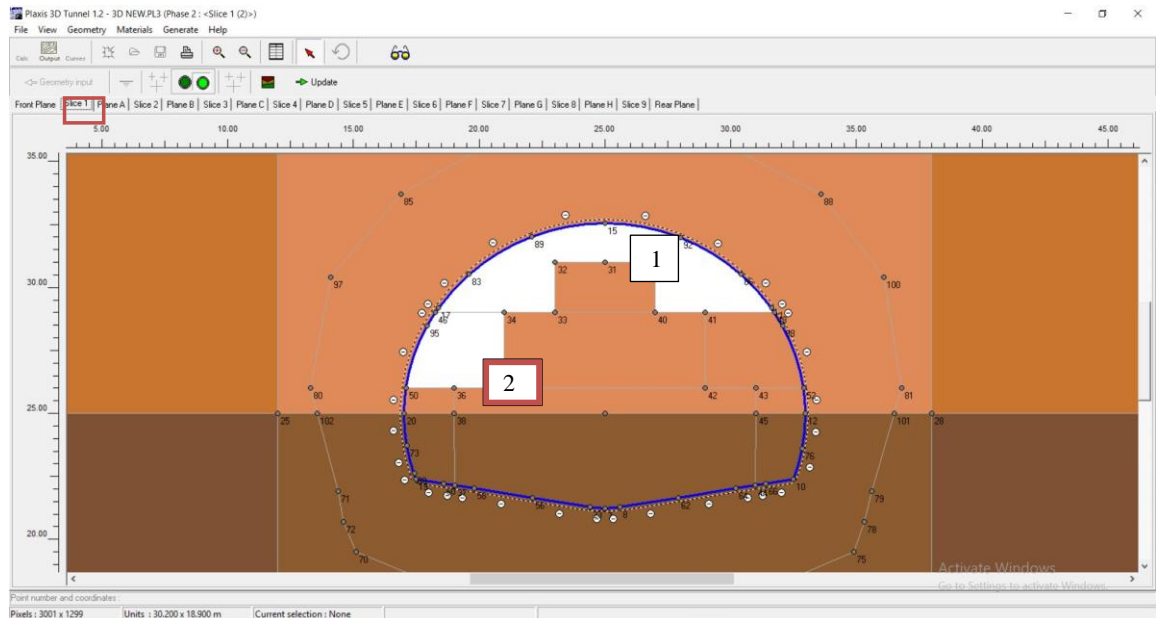
Generate water pressures>Update>Calculate

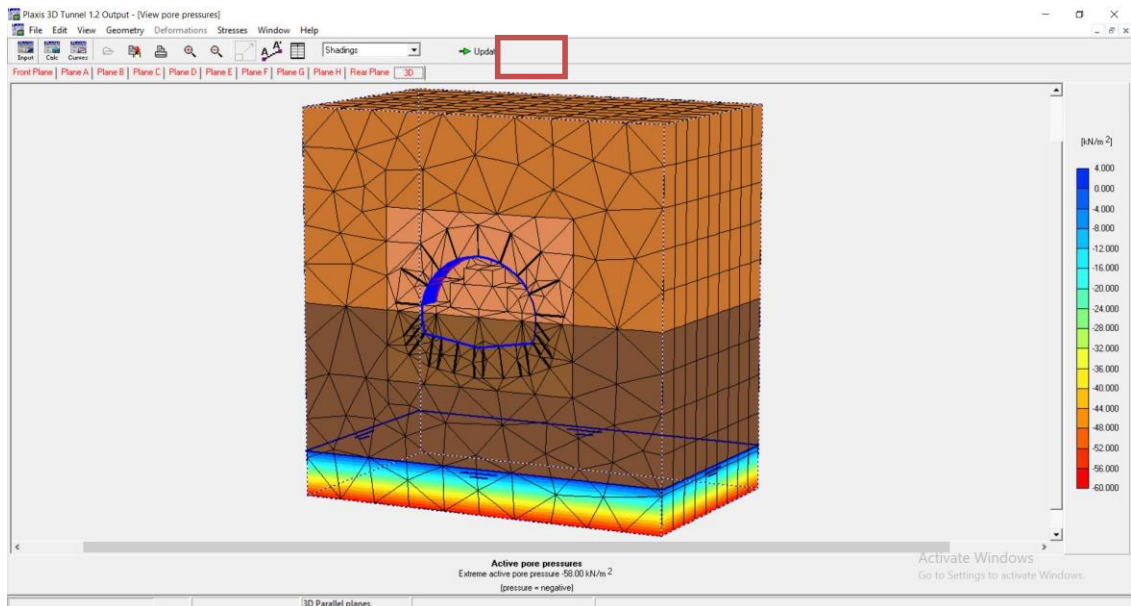


Setelah mengklik tombol *Calculate* maka program akan me running hasil kalkulasi dan apabila sudah muncul tanda centang di *Calculations program* maka bisa dinyatakan aman dan tidak terjadi *Collapse*.



Lanjutkan proses penggalian pada Slice 1 Phase 2 dengan tahapan dan cara-cara seperti sebelumnya.

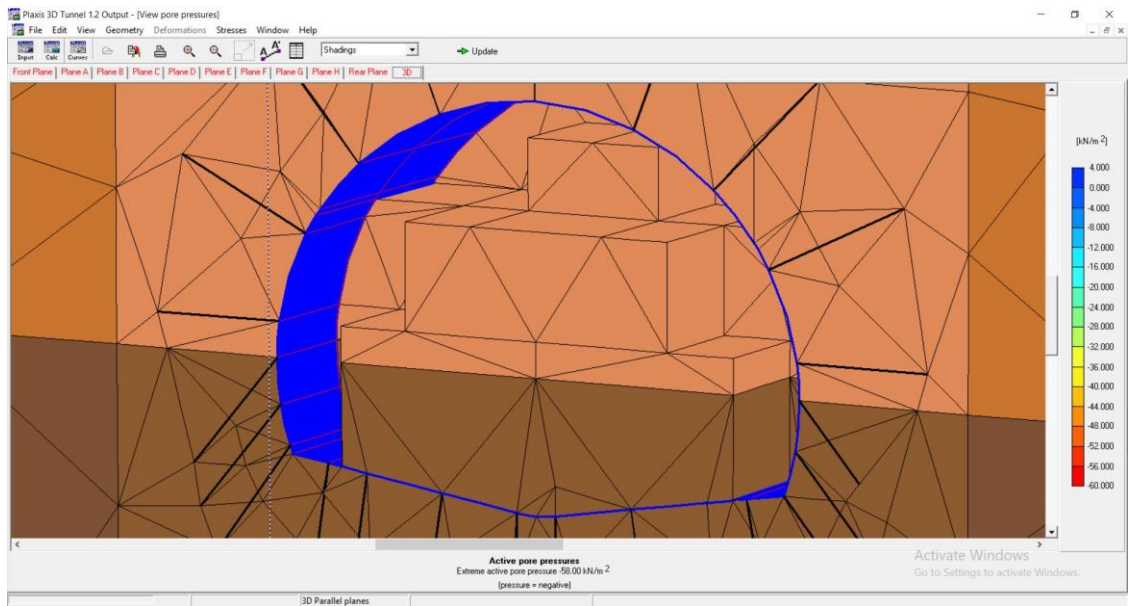
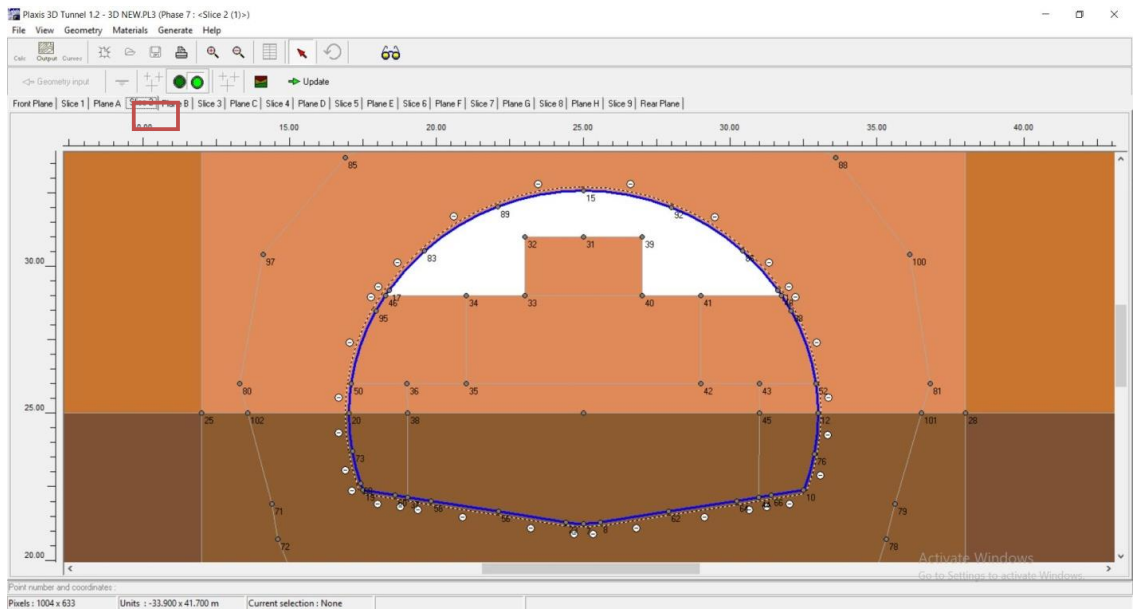


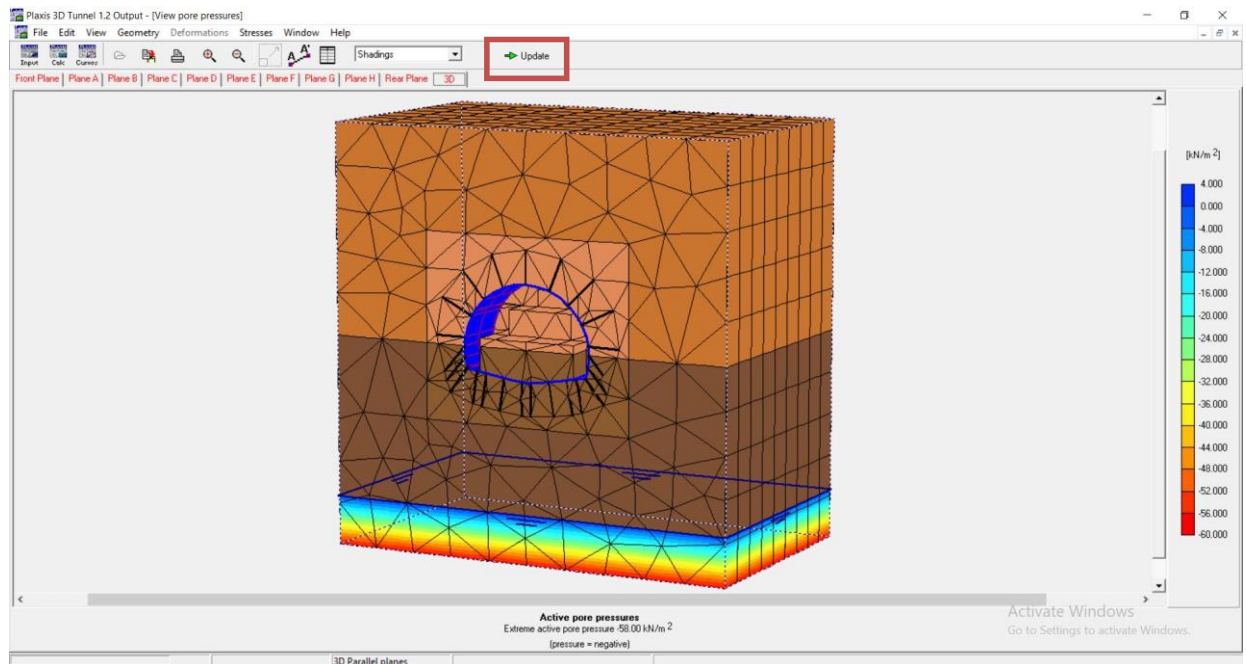


Setelah semua tahapan penggalan di Slice 1 selesai hingga menyisakan Phase 6-2 dan Phase 6-3 untuk memodelkan teraseringnya dilanjutkan pada Slice 2 dengan langkah – langkah yang sama. *Select point for curves>Update>Parameters (Time interval 1 day)>Define.*

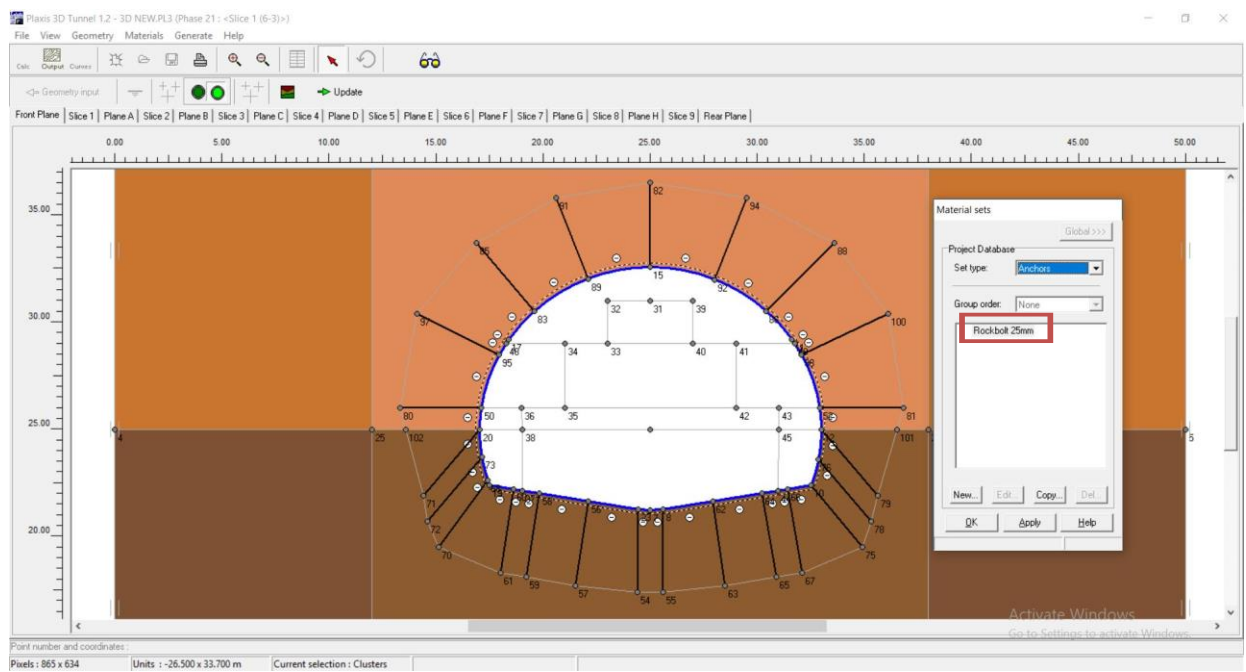
Identification	Phase no.	Start from	Calculation	Loading input	First	Last	Water
Initial phase	0	0	N/A	N/A	0	0	0
✓ <Slice 1 (1)>	1	0	3D Plastic	Staged construction	1	2	1
✓ <Slice 1 (2)>	2	1	3D Plastic	Staged construction	3	4	2
✓ <Slice 1 (3)>	3	2	3D Plastic	Staged construction	5	6	3
✓ <Slice 1 (4)>	4	3	3D Plastic	Staged construction	7	7	4
✓ <Slice 1 (5)>	5	4	3D Plastic	Staged construction	8	9	5
✓ <Slice 1 (6-1)>	6	5	3D Plastic	Staged construction	10	11	6
➤ <Slice 2 (1)>	7	6	3D Plastic	Staged construction			7
➤ <Slice 2 (2)>	8	7	3D Plastic	Staged construction			8

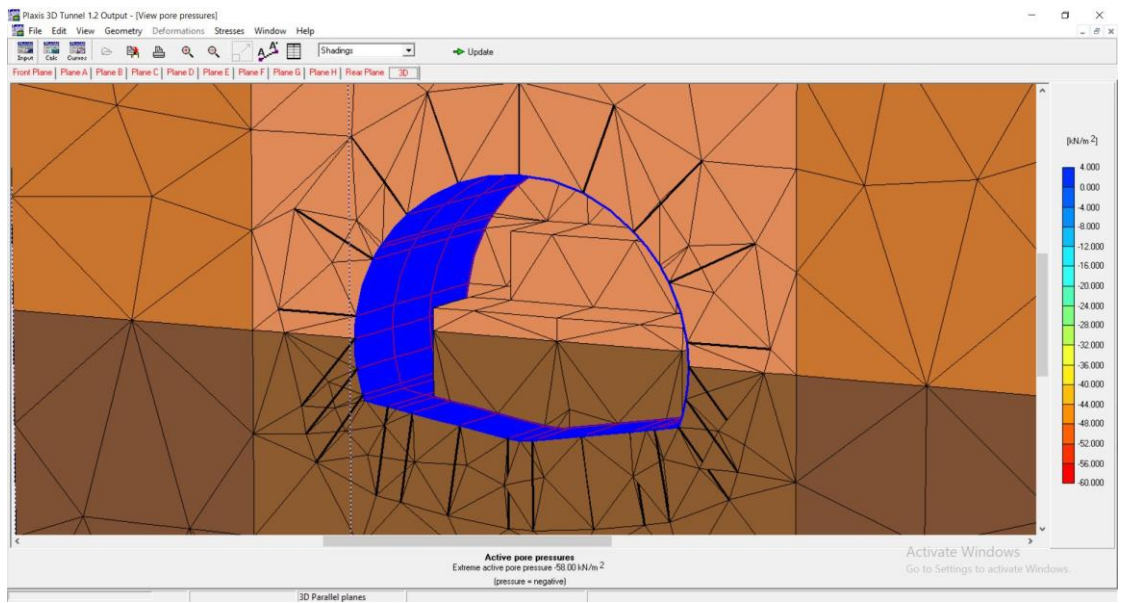
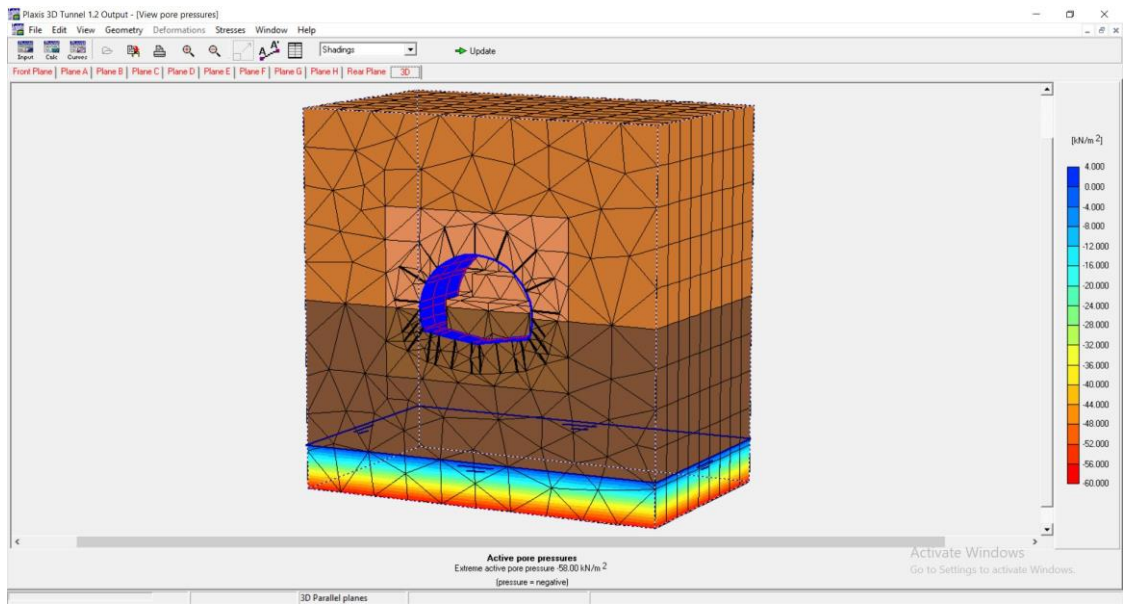
Penggalan di Slice 2 Phase 1, *Generate water pressures>Update>Calculate*

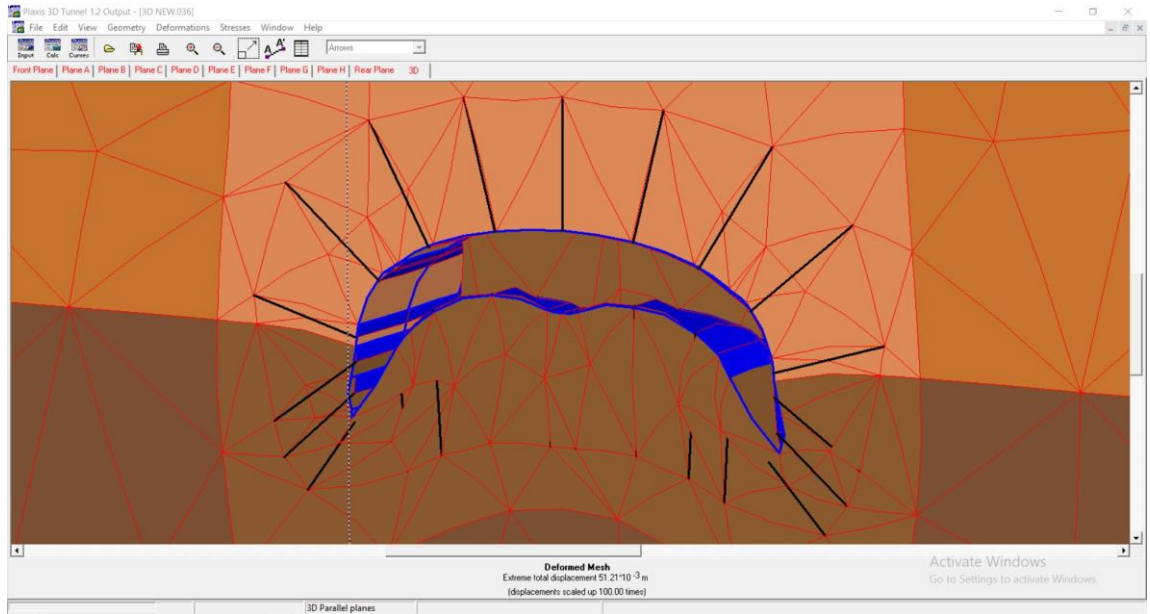




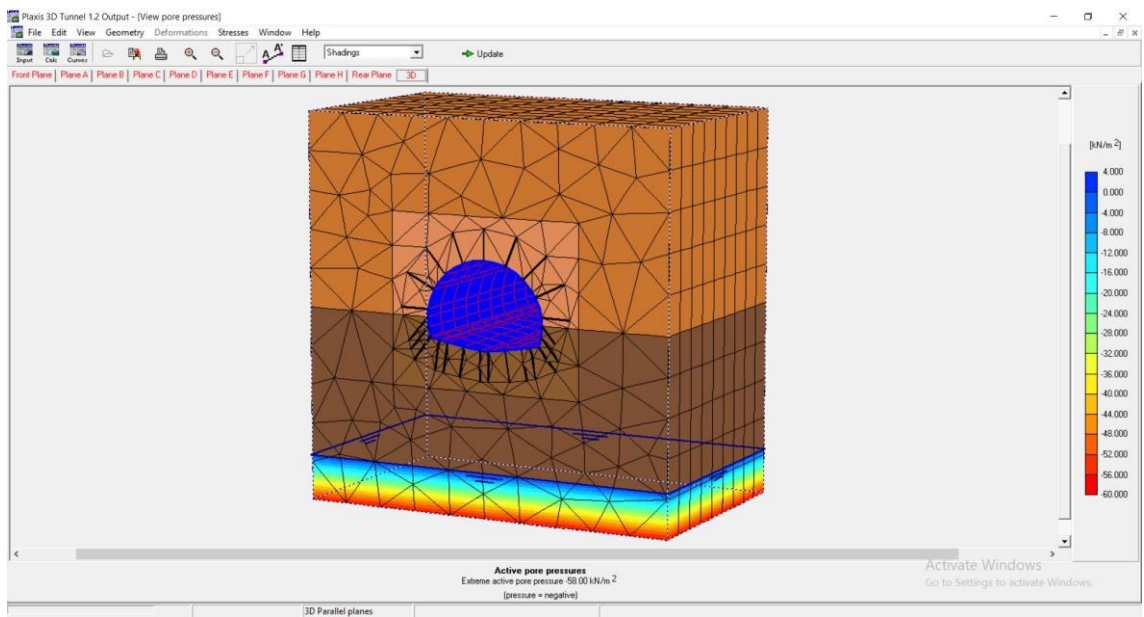
Pada saat selesai melakukan penggalian di tahap *Phase 6-3*, input material *Grouting* ke dalam pemodelan *Define* untuk perkuatannya.

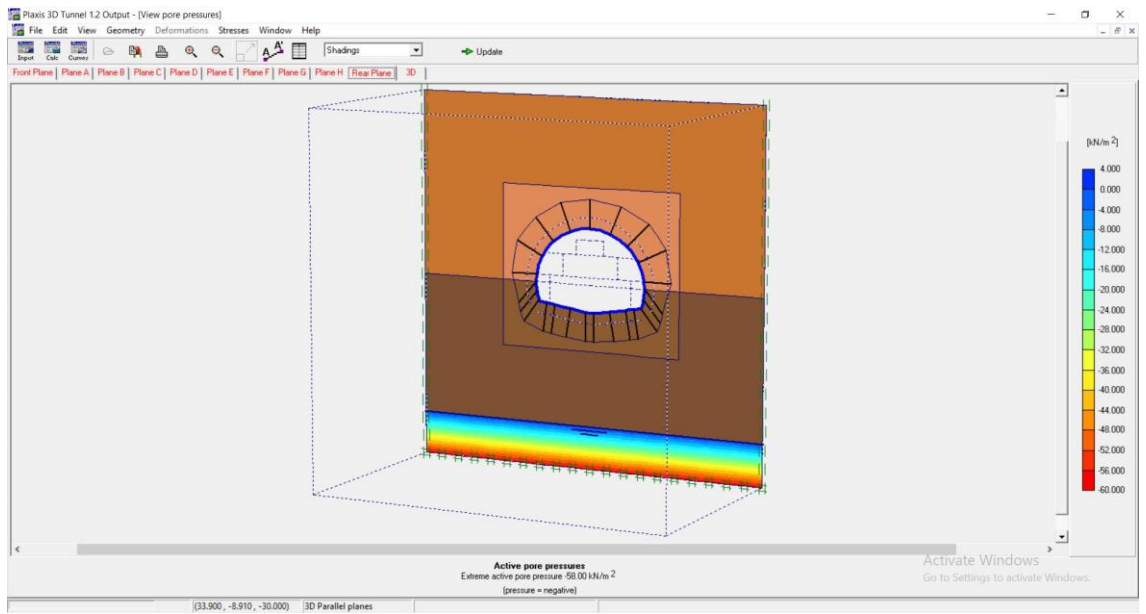
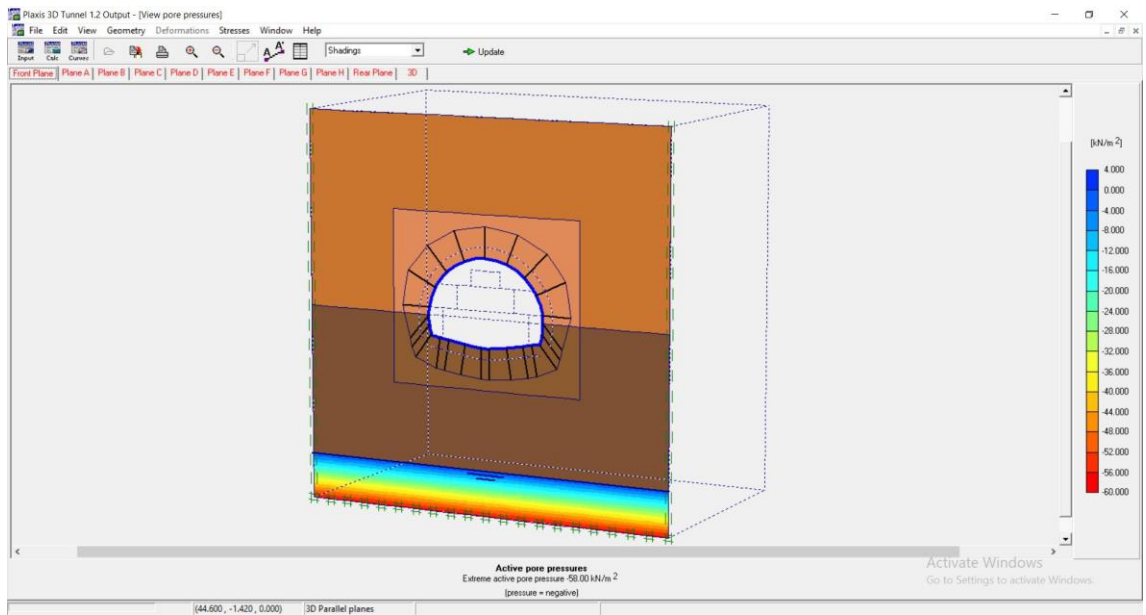






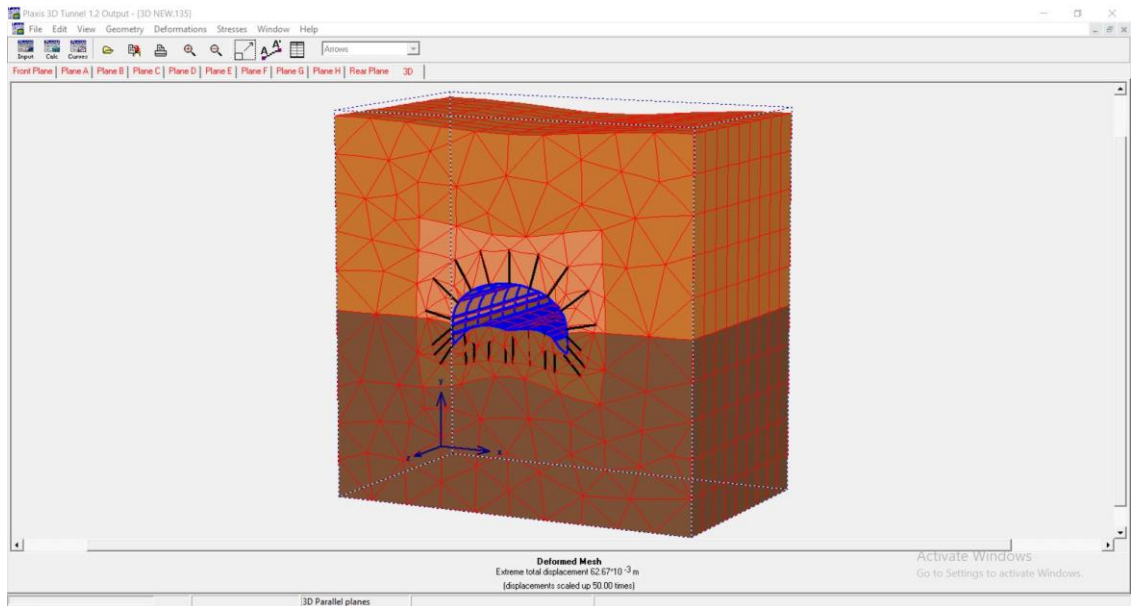
Lakukan *Calculations* penggalan sampai pada tahap yang terakhir pada *Slice 9 Phase 6-3* sehingga *Tunnel* sudah bolong dan sepenuhnya digali.



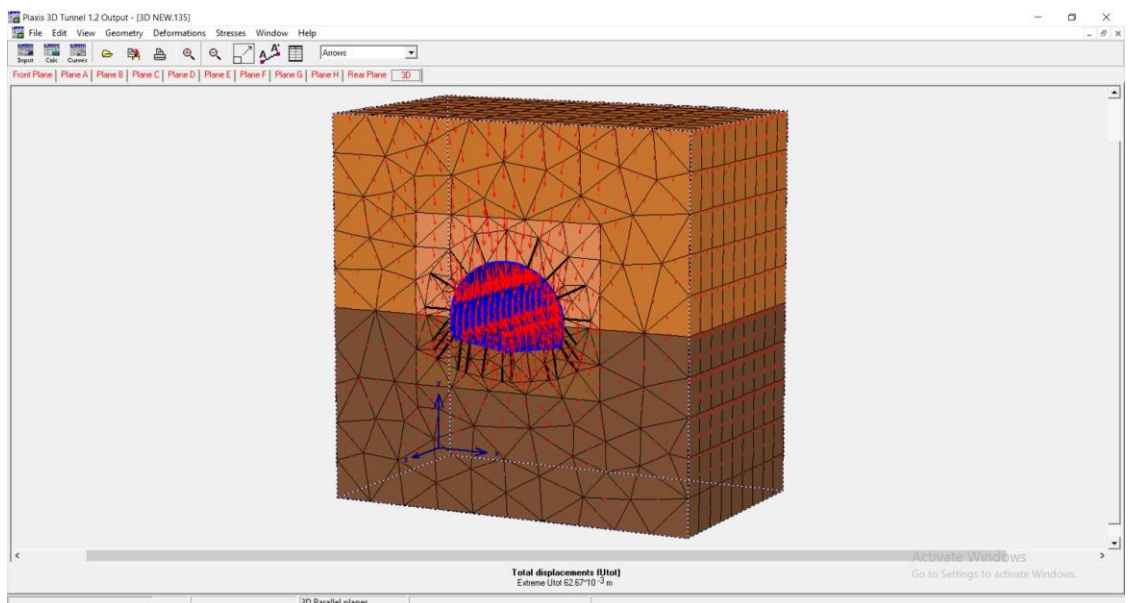


3. Output PLAXIS 3D TUNNEL

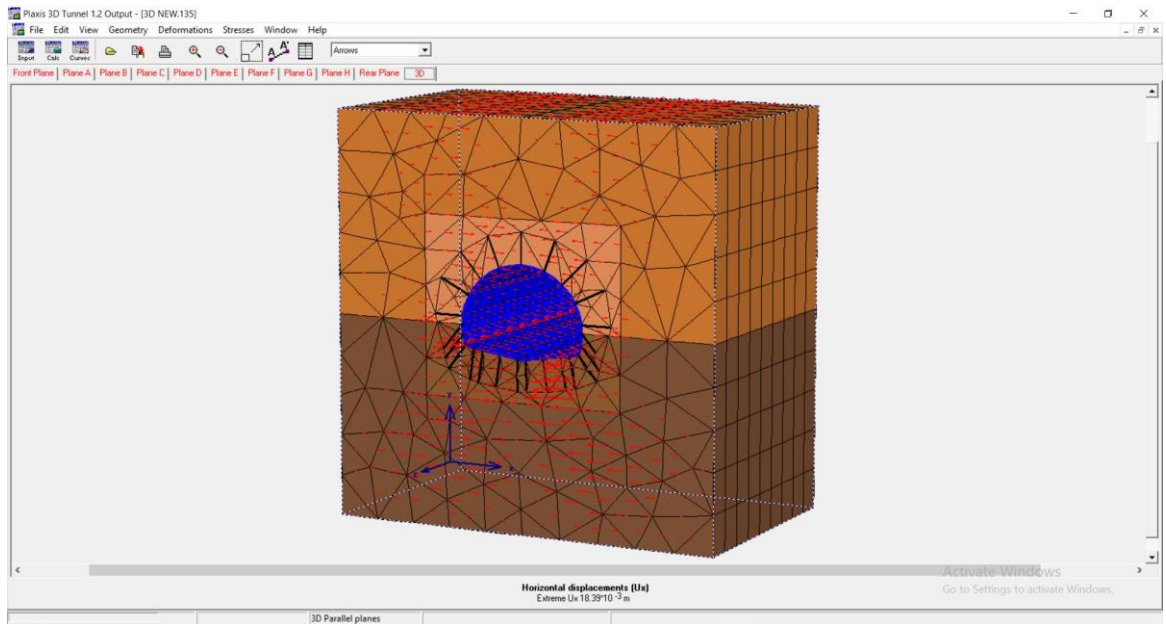
Hasil output dari pemodelan 3D Terowongan cismudawu didapatkan data *Deformed Mesh*, *Total Displacement*, *Horizontal Displacement (Ux)*, *Vertical Displacement (Uy)*, *Excess pore pressures*, *Effective stresses*, *Total stresses*, serta Kurva.



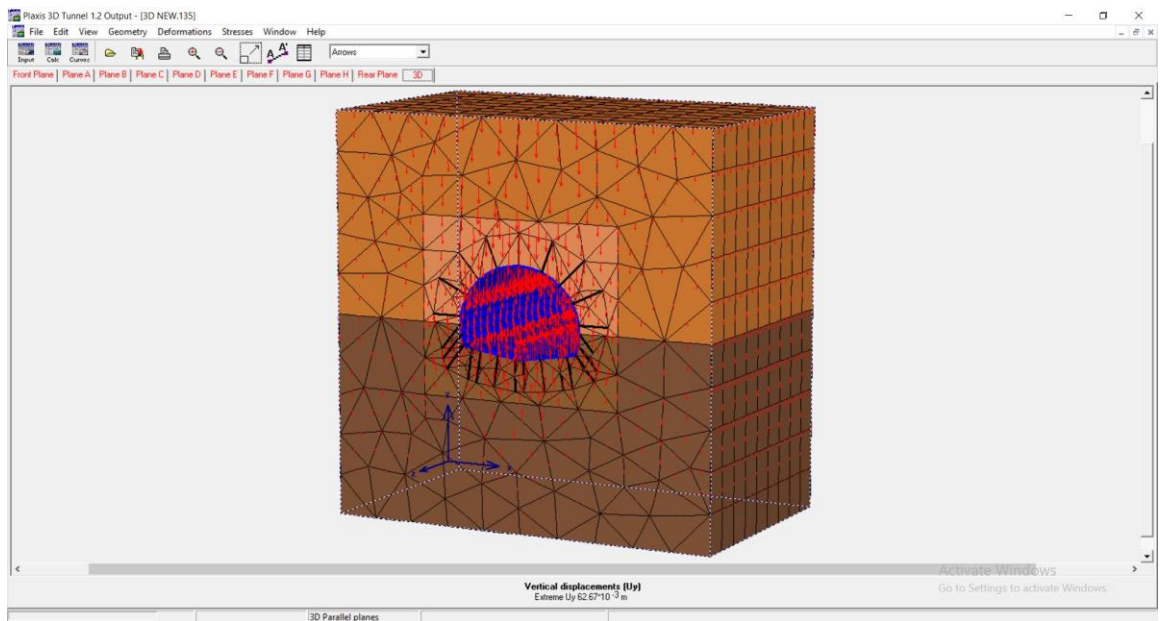
Deformed Mesh sebesar $62,67 \times 10^{-3}$ m



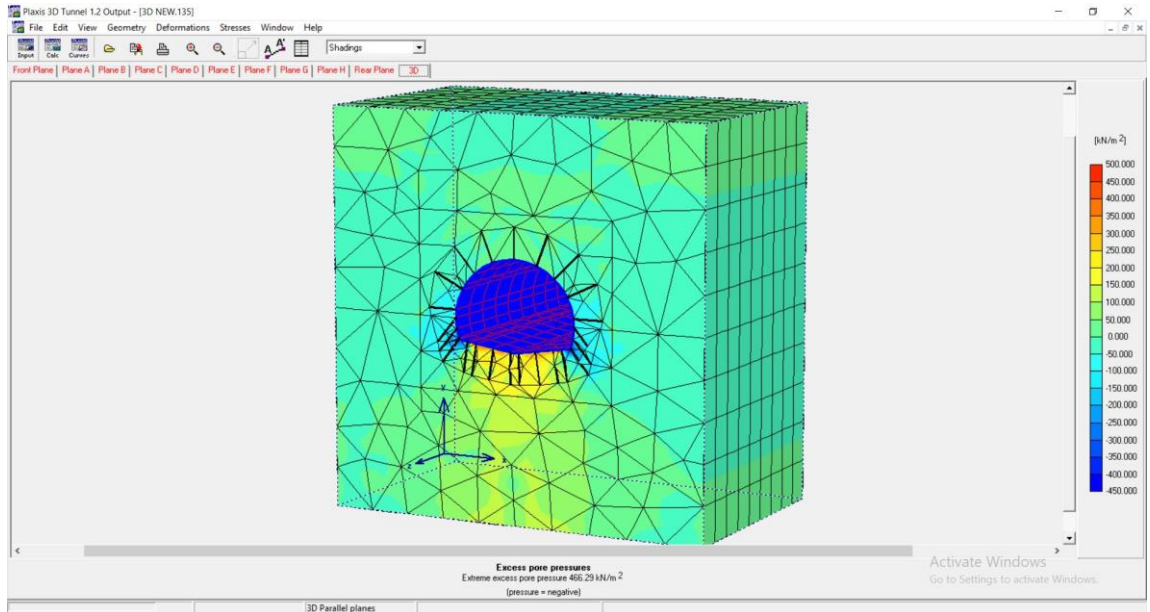
Total Displacement sebesar $62,67 \times 10^{-3}$ m



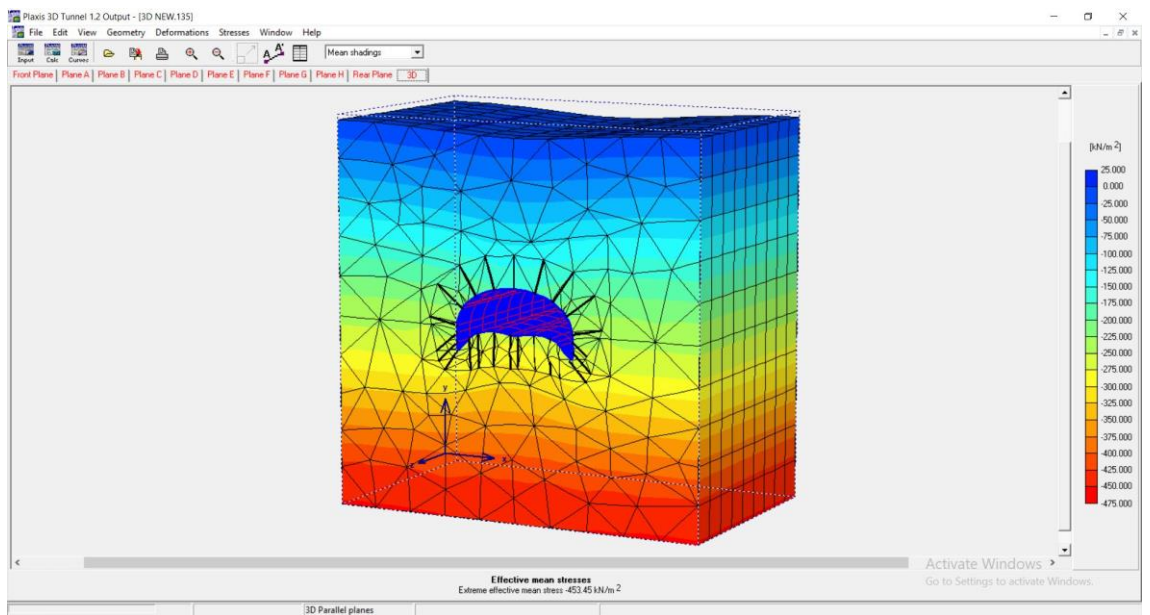
Horizontal Displacement sebesar $18,39 \times 10^{-3}$ m



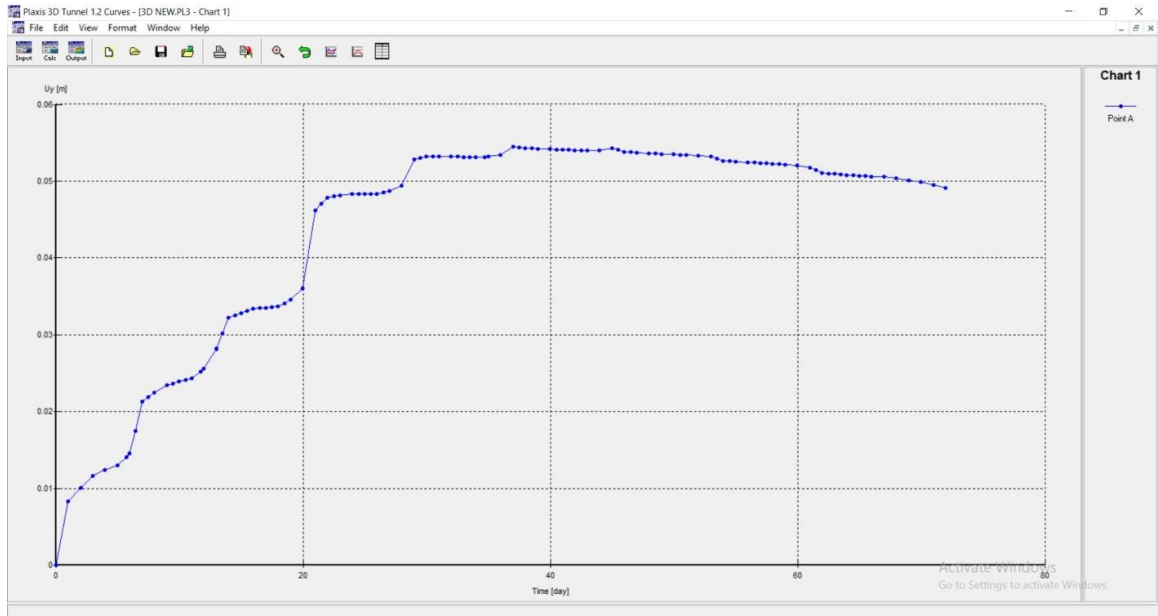
Vertical Displacement sebesar $62,67 \times 10^{-3}$ m



Excess pore pressures sebesar 466,29 KN/m²



Effective Stresses sebesar -453,45 KN/m²



Staging	Time (day)	Displacement (Uy) (m)	Point
Slice 1 Phase 1	1	0,008	2
Slice 1 Phase 2	2	0,010	3
Slice 1 Phase 3	3	0,012	4
Slice 1 Phase 4	4	0,012	5
Slice 1 Phase 5	5	0,013	6
Slice 1 Phase 6-1	6	0,015	8
Slice 2 Phase 1	7	0,021	10
Slice 2 Phase 2	8	0,022	12
Slice 2 Phase 3	9	0,023	13
Slice 2 Phase 4	10	0,024	15
Slice 2 Phase 5	11	0,024	17
Slice 2 Phase 6-1	12	0,026	19
Slice 1 Phase 6-2	13	0,028	20
Slice 3 Phase 1	14	0,032	23
Slice 3 Phase 2	15	0,033	25
Slice 3 Phase 3	16	0,033	27
Slice 3 Phase 6-1	19	0,035	33
Slice 2 Phase 6-2	20	0,036	35
Slice 1 Phase 6-3	21	0,046	36
Slice 4 Phase 1	22	0,048	40

Staging	Time (day)	Displacement (Uy) (m)	Point
Slice 4 Phase 2	23	0,048	42
Slice 4 Phase 3	24	0,048	43
Slice 4 Phase 4	25	0,048	45
Slice 4 Phase 5	26	0,048	47
Slice 4 Phase 6-1	27	0,049	49
Slice 3 Phase 6-2	28	0,049	51
Slice 2 Phase 6-3	29	0,053	53
Slice 5 Phase 1	30	0,053	56
Slice 5 Phase 2	31	0,053	58
Slice 5 Phase 3	32	0,053	59
Slice 5 Phase 4	33	0,053	61
Slice 5 Phase 5	34	0,053	63
Slice 5 Phase 6-1	35	0,053	65
Slice 4 Phase 6-2	36	0,053	66
Slice 3 Phase 6-3	37	0,055	67
Slice 6 Phase 1	38	0,054	71
Slice 6 Phase 2	39	0,054	73
Slice 6 Phase 3	40	0,054	75
Slice 6 Phase 4	41	0,054	77
Slice 6 Phase 5	42	0,054	79
Slice 6 Phase 6-1	43	0,054	81
Slice 5 Phase 6-2	44	0,054	83
Slice 4 Phase 6-3	45	0,054	85
Slice 7 Phase 1	46	0,054	87
Slice 7 Phase 2	47	0,054	89
Slice 7 Phase 3	48	0,054	91
Slice 7 Phase 4	49	0,054	93
Slice 7 Phase 5	50	0,053	94
Slice 7 Phase 6-1	51	0,053	96
Slice 6 Phase 6-2	52	0,053	98
Slice 5 Phase 6-3	53	0,053	100
Slice 8 Phase 1	54	0,053	102
Slice 8 Phase 2	55	0,053	104
Slice 8 Phase 3	56	0,052	106
Slice 8 Phase 4	57	0,052	108
Slice 8 Phase 5	58	0,052	110
Slice 8 Phase 6-1	59	0,052	112

Staging	Time (day)	Displacement (Uy) (m)	Point
Slice 7 Phase 6-2	60	0,052	114
Slice 6 Phase 6-3	61	0,052	115
Slice 9 Phase 1	62	0,051	118
Slice 9 Phase 2	63	0,051	120
Slice 9 Phase 3	64	0,051	122
Slice 9 Phase 4	65	0,051	125
Slice 9 Phase 5	66	0,051	128
Slice 9 Phase 6-1	67	0,051	129
Slice 8 Phase 6-2	68	0,050	130
Slice 7 Phase 6-3	69	0,050	131
Slice 9 Phase 6-2	70	0,050	132
Slice 8 Phase 6-3	71	0,050	134
Slice 9 Phase 6-4	72	0,049	136