

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Objek Penelitian

3.1.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di Proyek Pembangunan Tol Jogja – Bawen
STA 37+950 – STA 38+100



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

3.1.2 Objek Penelitian

Penelitian ini berfokus pada analisis parameter tanah eksisting berdasarkan data Borlog dan data lab, pemodelan dan analisis timbunan tanpa perkuatan tanah, dan pemodelan dan analisis timbunan dengan perkuatan cerucuk *minipile*.

3.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mencari dan mengumpulkan sumber – sumber berdasarkan buku, jurnal, atau penelitian terdahulu mengenai perkuatan tanah, stabilitas lereng, perilaku *minipile* sebagai perkuatan tanah, metode analisis *finite element method* (FEM), dan penggunaan *software* Program FEM 2D.

3.3 Identifikasi Masalah

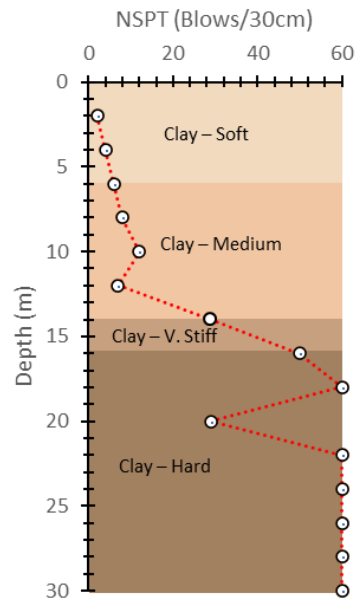
Identifikasi masalah pada Proyek Jalan Tol Jogja – Bawen STA 37+950 – STA 38+100 pada kondisi tanah eksisting berdasarkan data sekunder berupa data borlog dan data laboratorium.

3.4 Pengumpulan Data

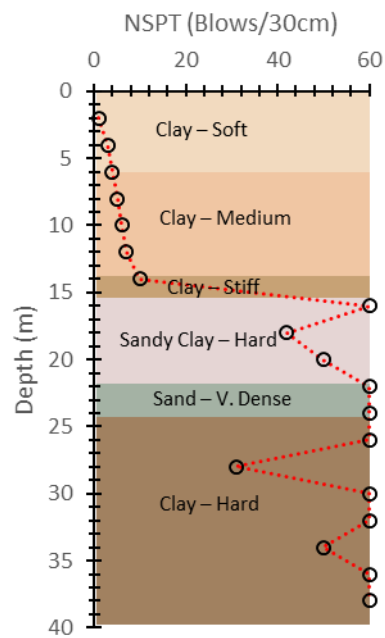
Pengumpulan data sekunder meliputi data tanah berupa data Borlog, data laboratorium, gambar potongan melintang tanah eksisting dan rencana timbunan pada proyek Jalan Tol Jogja – Bawen STA 37+950 – STA 38+100.

3.4.1 Data Tanah

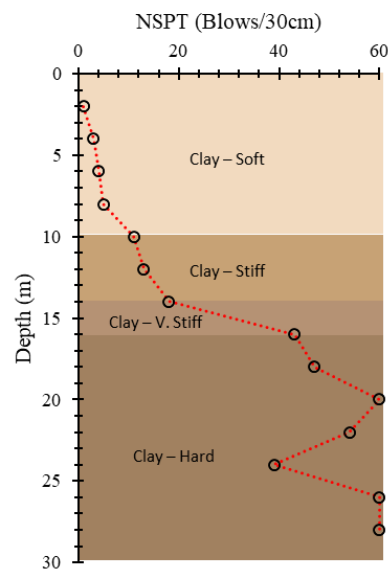
Data tanah hasil uji lapangan yang tersedia berupa data NSPT dan data Borlog yang didapatkan dari PT. GEOCIPTA BANGUN OPTIMA. Data NSPT dan borlog yang tersedia adalah pada titik *borehole* BH1 ABT2 STA 38+016, BH2 ABT1 STA 38+041, dan BH2 STA 38+075. Selain data uji lapangan, terdapat data laboratorium pada STA 38+075 dari kedalaman 3,5 – 10m. Ketiga titik *borehole* merupakan tanah lempung, kecuali pada titik BH2 ABT1 STA 38+041 dimana terdapat lapisan tanah pasir setebal 2m pada kedalaman 22 – 24m.



Gambar 3.2 Data NSPT BH1 ABT2 STA 38+016



Gambar 3.3 Data NSPT BH2 ABT1 STA 38+041



Gambar 3.4 Data NSPT BH2 STA 38+075

Tabel 3.1 Data Lab *Borehole* 2 STA 38+075

Sample		UDS	UDS
Depth	m	3,5 – 4	9,5 – 10
γ	t/m ³	1,34	1,46
ω	%	89,31	73,49
Gs	-	2,63	2,64
γ_d	t/m ³	0,71	0,84
e	-	2,72	2,13
n	-	0,73	0,68
Sr	%	86,17	90,97
PL	%	40,12	33,48
LL	%	99,52	74,10
PI	%	59,40	40,62
Gravel (G)	%	0,00	0,00
Sand (S)	%	15,04	24,66
Silt (M)	%	32,46	36,75
Clay (C)	%	52,50	38,59
ϕ	°	11,70	8,14
c	kg/cm ²	0,22	0,19
Cc	-	0,35	0,25
Cv	cm ² /scd	6,49E-03	6,63E-03

3.4.2 Data Teknis *Minipile*

Spesifikasi *minipile* yang akan digunakan pada analisis perkuatan tanah ini menggunakan *minipile* JHS *system* dari PT. SAETI CONCRETINDO WAHANA, spesifikasi dari *minipile* dapat dilihat dari tabel di bawah ini

Tabel 3.2 Dimensi *Minipile*

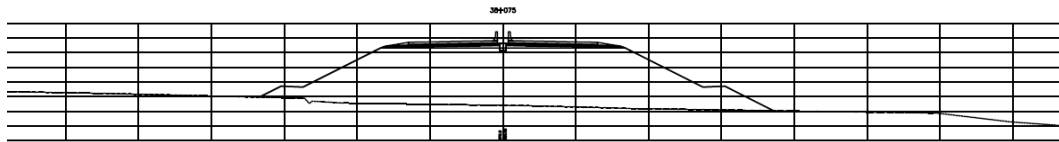
Bentuk penampang	Dimensi (mm)	Daya Dukung (Ton)
Persegi	• 200x200	• 30 – 35
	• 250x250	• 40 – 50
Segitiga	• 280	• 25 – 30
	• 320	• 35 – 40

Tabel 3.3 Spesifikasi *Minipile*

Ukuran		25x25 cm
b (mm)		250,00 mm
h (mm)		250,00 mm
Luas (A)		62.500,00 mm ²
Zb		2.604.167,00 mm ³
<i>No of Strand</i>		4,00
<i>Type of Strand</i>		Bar D16
<i>Ultimate Normal Capacity</i>	<i>Comperssion</i>	1.278,00 kN
	<i>Tension</i>	293,00 kN
<i>Shear Capacity</i>		53,68 kN
<i>Torsion Capacity</i>		5,03 kNm
<i>Crack Moment</i>		22,47 kNm
<i>Bending Capacity Ultimate</i>	P = 0	29,00 kNm
	Max	53,00 kNm

3.4.3 Data Potongan Melintang

Data gambar potongan melintang digunakan gambar potongan dengan tinggi timbunan tertinggi, yaitu pada STA 38+025 dengan ketinggian timbunan 9,538m, adapun gambar potongan melintang sebagai berikut.



Gambar 3.5 Potongan Melintang STA 38+025

3.4.4 Beban Struktur

Beban struktur ketebalan masing – masing lapisan perkerasan disesuaikan dengan gambar potongan melintang jalan, Berat isi masing – masing lapisan disesuaikan dengan SNI 1725 2016. Didapatkan berat struktur sebesar 14,68 kPa. Di bawah ini merupakan tabel beban perkerasan.

Tabel 3.4 Beban Struktur

No	Lapisan	Tebal (m)	Berat isi (kN/m ³)	P (kN/m ²)
1	<i>Surface</i>	0,290	22,000	6,380
2	Drainase	0,100	20,750	2,075
3	<i>Cement Treated Based</i>	0,150	20,750	3,113
4	Agregat Kelas B	0,150	20,750	3,113
Total				14,680

3.4.5 Data Beban Lalu Lintas

Berdasarkan Pedoman Desain Geometrik Jalan (2021), Jalan tol termasuk pada Jalan kelas I dimana didapatkan beban lalu lintas sebesar 15 kPa.

Tabel 3.5 Beban Lalu Lintas

Kelas Jalan	Beban Lalu Lintas (kPa)	Beban di Luar Jalan ^(*) (kPa)
I	15	10
II	12	10
III	12	10

3.5 Pengolahan Data dan Analisis

Pengolahan data yang telah didapat menggunakan *software* Microsoft Excel serta pemodelan dan analisis menggunakan *software* Program FEM 2D V2O. Analisis perkuatan dengan variasi pemodelan, antara lain analisis timbunan pada tanah eksisting tanpa perkuatan dan analisis timbunan pada tanah yang sudah diberi perkuatan cerucuk.

3.5.1 Pengolahan Data dengan Microsoft Excel

Penggunaan Microsoft Excel ditujukan untuk analisis data berupa data borlog dan data laboratorium untuk mendapatkan gambaran stratifikasi tanah dan parameter tanah, serta analisis daya dukung minipile yang selanjutnya akan diinput dan dimodelkan pada Program FEM 2D.

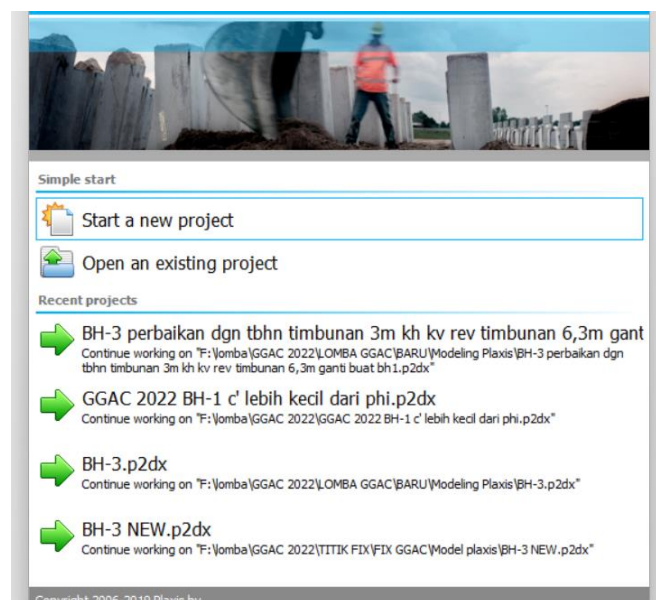
3.5.2 Pemodelan dan Analisis Menggunakan Program FEM 2D

Pemodelan dan analisis pada Program FEM 2D memiliki variasi pemodelan, diantaranya pemodelan timbunan tanpa perkuatan cerucuk *minipile* dan pemodelan timbunan dengan perkuatan cerucuk *minipile*. Masing – masing variasi pemodelan

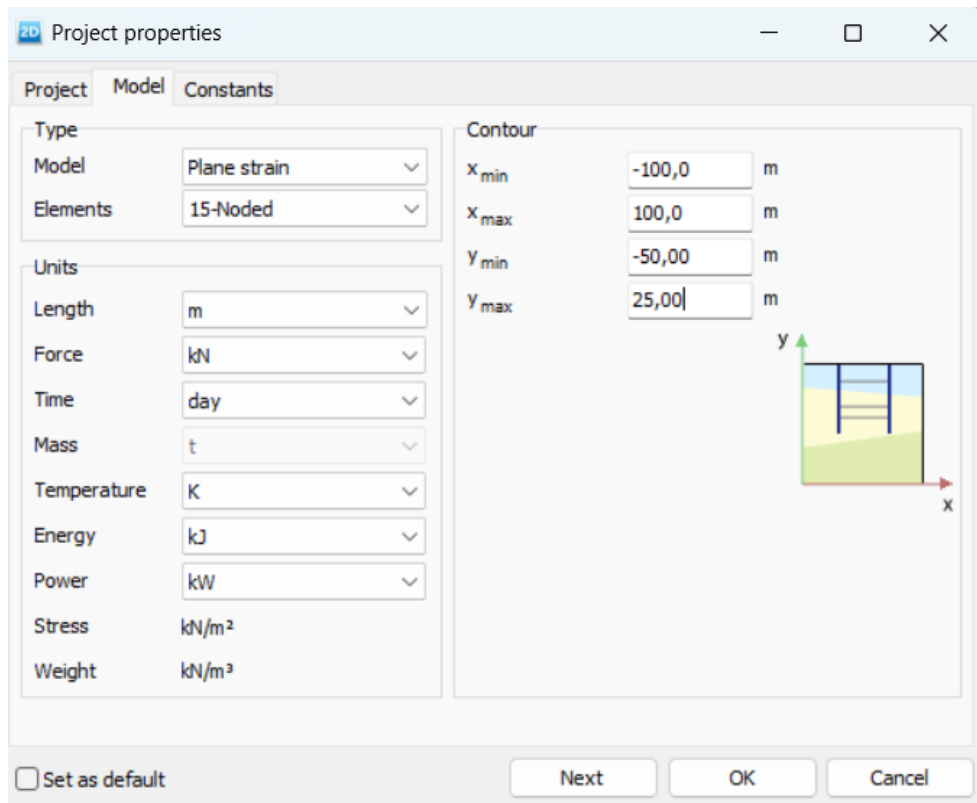
diberikan beban lalu lintas. Di bawah ini merupakan langkah – langkah analisis menggunakan *software* Program FEM 2D.

1. *Open/New Project* Program FEM 2D

Buka *software* Program FEM 2D, lalu akan muncul pilihan *start a new project* atau *open an eksisting project*. Kemudian pilih *start a new project* untuk memulai pekerjaan baru. Pada pengaturan *general properties* pilih tab *project* untuk memberi nama proyek pada tab *title*, setelah itu pilih tab model untuk menentukan settingan awal, pilih model *plane strain* dan pada opsi *elements* pilih 15 nodes, semakin banyak jumlah *nodes* yang dipilih semakin akurat hasilnya. Tentukan satuan yang akan dipakai. Pada bagian *contour* boleh tidak diisi jika pemodelan menggunakan opsi *import structures*, jika pemodelan dilakukan secara manual di Program FEM 2D tetapkan batasan dimensi sesuai dengan stratifikasi tanah dan timbunan.



Gambar 3.6 Dialog *Start a New Project*

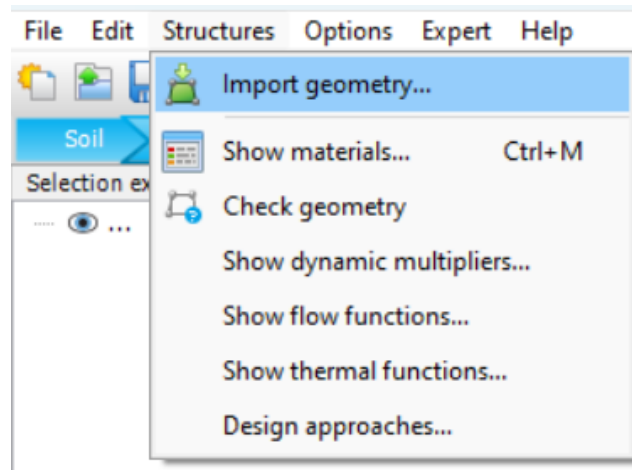


Gambar 3.7 Tab *General Properties*

2. Pemodelan Soil Structures dengan Import file .DXF

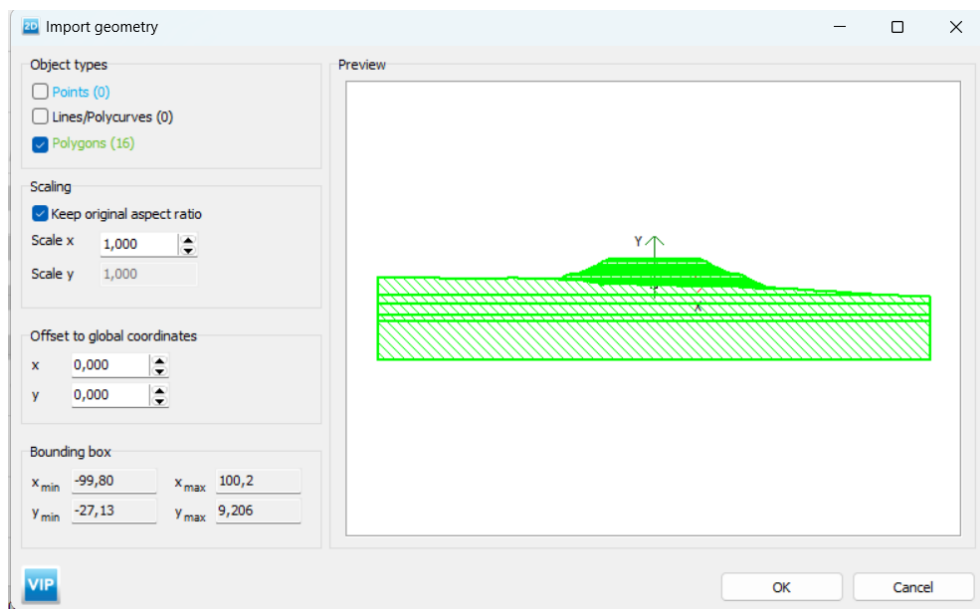
Pemodelan lapisan tanah dapat menggunakan tab soil pada Program FEM 2D atau dengan mengimpor *soil structures* dari gambar lapisan tanah yang sudah dimodelkan di *software* Autocad, gambar potongan yang sudah dibuat diimport ke Program FEM 2D dengan format .DXF

- a. Pilih opsi *import geometry* pada tab *structures*



Gambar 3.8 Import Geometry File .DXF

b. Centang polygons dari file .DXF yang dipilih

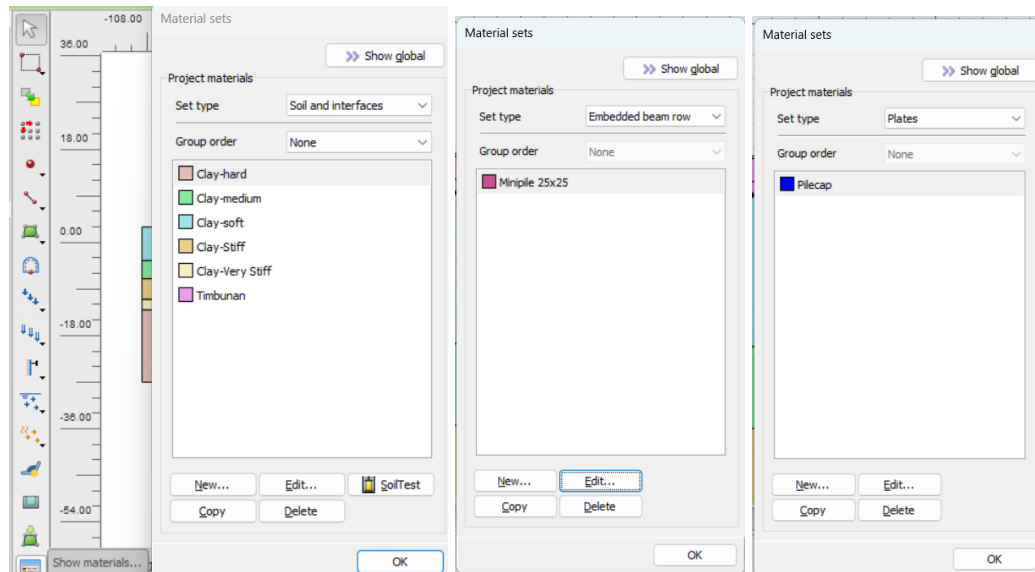


Gambar 3.9 Tampilan Poligon dari File .DXF

3. Penentuan *Material Properties* dan pemodelan

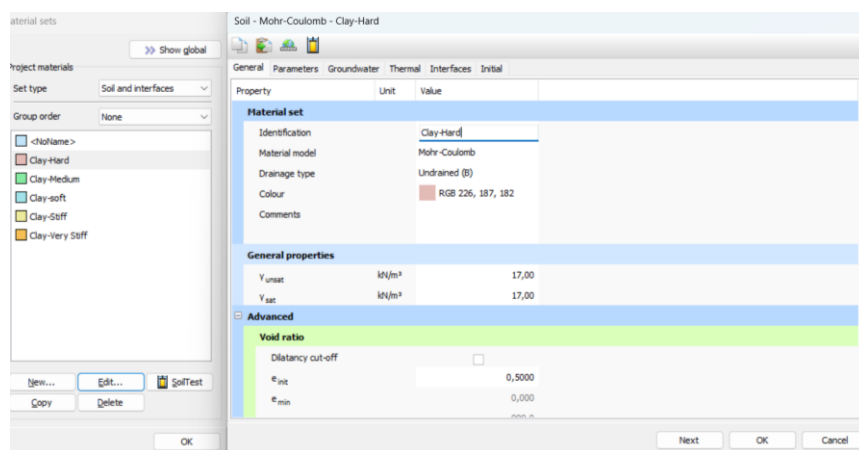
Parameter – parameter tanah dan daya dukung *minipile* yang sudah dianalisis sebelumnya dapat diinput dalam *software* Program FEM 2D.

- a. Pada tab *structures* pilih *show materials*, lalu akan muncul jendela *material sets*



Gambar 3.10 Jendela *Material Sets*

- b. Tambahkan material baru, pada tab *general* pilih material model Mohr – Coloumb, dan *drained type Undrained* untuk tanah lempung dan *drained* untuk tanah pasir.



Gambar 3.11 *General Setting Material*

- c. Pada tab *parameters* masukkan nilai parameter tanah berdasarkan data tanah yang sudah diolah.

oil - Hardening soil - Timbunan

General Parameters Groundwater Thermal Interfaces Initial

Property	Unit	Value
Stiffness		
$E_{so,ref}$	kN/m ²	250,0E3
$E_{os,ref}$	kN/m ²	250,0E3
$E_{w,ref}$	kN/m ²	750,0E3
power (m)		0,5000
Alternatives		
Use alternatives	☐	
C_c		1,380E-3
C_s		0,4140E-3
e_{pit}		0,5000
Strength		
c_{ref}	kN/m ²	1,000
q' (phi)	°	30,00
ψ (psi)	°	0,000
Advanced		
Set to default values	☒	
Stiffness		
ν_{ur}		0,2000
p_{ref}	kN/m ²	100,0
$K_{0,nc}$		0,5000
Strength		
c'_{inc}	kN/m ² /m	0,000
γ_{ref}	m	0,000
R_f		0,9000

Next OK Cancel

Gambar 3.12 Input Parameter Material Tanah

Embedded beam row - Minipile 25x25

Property	Unit	Value
Material set		
Identification		Minipile 25x25
Comments		
Colour		RGB 199, 82, 143
Material type		Elastoplastic
Properties		
E	kN/m ²	8,310E6
ν	kN/m ³	24,00
Beam type		Predefined
Predefined beam type		Massive square beam
Width	m	0,2500
A	m ²	0,06250
I	m ⁴	0,3259E-3
$L_{spacing}$	m	1,500
M_p	kN m	18,32
N_p	kN	560,0
Rayleigh α		0,000
Rayleigh β		0,000
Axial skin resistance		
Axial skin resistance		Multi-linear
Multi-linear axial resistance		Axial skin resistance table
Lateral resistance		
Lateral resistance		Unlimited
Base resistance		

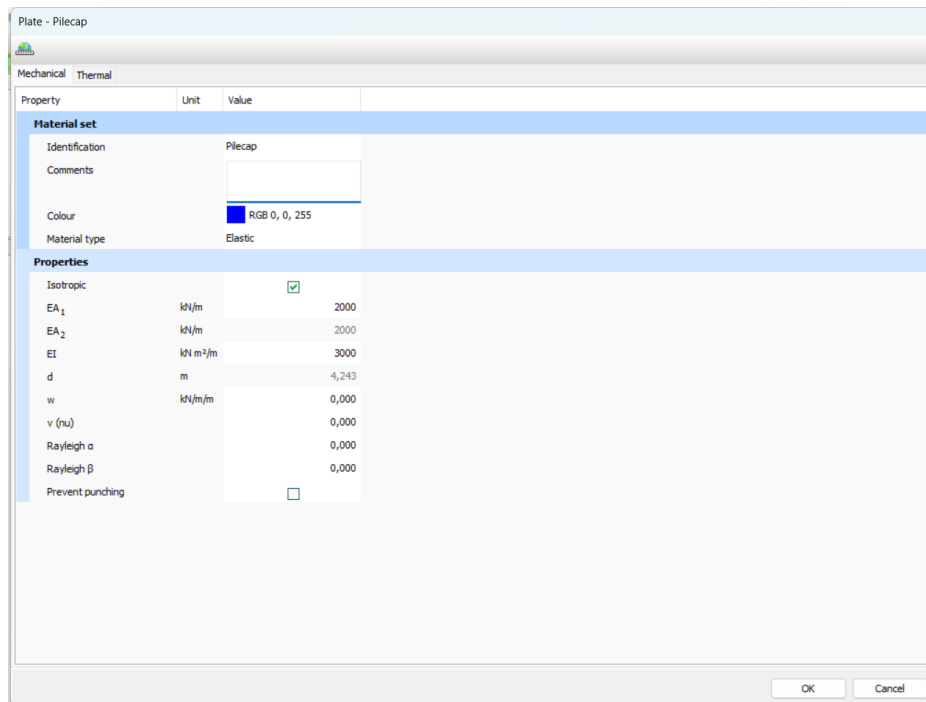
#	Distance [m]	Axial skin resistance
1	0,000	0,000
2	6,500	38,30
3	10,00	54,90
4	14,00	86,40

Distance [m]

Axial skin resistance [kN/m]

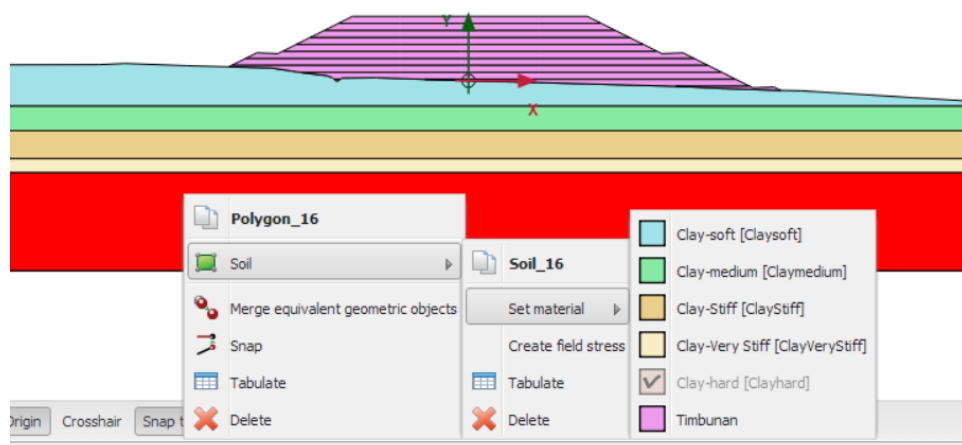
OK Cancel

Gambar 3.13 Input Parameter Material Tiang



Gambar 3.14 Input Parameter Material *Pilecap*

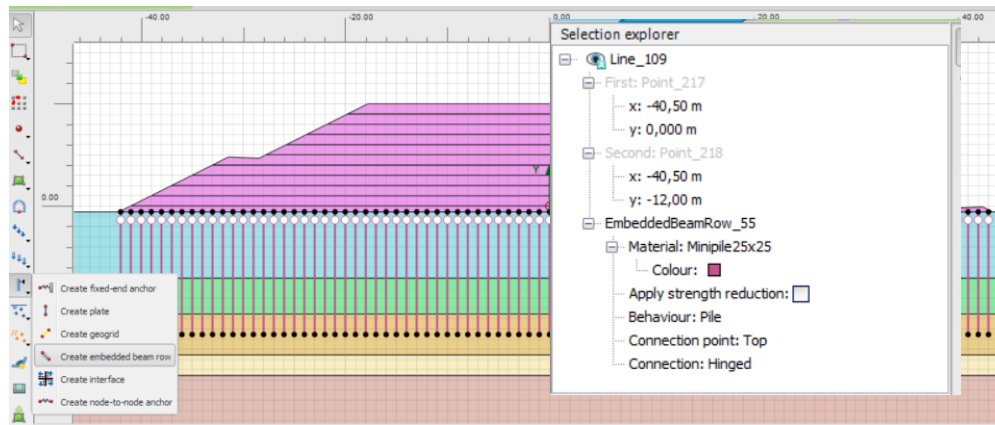
- d. Pada tab *structures* klik kanan lapisan tanah yang akan ditentukan materialnya lalu pilih jenis tanah yang sesuai.



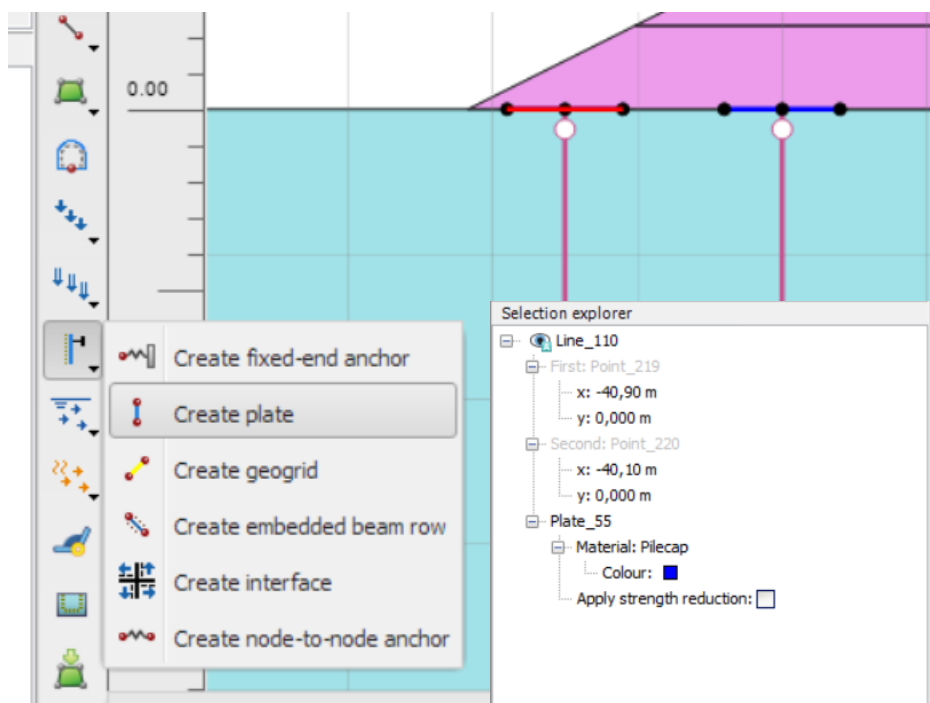
Gambar 3.15 Set Material pada Model Geometri

4. Pemodelan Struktur Cerucuk dan *Pilecap*

Cerucuk *minipile* dimodelkan sebagai *Embedded beam row* dan *pilecap* dimodelkan sebagai *plates*.



Gambar 3.16 Pemodelan Cerucuk *minipile*

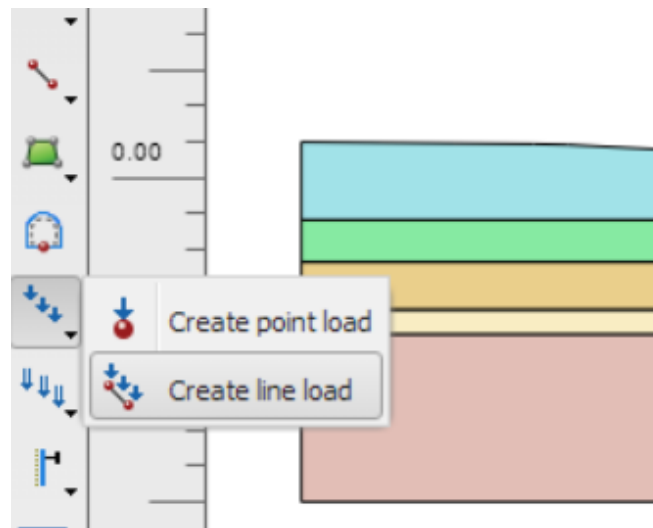


Gambar 3.17 Pemodelan *Pilecap*

5. Input pembebanan

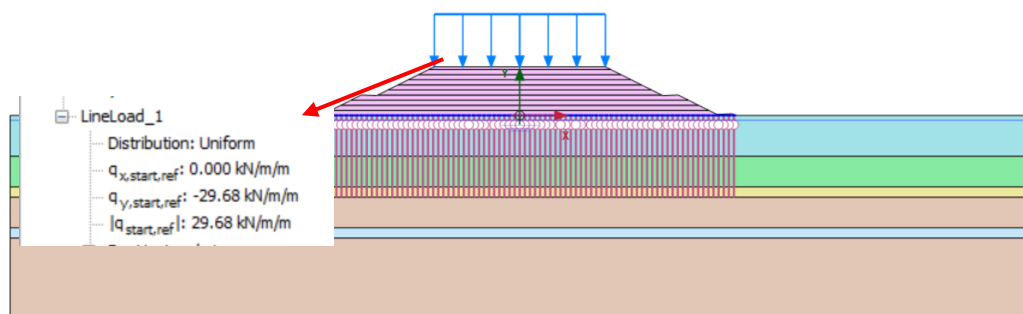
Beban lalu lintas dan perkerasan jalan dimodelkan pada timbunan paling atas, beban lalu lintas dan perkerasan jalan dapat dimodelkan sebagai beban merata.

- a. Pada tab *structures* pilih *create line load* lalu tarik garis dari masing – masing ujung timbunan tertinggi.



Gambar 3.18 Input *Line Load* sebagai Beban Lalu Lintas

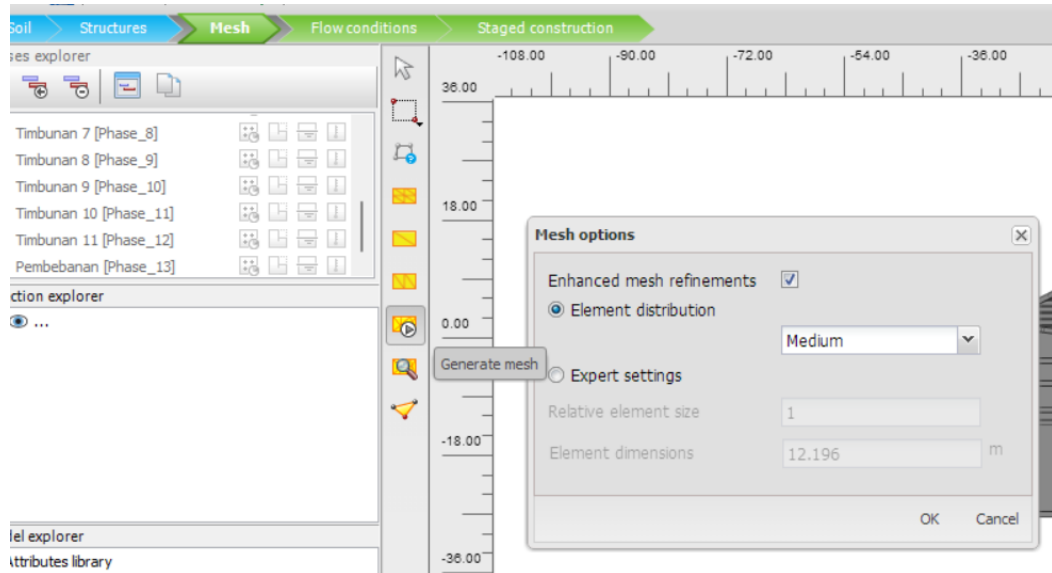
- b. Tentukan nilai beban lalu lintas dan perkerasan jalan pada jendela *selection explorer*



Gambar 3. 19 Input Nilai Beban Lalu Lintas dan Perkerasan Jalan

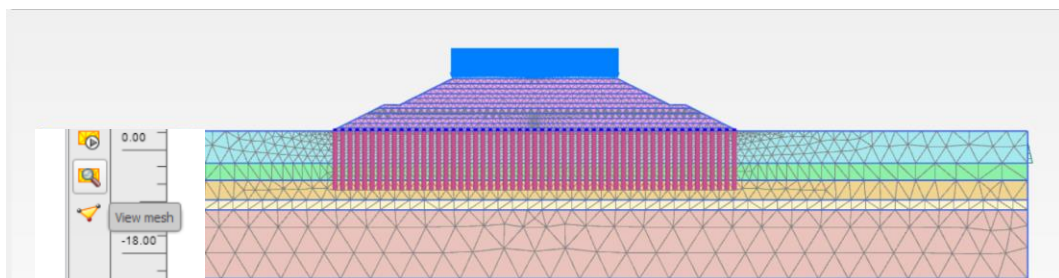
6. Generate Mesh pada Tab Mesh

- a. Pada tab *mesh* pilih *generate mesh*, pilih *element distribution* medium, lalu pilih ok.



Gambar 3.20 *Generate Mesh Model*

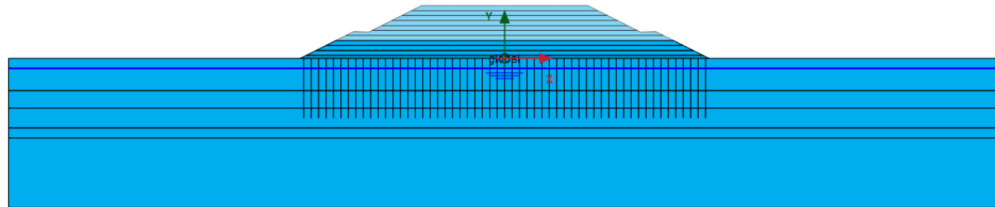
- b. Untuk menampilkan *mesh* yang sudah dibuat dapat dipilih *view mesh*, *mesh* berupa elemen – elemen *nodes* dan *lines* yang saling terhubung menghasilkan bagian segitiga – segitiga yang lebih kecil.



Gambar 3.21 Hasil *Meshing*

7. Penentuan muka air tanah (MAT)

pada tab *flow conditions*, pilih *create water level*, lalu tarik garis dari titik elevasi air tanah yang ada pada data tanah.

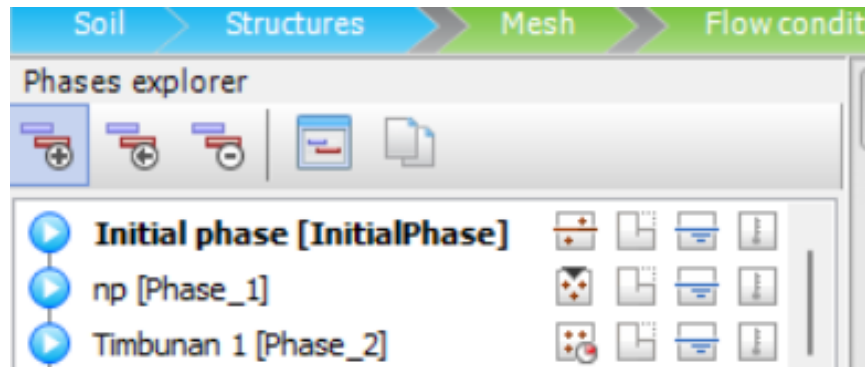


Gambar 3.22 Penentuan Muka Air Tanah (MAT)

8. *Staged Construction*

Pada tab *staged constructions* merincikan tahap – tahap konstruksi dari tanah eksisting hingga pembebanan.

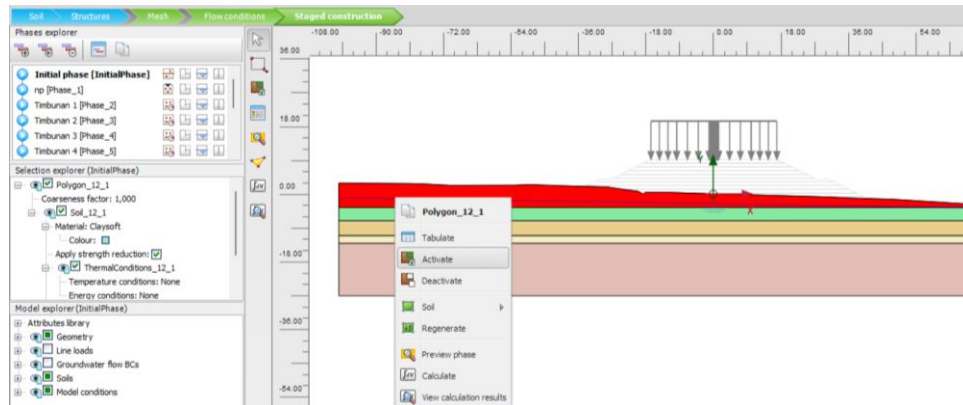
- a. Menambahkan fase konstruksi dengan memilih *add phase* pada opsi paling kiri dengan ikon (+), lalu klik kanan pada *phase* yang sudah ditambahkan untuk menentukan *calculation type* yang akan dipilih. Untuk fase *initial phase* digunakan *K0 procedure*, fase timbunan, aplikasi cerucuk, dan *pilecap* digunakan opsi kalkulasi *Plastic* dan *Loading Type Staged Construction*, fase konsolidasi menggunakan *calculation type consolidation* dengan tipe pembebanan *minimum excess pore pressure*.

Gambar 3.23 *Phases Explorer*

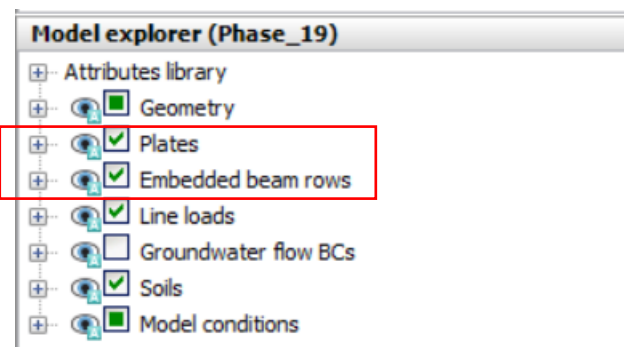
Name	Value
General	
ID	Timbunan1
Start from phase	pilecap
Calculation type	Plastic
Loading type	Staged construction
ΣM_{stage}	1.000
ΣM_{weight}	1.000
Pore pressure calculation type	Phreatic
Thermal calculation type	Ignore temperature
Time interval	10.00 day
Estimated end time	40.00 day
First step	7
Last step	11
Design approach	(None)
Special option	0

Gambar 3.24 Menu *Calculation Type*

- b. Aktivasi layer lapisan tanah eksisting dan timbunan dilakukan setelah penambahan fase baru dengan cara klik kanan pada model, lalu pilih *activate*.



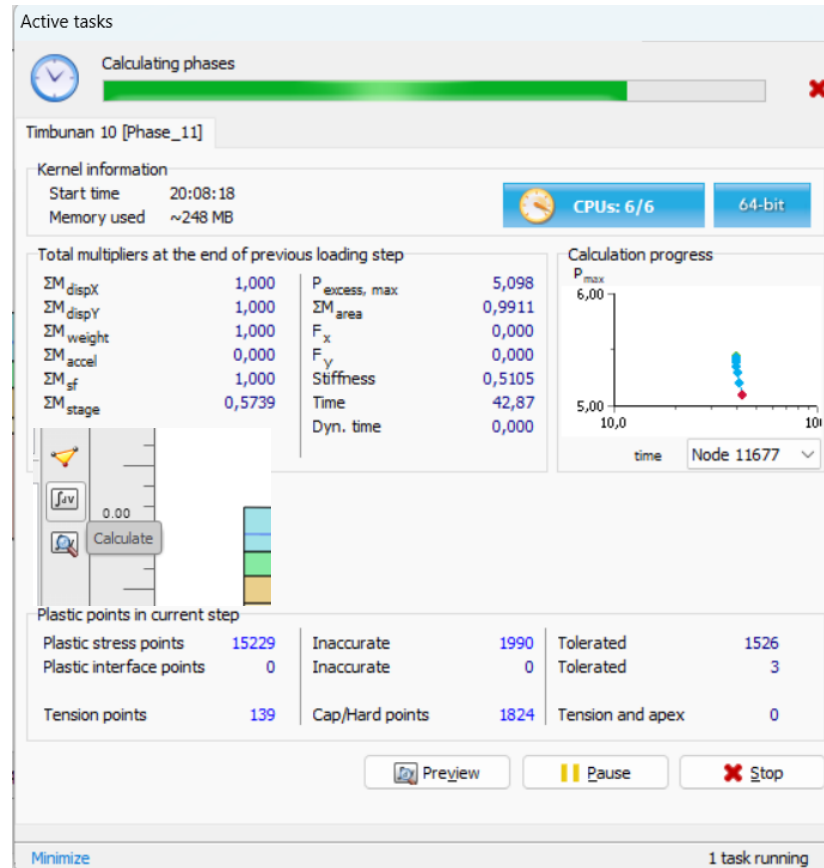
Gambar 3.25 Aktivasi Layer pada setiap *Construction Phases*



Gambar 3.26 Aktivasi Cerucuk dengan *Pilecap* dengan mencentang opsi *Plates* dan *Embedded Beam Rows*

9. Calculation

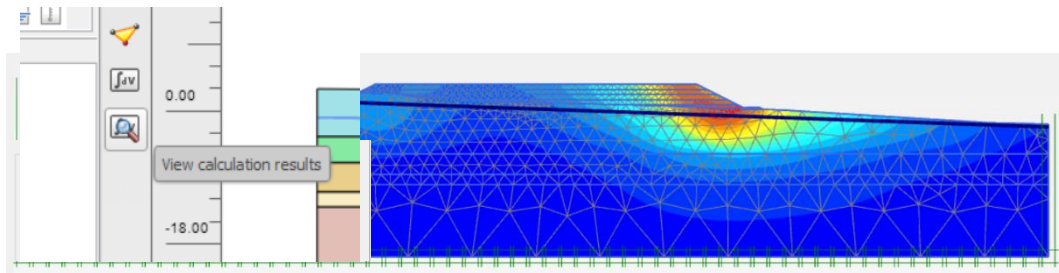
Setelah fase konstruksi dirincikan dan masing – masing tanah eksisting dan timbunan diaktivasi, selanjutnya pada tab *staged constructions* pilih *calculate*. Kemudian akan muncul jendela *active tasks* yang menunjukkan bahwa proses kalkulasi sedang berlangsung. Setelah itu akan muncul hasil kalkulasi, jika terdapat keterangan bahwa struktur *collapse* maka terjadi *failure* pada timbunan.



Gambar 3.27 Calculation Phases

10. Output Analysis

Hasil dari analisis seperti deformasi dapat dilihat dengan memilih *view calculation results*. Output yang dicari berupa deformasi, tegangan, penurunan, dan *safety factor* (SF). Gambar di bawah ini merupakan contoh *output* analisis berupa *total displacement*.

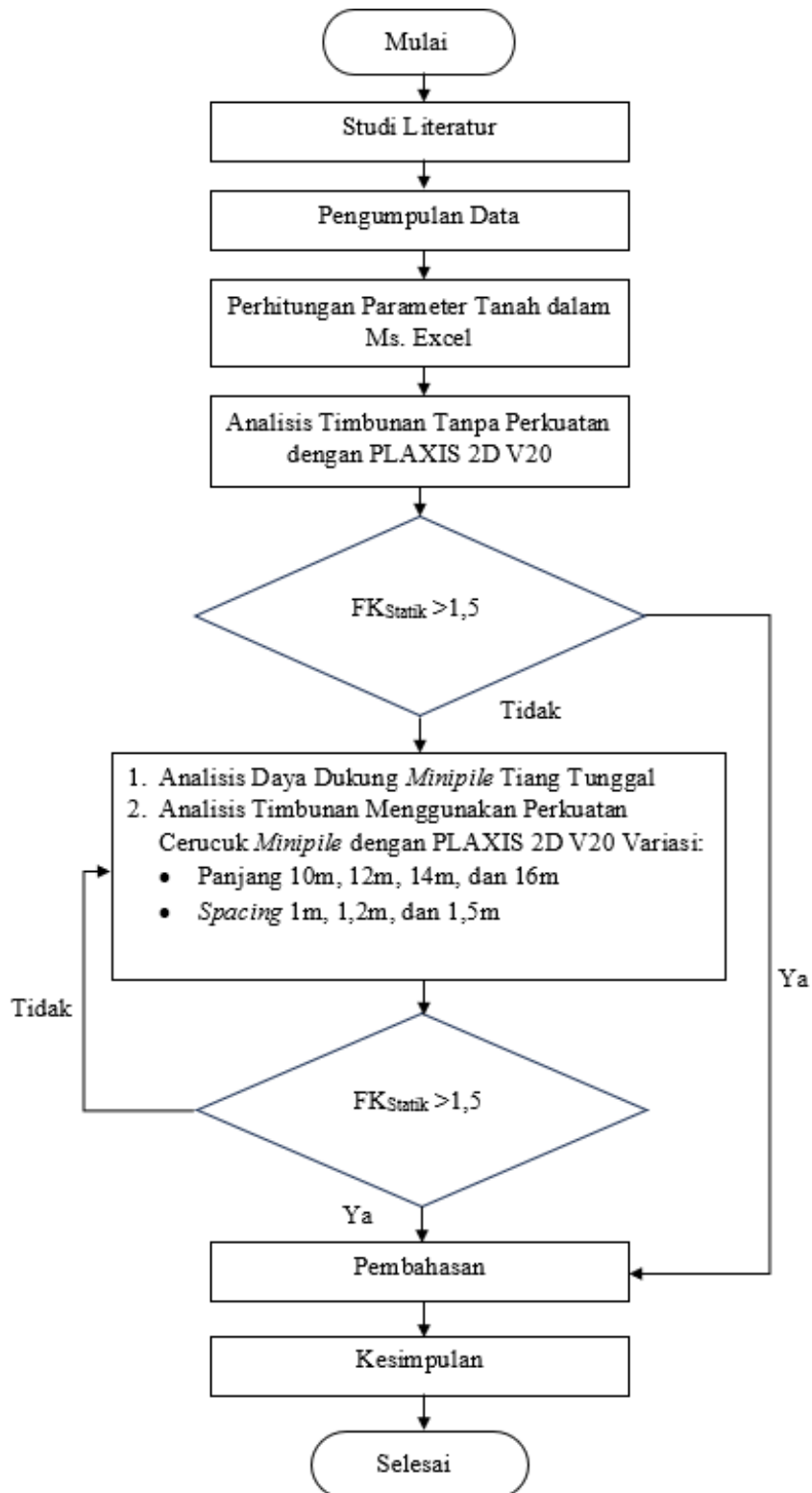


Gambar 3.28 *Calculation Results*

3.6 Kesimpulan dan Saran dari Hasil Analisis.

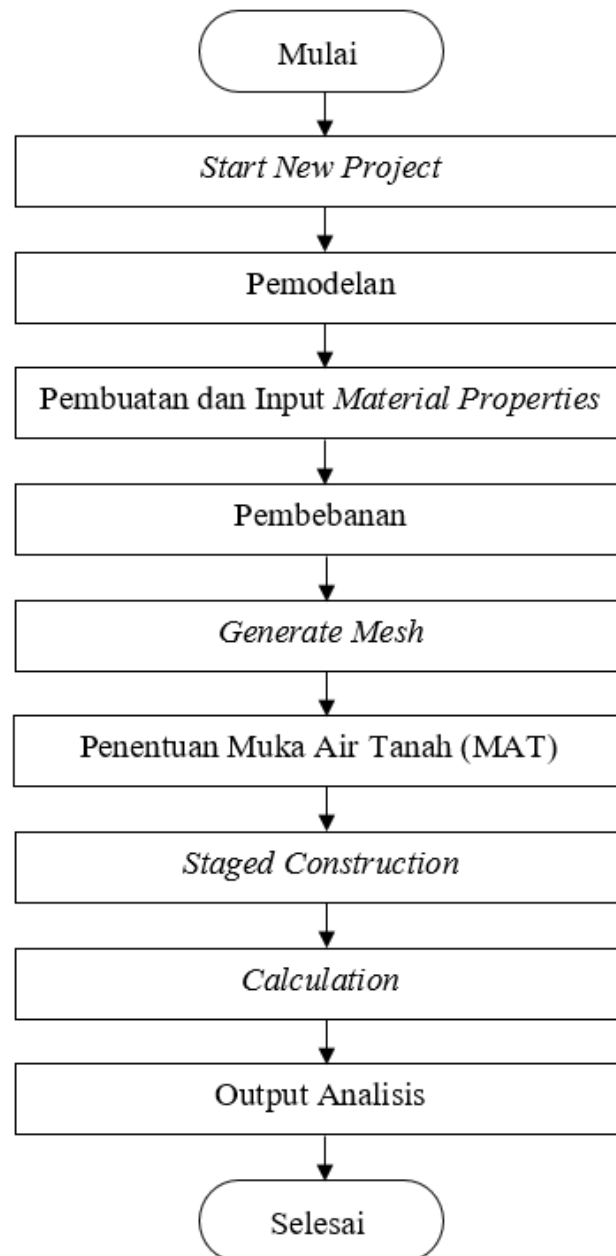
Pada tahap ini penulisan laporan berisi hasil analisis yang telah didapatkan. Selanjutnya pembuatan solusi dari masalah yang ada, serta pengambilan kesimpulan dari hasil pembahasan.

3.7 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.29 Diagram Alir Penelitian

3.7.1 Diagram Alir Analisis Menggunakan Program FEM 2D



Gambar 3.30 Diagram Alir Analisis Menggunakan Program FEM 2D