

ANALISIS STABILITAS DINDING PENAHAN TANAH DENGAN METODE NUMERIK

Tri Wahyu Kuningsih¹, Andina Prima Putri¹, Xbal Meiprastyo²

¹Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta
Jl. Sunter Permai Raya – Sunter Podomoro, Jakarta Utara 14350
¹triwahyukuningsih@yahoo.co.id

²Universitas Jenderal Ahmad Yani
Jl. Terusan Jendral Sudirman, Cimahi, Jawa Barat, 40285
²xbal.meiprastyo@gmail.com

ABSTRAK

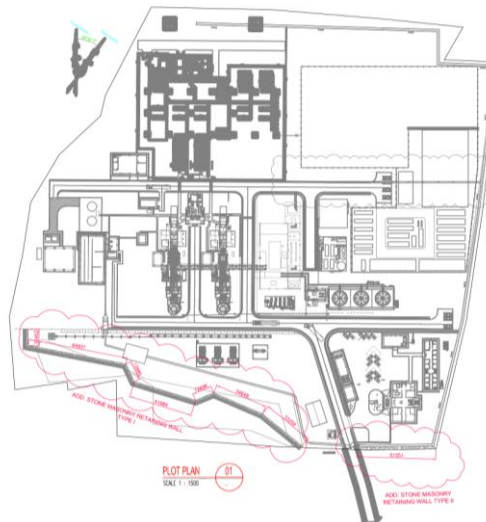
Salah satu upaya untuk melindungi bangunan-bangunan yang ada adalah dengan pembuatan dinding penahan tanah (*retaining wall*) di sekitar PLTG. Dalam perencanaan dinding penahan tanah, besarnya angka keamanan yang diperoleh harus di atas batas yang telah ditentukan. Penelitian ini menganalisis stabilitas dinding penahan tanah tipe gravitasi. Analisis yang dilakukan dengan menggunakan software PLAXIS dan perhitungan manual (metode Rankine). Analisis stabilitas tanah ditinjau dari segi pergeseran, penggulingan serta penurunan daya dukung tanah. Stabilitas terhadap pergeseran berdasarkan metode numeris (program PLAXIS) untuk dinding penahan tanah tipe 1 dan 2 besarnya di atas standar kriteria minimum ($SF > 1,55$). Faktor keamanan dinding penahan tanah tipe 1 sebesar 2,7 dan dinding penahan tanah tipe 2 sebesar 2,5 yang artinya aman terhadap pergeseran. Perhitungan manual untuk dinding penahan tanah tipe 1 ($SF = 1,59$) dan tipe 2 ($SF = 1,81$) juga besarnya di atas standar kriteria minimum yang ditetapkan. Stabilitas terhadap penggulingan berdasarkan perhitungan manual untuk dinding penahan tanah tipe 1 ($SF = 2,47$) dan dinding penahan tipe 2 ($SF = 2,01$) besarnya di atas standar kriteria minimum ($SF > 2,00$).

Kata kunci: *dinding penahan tanah, stabilitas, numeris,*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proyek peningkatan kapasitas Pembangkit Listrik Tenaga Gas Senipah terletak di Provinsi Kalimantan Timur. Sejalan dengan direncanakannya proyek tersebut perlu juga diimbangi dengan peningkatan dan perbaikan terhadap area atau kawasan yang ada. Perbaikan tersebut perlu dilakukan sebagai upaya untuk melindungi bangunan-bangunan yang sudah ada agar tetap kokoh hingga umur rencana bangunan. Salah satu upaya untuk melindungi bangunan-bangunan yang ada adalah dengan pembuatan dinding penahan tanah (*retaining wall*) di sekitar PLTG. Denah rencana pembangunan retaining wall dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi rencana dinding penahan tanah (*retaining wall*) di sekitar PLTG

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk menghitung dan menganalisis stabilitas dari dinding penahan tanah (*retaining wall*) dengan menggunakan analisis numerik (program *software*). Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui stabilitas dari dinding penahan tanah (*retaining wall*) berdasarkan hasil analisis numerik dan membandingkan dengan hasil perhitungan manual.

1.3 Batasan Masalah

Pembatasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Perhitungan hanya membahas metode perhitungan numeris (software PLAXIS) dan manual (Metode Rankine).
- b. Material yang digunakan:
Stone masonry : $\gamma_m = 25 \text{ kN/m}^3$
Reinforced concrete density : $\gamma_c = 2400 \text{ kg/m}^3$
Modulus of concrete (E_c) : $4700\sqrt{f'c}$
- c. Perhitungan angka keamanan (*safety factor*) dari dinding penahan tanah (*retaining wall*).
- d. Standar spesifikasi untuk dinding penahan tanah menggunakan ASTM C1372.
- e. Standar spesifikasi struktur beton untuk bangunan menggunakan ACI 318-11.

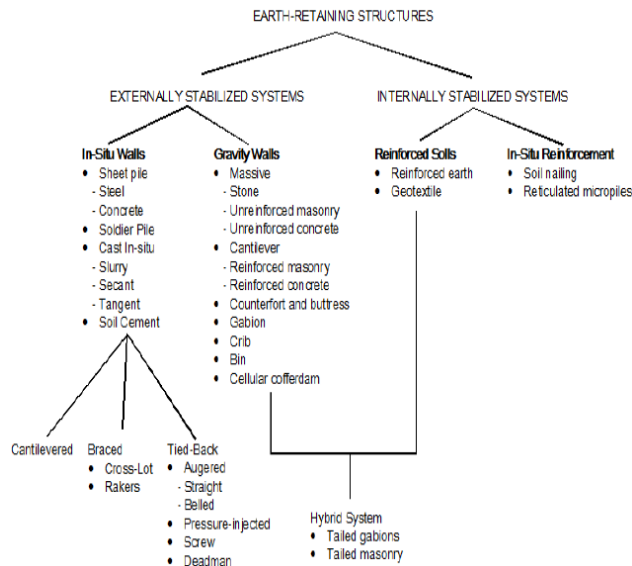
2. LANDASAN TEORI

3.1 Dinding Penahan Tanah

Pada awalnya dibuatnya dinding penahan tanah (*retaining wall*) akibat bertambah luasnya pemakaian konstruksi penahan yang digunakan sebagai tempat penimbunan atau penyimpanan bahan – bahan yang berbentuk butiran. Dinding penahan tanah (*retaining wall*) digunakan untuk mencegah material agar tidak longsor. Dinding penahan tanah (*retaining wall*) adalah suatu bangunan yang dibangun untuk mencegah keruntuhan tanah yang curam atau lereng yang dibangun di tempat di mana kemantapannya tidak dapat dijamin oleh lereng tanah itu sendiri, dipengaruhi oleh kondisi gambaran topografi tempat itu, bila dilakukan pekerjaan tanah seperti penanggulangan atau pemotongan tanah (Sudarmanto, 1996).

3.2 Macam – macam Dinding Penahan Tanah

O'Rourke dan Jones, 1990, mengklasifikasikan dinding penahan tanah menjadi dua kategori yaitu sistem stabilisasi eksternal dan sistem stabilisasi internal serta sistem *hybrid* yang merupakan kombinasi kedua metode tersebut, disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Klasifikasi Dinding Penahan Tanah

3.3 Perencanaan Dinding Penahan Tanah

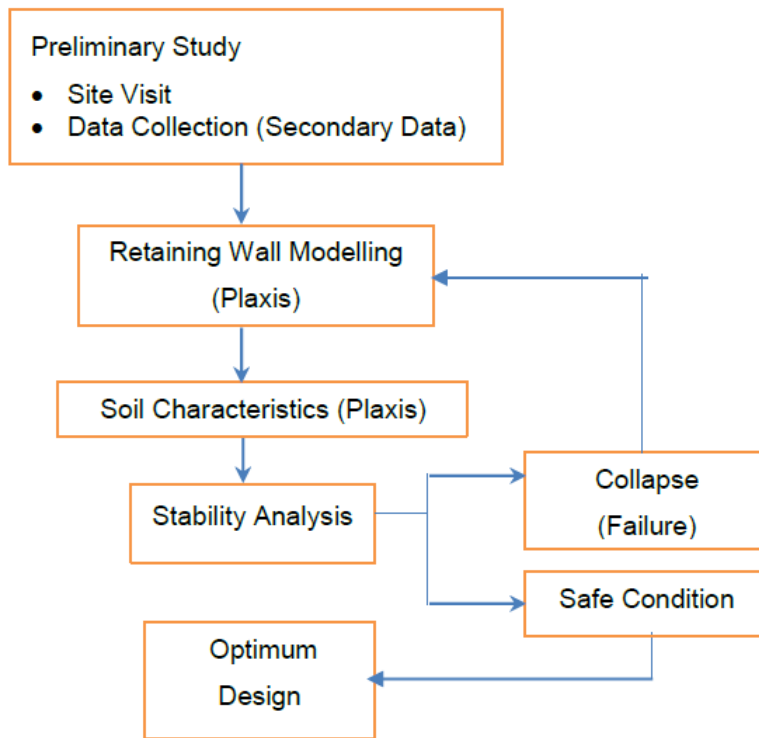
Merencanakan dinding penahan tanah dengan langkah – langkah sebagai berikut (Hardiyatmo, 2014):

- a. Menetapkan jenis dinding penahan tanah yang paling sesuai.
- b. Merencanakan ukuran / dimensi dinding penahan tanah yang diperlukan.
- c. Hitung gaya – gaya yang bekerja di atas dasar fondasi dinding penahan tanah.
- d. Tentukan letak resultan gaya-gaya yang bekerja. Letak dari resultan tersebut digunakan untuk mengetahui kestabilan dinding penahan tanah terhadap bahaya penggulingan.
- e. Mengontrol stabilitas dinding penahan tanah terhadap bahaya guling, bahaya geser dan bahaya kelongsoran daya dukung.
- f. Merencanakan struktu atau konstruksi sehingga dinding penahan tanah mampu memikul segala beban atau muatan yang dipikul.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Bagan Alir

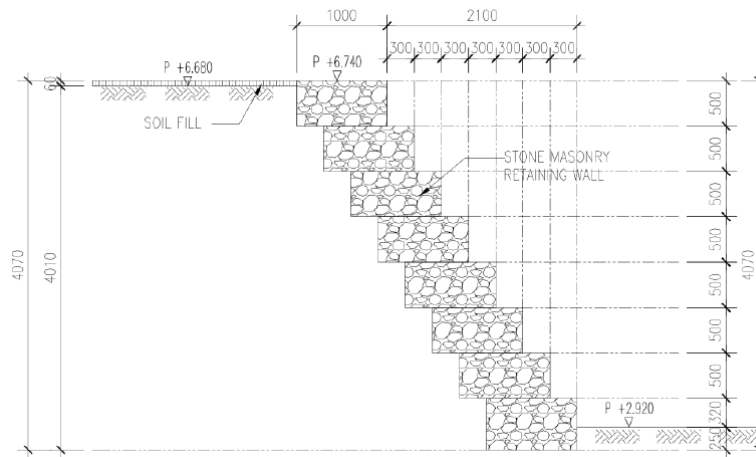
Bagan alir penelitian ini disajikan pada Gambar 3.



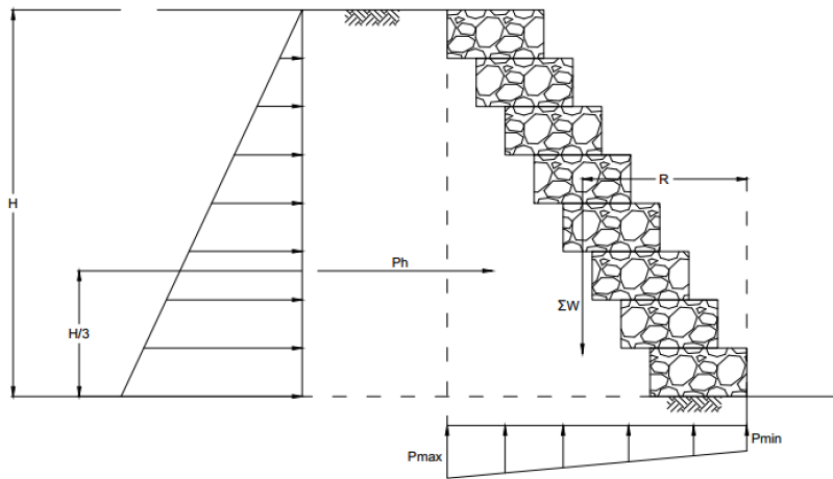
Gambar 3. Bagan Alir Penelitian

3.2 Desain Dinding Penahan Tanah

a. Dinding Penahan Tanah Tipe 1

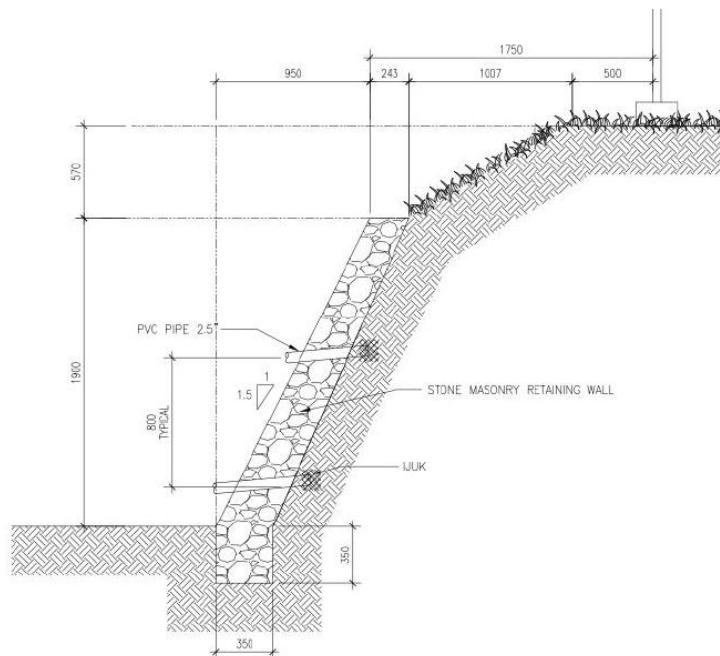


Gambar 4. Desain Dinding Penahan Tipe 1

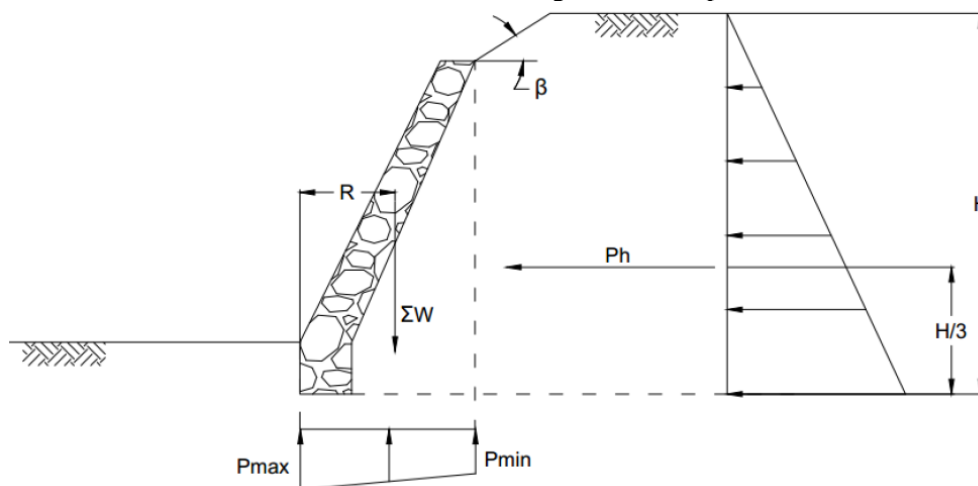


Gambar 5. Pemodelan distribusi tekanan (dinding penahan tanah tipe 1)

b. Dinding Penahan Tanah Tipe 2



Gambar 6. Desain Dinding Penahan Tipe 2



Gambar 7. Pemodelan distribusi tekanan (dinding penahan tanah tipe 1)

3.3 Metode Perhitungan Dinding Penahan Tanah

a. Perhitungan gaya vertical dan momen terhadap kaki depan

$$W = A \times \gamma_{beton} \quad (3.1)$$

$$M = W \times l \quad (3.2)$$

keterangan:

W	= berat (kN)
A	= Luas penampang (m^2)
γ_{beton}	= berat isi beton (kN/m^3)
M	= Momen (kNm)
l	= jarak (m)

b. Tekanan Tanah (*Earth Pressure*)

Menurut teori Rankine, untuk tanah yang berpasir tidak kohesif, besarnya gaya lateral pada satuan lebar dinding akibat tekanan tanah aktif pada dinding setinggi H dapat dinyatakan dengan:

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_a \quad (3.3)$$

keterangan:

K_a	= koefisien tekanan tanah aktif
γ	= berat isi tanah (kN/m^3)
H	= tinggi dinding penahan tanah (m)
P_a	= tekanan aktif tanah (kN/m)

$$K_a = \cos \beta \frac{\cos \beta - (\sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi})}{\cos \beta + (\sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi})} \quad (3.4)$$

keterangan:

ϕ	= sudut geser dalam
β	= sudut tanah timbunan

c. Stabilitas Terhadap Penggeseran

Akibat gaya – gaya lateral seperti tekanan tanah aktif (P_a) yang bekerja, maka dinding penahan tanah dapat bergeser. Gaya – gaya lateral P_a tersebut akan mendapatkan perlawanan dari tekanan tanah pasif P_p dan gaya gesek antara dasar dinding dan tanah,

$$FS = \frac{\mu \sum W}{\sum P_h} \quad (3.5)$$

$$FS > 1.55$$

keterangan:

$\sum W$	= weight of wall
μ	= coefficient of friction
$\sum P_h$	= total active earth pressure

d. Stabilitas Terhadap Penggulingan

Tekanan tanah lateral yang diakibatkan oleh tanah urug di belakang dinding penahan, cenderung menggulingkan dinding dengan pusat rotasi pada ujung kaki depan pelat fondasi. Momen

penggulingan dinding dengan pusat rotasi pada ujung kaki depan pelat fondasi. Momen penggulingan ini, dilawan oleh momen akibat berat sendiri dinding penahan dan momen akibat berat tanah di atas pelat fondasi.

$$FS = \frac{\sum M_R}{\sum M_0} \quad (3.6)$$

$$FS > 2,00$$

keterangan:

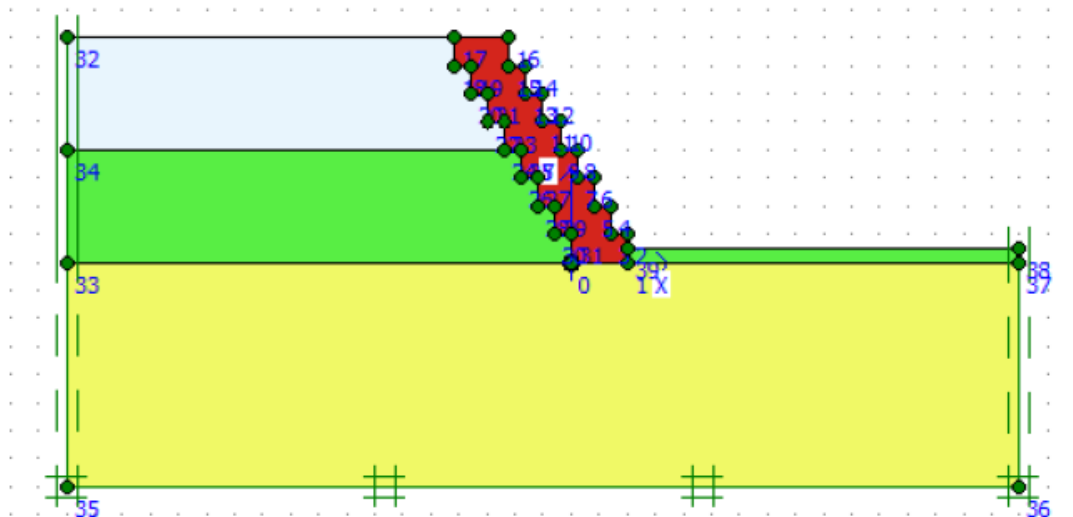
$$\begin{aligned} \sum M_R &= \text{momen terhadap berat sendiri fondasi (kNm)} \\ \sum M_0 &= \text{momen terhadap tekanan tanah aktif (kNm)} \end{aligned}$$

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan dengan Program PLAXIS

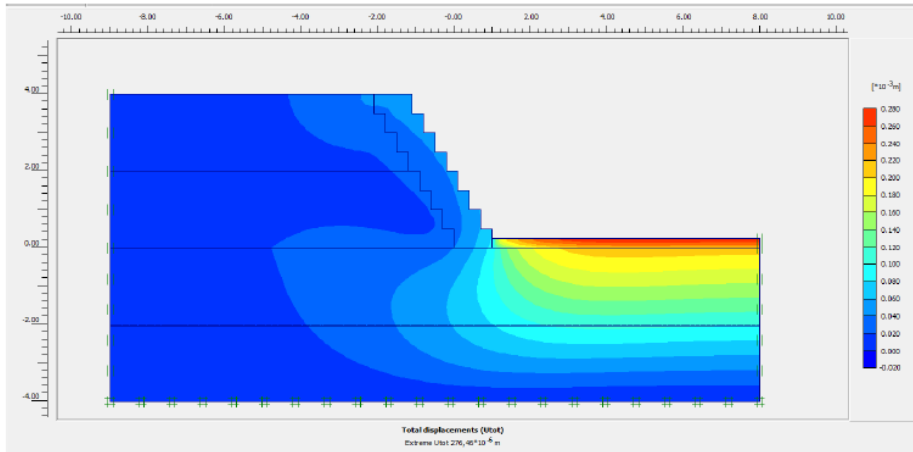
a. Dinding Penahan Tanah Tipe 1

Dinding penahan tanah tipe 1 dimodelkan dalam PLAXIS yang disajikan pada Gambar 8.



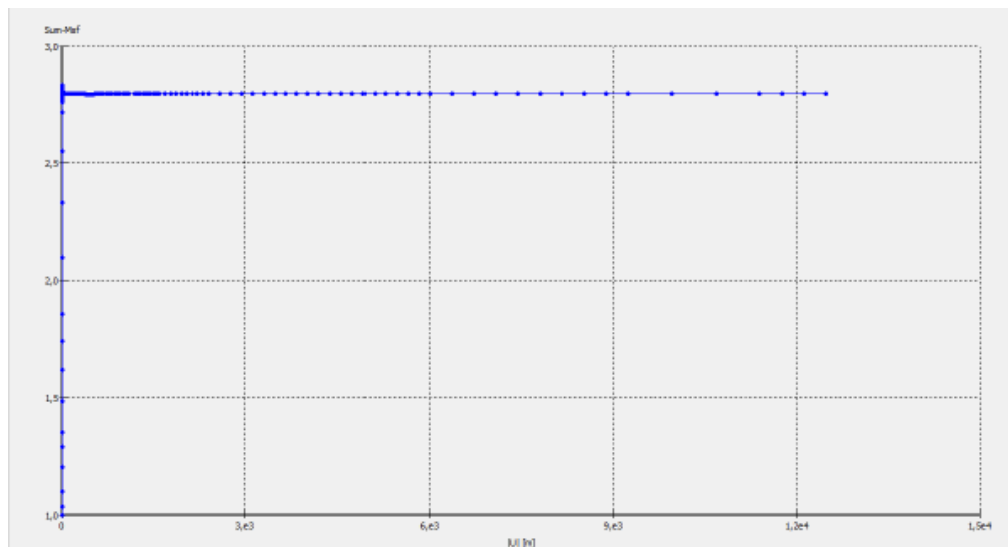
Gambar 8. Pemodelan Dinding Penahan Tanah Tipe 1

Analisis PLAXIS memberikan informasi tentang besarnya deformasi tanah yang terjadi, disajikan pada Gambar 9 di bawah ini. Dari hasil analisis didapatkan besarnya *total displacements* adalah 0,276 mm.



Gambar 9. Besarnya *total displacements* (dinding penahan tanah tipe 1)

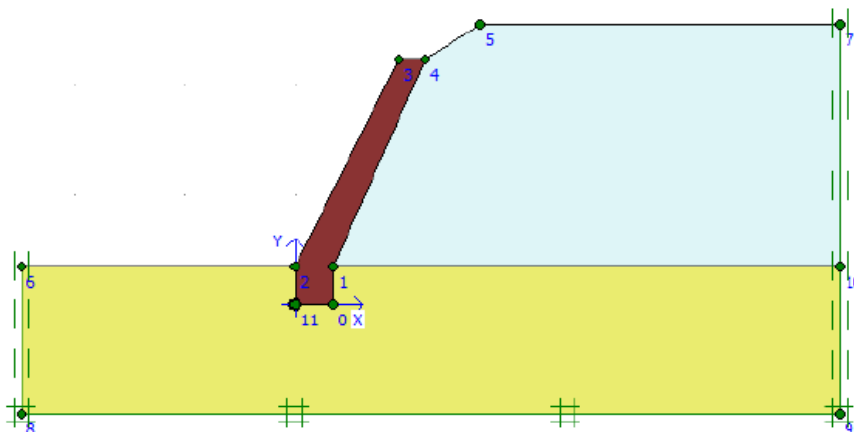
Dari analisis, faktor keamanan Dinding penahan tanah tipe 1 adalah 2,7 yang artinya lebih besar dari standar kriteria minimum angka aman yaitu 1,55.



Gambar 10. Nilai Faktor Keamanan (Dinding Penahan Tanah Tipe 1)

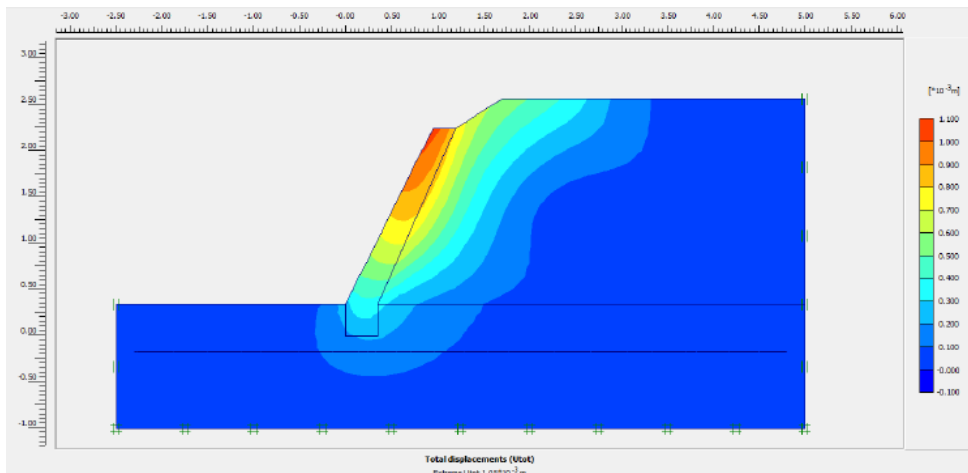
b. Dinding Penahan Tanah Tipe 2

Dinding penahan tanah tipe 2 dimodelkan dalam PLAXIS disajikan pada Gambar 11 di bawah ini.



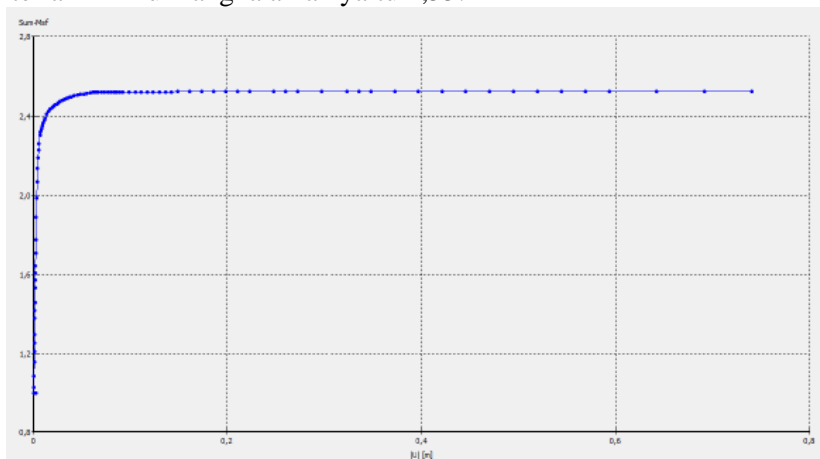
Gambar 11. Pemodelan Dinding Penahan Tanah Tipe 2

Analisis PLAXIS memberikan informasi tentang besarnya deformasi tanah yang terjadi, disajikan pada Gambar 12 di bawah ini. Dari hasil analisis didapatkan besarnya *total displacements* adalah 1.05 mm.



Gambar 12. Besarnya *total displacements* (dinding penahan tanah tipe 2)

Hasil analisis, faktor keamanan dinding penahan tanah tipe 2 adalah 2,5 yang artinya lebih besar dari standar kriteria minimum angka aman yaitu 1,55.



Gambar 13. Nilai Faktor Keamanan (Dinding Penahan Tanah Tipe 2)

4.2 Perhitungan Manual

a. Dinding Penahan Tanah Tipe 1

Input data dan hasil perhitungan untuk dinding penahan tanah tipe 1 disajikan pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Input data untuk perhitungan dinding penahan tanah tipe 1

NO	COMPONENT	SYMBOL	VALUE	UNIT
1	Height	H	4	M
2	Base width	b_w	1	M
3	Top width	t_w	1	M
4	Unit weight of soil	γ_s	17.4	kN/m ³
5	Unit weight of masonry	γ_m	25	kN/m ³
6	Angle of repose	ϕ	29.66	Degrees
7	Coefficient of friction	μ	0.75	assumpt.

Tabel 2. Input data untuk perhitungan dinding penahan tanah tipe 1 (lanjutan)

NO	LOAD	MAGNITUDE (kN)		DISTANCE FROM TOE (m)	MOMENT ABOUT TOE (kN-m)	Remarks
1	W_1	$0.5 \times (1) \times 25$	12.5	2.6	32.5	
2	W_2	$0.5 \times (1) \times 25$	12.5	2.3	28.75	
3	W_3	$0.5 \times (1) \times 25$	12.5	2	25	
4	W_4	$0.5 \times (1) \times 25$	12.5	1.7	21.25	
5	W_5	$0.5 \times (1) \times 25$	12.5	1.4	17.5	
6	W_6	$0.5 \times (1) \times 25$	12.5	1.1	13.75	
7	W_7	$0.5 \times (1) \times 25$	12.5	0.8	10	
8	W_8	$0.5 \times (1) \times 25$	12.5	0.5	6.25	
		ΣW	100		155	ΣM_R
3	P_H	$K_a \times \gamma \times H^2 \times 0.5$	47.03916	1.3	62.71887577	ΣM_O
a)	Check Against Overturning					
		$\Sigma M_R / \Sigma M_O \geq 2.0$			2.471345318	OK!
b)	Check Against Sliding					
		$\mu \Sigma W / P_H \geq 1.55$			1.594416334	OK!
c)	Check for Bearing Pressure					
	x	(Resultant Moment at Toe) / ΣW			0.922811242	
	e	$b_w / 2 - x$			-0.422811242	
	P_{min}	$\Sigma W / b \times [1 - (6e) / b]$			353.6867454	
	P_{max}	$\Sigma W / b \times [1 + (6e) / b]$			-153.6867454	

b. Dinding Penahan Tanah Tipe 2

Input data dan hasil perhitungan untuk dinding penahan tanah tipe 2 disajikan pada Tabel 3 dan 4.

Tabel 3. Input data untuk perhitungan dinding penahan tanah tipe 2

NO	COMPONENT	SYMBOL	VALUE	UNIT
1	Height	H	1.9	m
2	Base width	b_w	0.35	m
3	Top width	t_w	0.243	m
4	Unit weight of soil	γ_s	16	kN/m ³
5	Unit weight of masonry	γ_m	25	kN/m ³
6	Angle of repose	ϕ	30	degrees
7	Coefficient of friction	μ	0.7	assumpt.

8 Angle of srcharge	β	23.10633 degrees
Active earth pressure coeff. K_a		0.3

Tabel 4. Input data untuk perhitungan dinding penahan tanah tipe 2 (lanjutan)

NO	LOAD	MAGNITUDE (kN)	DISTANCE FROM TOE (m)	MOMENT ABOUT TOE (kN-m)	Remarks
1	W_1	$0.243 \times (1.9 + 0.32) \times 25$	13.4865	0.5965	8.04469725
2	W_2	$0.5 \times 1.9 \times (0.35 - 0.243) \times 25$	2.54125	0.314	0.798799583
3	W_3	$0.35 \times 0.35 \times 25$	3.0625	0.175	0.5359375
		ΣW	19.09025		9.379434333
3	P_H	$K_a \times \gamma \times H^2 \times (\cos \beta) \times 0.5$	7.36731	0.633333333	4.66596307
a)	Check Against Overturning				
		$\Sigma M_R / \Sigma M_O \geq 2.0$			2.010181862
b)	Check Against Sliding				
		$\mu \Sigma W / P_H \geq 1.55$			1.813847225
c)	Check for Bearing Pressure				
	x	(Resultant Moment at Toe) / ΣW			0.246904638
	e	$b_w / 2 - x$			-0.071904638
	P_{min}	$\Sigma W / b \times [1 - (6e) / b]$			121.7767558
	P_{max}	$\Sigma W / b \times [1 + (6e) / b]$			-12.68961291

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- a. Stabilitas terhadap penggeseran berdasarkan metode numeris (program PLAXIS) untuk dinding penahan tanah tipe 1 dan 2 besarnya di atas standar kriteria minimum ($SF > 1,55$). Faktor keamanan dinding penahan tanah tipe 1 sebesar 2,7 dan dinding penahan tanah tipe 2 sebesar 2,5 yang artinya aman terhadap penggeseran. Perhitungan manual untuk dinding penahan tanah tipe 1 ($SF = 1,59$) dan tipe 2 ($SF = 1,81$) juga besarnya di atas standar kriteria minimum yang ditetapkan.
- b. Stabilitas terhadap penggulingan berdasarkan perhitungan manual untuk dinding penahan tanah tipe 1 ($SF = 2,47$) dan dinding penahan tipe 2 ($SF = 2,01$) besarnya di atas standar kriteria minimum ($SF > 2,00$).
- c. Besarnya total displacements untuk dinding penahan tanah tipe 1 sebesar 0,276 mm dan dinding penahan tanah tipe 2 sebesar 1.05 mm.

6. DAFTAR PUSTAKA

Sudarmanto. 1996. "Konstruksi Beton 2". Jakarta: Pusat Pengembangan Pendidikan

Politeknik.

Hardiyatmo, Hary Christady. 2014. *Analisa dan Perencanaan Fondasi 1*. Gadjah Mada University, Yogyakarta.

ASTM C1372 Standard Specification for Segmental Retaining Wall
ACI 318-11, "Specification for Structural Concrete Buildings".