

ANALISIS STABILITAS DINDING PENAHAN TANAH MENGGUNAKAN METODE ANALITIS DAN METODE ELEMEN HINGGAIcha Fitria Ikma¹, Syiril Erwin², Sopar Parulian³, Rudianto Surbakti⁴^{1,2,3,4}Politeknik Negeri MedanEmail: ichafitria2210@gmail.com

Abstrak: Basement merupakan bagian dari bangunan yang terletak sebagian atau seluruhnya di bawah permukaan tanah. Pembangunan dinding penahan tanah menjadi sebuah keharusan dalam pekerjaan galian pada bangunan tingkat tinggi. Dinding penahan tanah merupakan struktur yang penting dalam rekayasa sipil yang dirancang untuk mendukung dan menahan massa tanah di sekeliling bangunan, terutama pada area basement. Penelitian mengenai stabilitas dinding penahan tanah bertujuan untuk menjaga kestabilan agar bidang tanah tidak bergeser atau longsor. Penelitian ini dilakukan pada Proyek Pembangunan Rumah Sakit Stella Maris Medan yang memiliki 2 (dua) lantai basement dan proyek ini menggunakan dinding penahan tanah tipe spun pile sepanjang 13,2 m dengan lokasi proyek ini yang sangat dekat jaraknya dengan bangunan eksisting. Analisis stabilitas Dinding Penahan dikerjakan dengan menggunakan metode analitis dan metode elemen hingga. Dari hasil perhitungan analitis stabilitas Dinding Penahan Tanah diperoleh nilai stabilitas terhadap pergeseran (Fgs) $2,48 > 1,5$ (aman) dan nilai stabilitas terhadap penggulingan (Fgl) $1,92 < 2$ (tidak aman dan tidak runtuh). Berdasarkan hasil dengan menggunakan metode elemen hingga didapatkan hasil angka keamanan sebesar 1,196.

Kata kunci: Basement, Dinding Penahan, Stabilitas, Gedung.

Abstract: Basement is a part of a building that is located partially or completely below ground level. The construction of retaining walls is a must in excavation works in high-rise buildings. Retaining walls are important structures in civil engineering that are designed to support and retain the soil mass around the building, especially in the basement area. Research on retaining wall stability aims to maintain stability so that the ground plane does not shift or landslide. This research was conducted at the Stella Maris Medan Hospital Construction Project which has 2 (two) basement floors and this project uses a 13.2 m long spun pile type retaining wall with the location of this project which is very close to the existing building. Retaining Wall stability analysis is done using analytical method and finite element method. From the results of the analytical calculation of the stability of the Retaining Wall, the stability value against sliding (Fgs) $2,48 > 1,5$ (safe) and the stability value against overturning (Fgl) $1,92 < 2$ (not safe and not collapsing) were obtained. Based on the results using the finite element method, the safety number is 1,196.

Keywords: Basement, Retaining Wall, Stability, Building.

PENDAHULUAN

Bangunan tinggi biasanya dilengkapi dengan ruang bawah tanah (*basement*) yang pada tahap pelaksanaannya memerlukan dinding penahan tanah untuk memastikan stabilitas dan mendukung keamanan struktur. Basement merupakan ruangan pada bangunan yang sebagian atau seluruh permukaannya terletak di bawah permukaan tanah. Pembangunan dinding penahan tanah menjadi sebuah keharusan dalam pekerjaan galian pada bangunan tingkat tinggi. Hal ini dikarenakan agar tidak terjadi kelongsoran tanah pada saat pekerjaan *basement*.

Dinding penahan tanah merupakan struktur yang penting dalam rekayasa sipil yang dirancang untuk mendukung dan menahan massa tanah di sekeliling bangunan, terutama pada area *basement*. Penelitian mengenai stabilitas dinding penahan tanah bertujuan untuk menjaga kestabilan agar bidang tanah tidak bergeser atau longsor. Analisis yang cermat terhadap gaya yang bekerja pada dinding penahan tanah penting dilakukan untuk mengidentifikasi potensi kerusakan, guna memastikan keamanan struktur basement bekerja dengan baik tanpa mengalami kegagalan yang dapat mengakibatkan kerusakan serius pada bangunan serta mengancam keselamatan pengguna.

METODE PENELITIAN

Lokasi Studi

Lokasi studi berada di Jalan Samanhudi No. 20, JATI, Kec. Medan Maimun, Kota Medan, Sumatera Utara.



Gambar 1. Lokasi studi

Kebutuhan Data

Data-data yang dibutuhkan dalam studi diantaranya adalah :

1. Data hasil pengujian laboratorium.
2. Data hasil pengujian SPT (*Standar Penetration Test*) berdasarkan hasil tes drilling log pada lokasi studi.
3. Data tanah pada lokasi studi.

Metode Analisis

Tahapan pelaksanaan analisis dalam studi ini adalah sebagai berikut :

Analisis Tekanan Tanah Lateral.

Sebelum menganalisis stabilitas dari dinding penahan perlu diperhitungkan tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif agar didapatkan nilai dari faktor keamanannya. Dengan panjang dinding penahan spun pile 13,2 m dan diameter 0,8 m. Kedalaman dari basement yang akan dibangun yaitu sedalam 6,24 m dari permukaan tanah. Terdapat 5 (lima) lapisan tanah pada dinding penahan dalam studi ini.

Tabel 1. Data tiap lapisan tanah

Lapisan Tanah	c	γ	ϕ	Kedalaman
Lapisan 1	10,79 kN/m	15,02 kN/m ³	9°	0-1,4 m
Lapisan 2	10,79 kN/m	15,02 kN/m ³	9°	1,4 m – 3,5 m
Lapisan 3	10,79 kN/m	15,02 kN/m ³	9°	3,5 m – 7,8 m
Lapisan 4	1,96 kN/m	17,05 kN/m ³	27°	7,8 m – 11 m
Lapisan 5	9,81 kN/m	16,76 kN/m ³	22°	11 m -13,2 m

Rumus yang digunakan untuk perhitungan tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif yaitu rumus dengan metode rankine.

Koefisien tekanan tanah:

Aktif:

$$K_a = \frac{1 - \sin \theta}{1 + \sin \theta} = \tan^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right)$$

Pasif:

$$K_p = \frac{1 + \sin \theta}{1 - \sin \theta} = \tan^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right)$$

Tekanan tanah lateral:

Aktif:

$$\sigma_a = \gamma \times H \times K_a$$

Pasif:

$$\sigma_p = \gamma \times H \times K_p$$

Bila tanah urug mempunyai kohesi (c) dan sudut gesek dalam (φ), maka pada kedudukan Rankine, tekanan tanah lateral dinyatakan oleh persamaan:

$$\sigma_a = \gamma \times H \times K_a - (2 \times c \times \sqrt{K_a}) \text{ untuk aktif, dan}$$

$$\sigma_p = \gamma \times H \times K_p + (2 \times c \times \sqrt{K_p}) \text{ untuk pasif}$$

Gaya tanah aktif total per satuan lebar dinding:

Aktif:

$$P_a = 1/2 \times H \times \sigma_a$$

Pasif:

$$P_p = 1/2 \times H \times \sigma_p$$

Dimana,

γ : Berat jenis tanah (kN/m³)

H : Kedalaman

c : Kohesi

K_a : Koefisien aktif

P_a : Tekanan tanah aktif

σ_a	: Tekanan tanah lateral aktif
K_p	: Koefisien pasif
P_p	: Tekanan tanah pasif
σ_p	: Tekanan tanah lateral pasif

Metode Analitis.

Menganalisis stabilitas dari dinding penahan yang dilakukan dengan memperhitungkan keseluruhan gaya dan momen yang bekerja untuk mendapatkan nilai dari faktor keamanan terhadap penggulingan dan pergeseran.

Untuk mendapatkan nilai aman dari stabilitas dinding penahan tanah *spun pile* terhadap pergeseran dapat dihitung dengan membagikan momen penahan dengan momen yang menggeserkannya, rumusnya sebagai berikut :

$$Fgs = \frac{M_{penahan}}{M_{penggeser}}$$

Untuk mendapatkan nilai aman dari stabilitas dinding penahan tanah *spun pile* terhadap penggulingan dapat dihitung dengan membagikan momen penahan dengan momen yang menggulingkannya, rumusnya sebagai berikut :

$$Fgl = \frac{M_{penahan}}{M_{pengguling}}$$

Metode Elemen Hingga.

Membuat model numerik menggunakan perangkat lunak seperti *PLAXIS* untuk menganalisis stabilitas dinding penahan tanah. Dengan memasukkan data geoteknik dan desain ke dalam model untuk melakukan simulasi dengan tahapan-tahapan:

Geometri, tahap awal dalam mencari faktor keamanan dari dinding penahan dengan metode elemen hingga yaitu membuat proyek baru. Langkah yang dilakukan adalah memodelkan struktur tanah dengan masukan berupa pelapisan tanah.

Soil, selanjutnya adalah melakukan *input* parameter dari tiap lapisan tanah dan juga material dari struktur yang akan digunakan. Data didapatkan dari pengolahan data lapisan tanah dan data struktur dinding penahan *spun pile* itu sendiri.

Structures, selanjutnya adalah memasukkan strukturnya yaitu dinding penahan beserta parameternya kedalam pemodelan lapisan tanah pada *software plaxis*.

Mesh dan *flow condition*, setelah proses pemodelan geometri dan menginput parameter material dan struktur selesai dilakukan, maka tahapan selanjutnya yaitu proses *generating mesh*. Selanjutnya yaitu *flow condition*, yaitu tahap untuk membuat elevasi muka air tanah pada kedalaman tertentu/ yang diinginkan.

Stage constructions, tahapan *stage construction* dilakukan untuk membuat suatu tahapan-tahapan konstruksi agar sesuai seperti di lapangan, bagian ini memerintahkan program *PLAXIS* untuk melakukan perhitungan berbagai *phase* sesuai dengan kebutuhan. *Phase* digunakan juga untuk memantau perubahan kondisi tanah dan struktur. *Initial phase* yaitu fase awal analisis untuk menentukan bagaimana kondisi awal tanah dan struktur sebelum dilakukan analisis lebih dalam.

Langkah terakhir yaitu menganalisis hasil perhitungan dengan *software plaxis* untuk memantau perubahan kondisi tanah dan struktur.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Tekanan Tanah Lateral.

Dari data tiap-tiap lapisan tanah didapatkan nilai-nilai dari keseluruhan gaya dan momen yang bekerja pada tanah, yang digunakan untuk mendapatkan nilai faktor keamanan dinding penahan. Dari rumus perhitungan koefisien dari tanah aktif dan pasif, nilai koefisien tanahnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.Koefisien tanah aktif dan pasif

	Lapisan		Lapisan	Lapisan	
Metode Rankine	1	Lapisan 2	3	4	Lapisan 5
Ka	0.729	0.729	0.729	0.376	0.455
Kp	1.371	1.371	1.371	2.663	2.198

Untuk mendapatkan nilai lengan momen tekanan tanah diperlukan data kedalaman dari tiap lapisan tanah. Perhitungannya dengan $H/3$ dari lapisan tanah ditambah kedalaman lapisan tanah sampai titik resultan gaya / titik tumpu (O). Dengan momen adalah perkalian dari gaya total dikali lengan momen. Maka rekapitulasi hasil tekanan tanah aktif dan pasif beserta

perhitungan momennya dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 3.Keseluruhan Total Gaya dan Momen Tekanan Tanah Aktif dan Pasif

Mom		Mom		Momen		Momen	
Gaya	en	Gaya	en	Hidrosta	hidrostatik	Hidrosta	hidrostatik
Aktif	Aktif	Pasif	Pasif	tis aktif	aktif	tis pasif	s pasif
(Pa)	(Ma)	(Pp)	(Mp)	(Pw a)	(Mw a)	(Pw p)	(Mw p)
1300,	1962,	4815,					
424,7	4	1	7	461,5	1492,22	237,60	552,24

Metode Analitis.

Analisis stabilitas dari dinding penahan *spun pile* yang dilakukan dengan memperhitungkan keseluruhan gaya dan momen yang bekerja untuk mendapatkan nilai dari faktor keamanan terhadap penggulingan dan pergeseran.

Nilai aman dari stabilitas dinding penahan tanah *spun pile* terhadap pergeseran sebagai berikut :

Total momen penahan:

$$M_{\text{penahan}} = \sum P_p + P_w p$$

$$M_{\text{penahan}} = 2199,783 \text{ kN/m}$$

Total momen penggeser:

$$M_{\text{penggeser}} = \sum P_a + P_w a$$

$$M_{\text{penggeser}} = 886,217 \text{ kN/m}$$

$$F_{gs} = \frac{2199,783}{886,217} = 2,48$$

$$F_{gs} = 2,48 > 1,5 \text{ (Aman)}$$

Nilai aman dari stabilitas dinding penahan tanah *spun pile* terhadap penggulingan sebagai berikut :

Total momen penahan:

$$M_{\text{penahan}} = \sum M_p + M_w p$$

$$M_{\text{penahan}} = 5367,014 \text{ kN/m}$$

Total momen pengguling:

penahan. Dari rumus perhitungan koefisien dari tanah aktif dan pasif, nilai koefisien tanahnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. Koefisien tanah aktif dan pasif

Metode Rankine	Lapisan		Lapisan		Lapisan	
	1	Lapisan 2	3	4	Lapisan 5	
Ka	0.729	0.729	0.729	0.376	0.455	
Kp	1.371	1.371	1.371	2.663	2.198	

Untuk mendapatkan nilai lengan momen tekanan tanah diperlukan data kedalaman dari tiap lapisan tanah. Perhitungannya dengan $H/3$ dari lapisan tanah ditambah kedalaman lapisan tanah sampai titik resultan gaya / titik tumpu (O). Dengan momen adalah perkalian dari gaya total dikali lengan momen. Maka rekapitulasi hasil tekanan tanah aktif dan pasif beserta perhitungan momennya dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 5. Keseluruhan Total Gaya dan Momen Tekanan Tanah Aktif dan Pasif

Mome				Momen		Momen	
Gaya	n	Gaya	Mome	Hidrostat	hidrostat	Hidrostat	hidrostat
Aktif	Aktif	Pasif	n Pasif	is aktif	aktif	is pasif	s pasif
(Pa)	(Ma)	(Pp)	(Mp)	(Pw a)	(Mw a)	(Pw p)	(Mw p)
1300,	1962,						
424,7	4	1	4815,7	461,5	1492,22	237,60	552,24

Metode Analitis.

Analisis stabilitas dari dinding penahan *spun pile* yang dilakukan dengan memperhitungkan keseluruhan gaya dan momen yang bekerja untuk mendapatkan nilai dari faktor keamanan terhadap penggulingan dan pergeseran.

Nilai aman dari stabilitas dinding penahan tanah *spun pile* terhadap pergeseran sebagai berikut :

Total momen penahan:

$$M_{\text{penahan}} = \sum P_p + P_w p$$

$$M_{\text{penahan}} = 2199,783 \text{ kN/m}$$

Total momen penggeser:

$$M_{\text{penggeser}} = \sum P_a + P_w a$$

$$M_{\text{penggeser}} = 886,217 \text{ kN/m}$$

$$F_{gs} = \frac{2199,783}{886,217} = 2,48$$

$$F_{gs} = 2,48 > 1,5 \text{ (Aman)}$$

Nilai aman dari stabilitas dinding penahan tanah *spun pile* terhadap penggulingan sebagai berikut :

Total momen penahan:

$$M_{\text{penahan}} = \sum M_p + M_w p$$

$$M_{\text{penahan}} = 5367,014 \text{ kN/m}$$

Total momen pengguling:

$$M_{\text{pengguling}} = \sum M_a + M_w a$$

$$M_{\text{pengguling}} = 2792,629 \text{ kN/m}$$

$$F_{gl} = \frac{5367,014}{2792,629} = 1,922$$

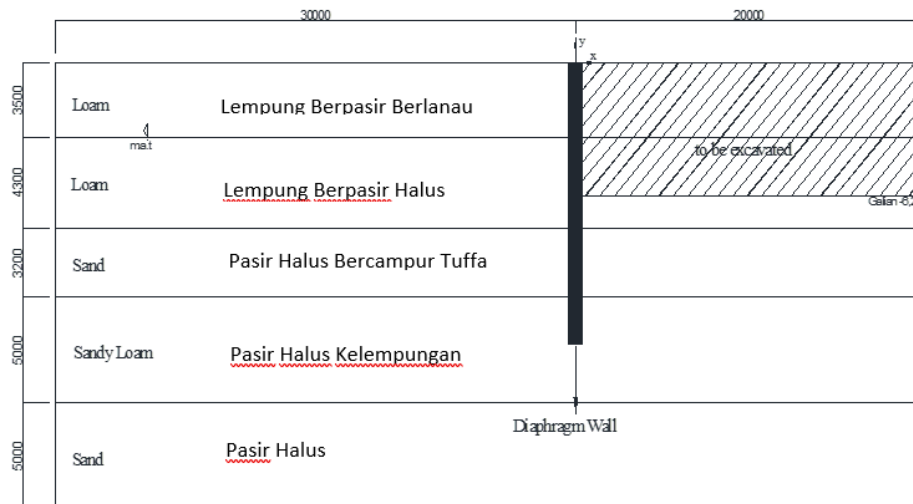
$$F_{gl} = 1,922 > 2 \text{ (Tidak Aman dan Tidak Runtuh)}$$

Aman atau tidaknya dinding penahan tergantung dari runtuh atau tidak runtuhnya dinding itu sendiri. Jika nilai nilai aman dinding penahan yang didapatkan dibawah satu maka dinding penahan akan runtuh, dan jika nilai aman dinding penahan diatas satu tetapi tidak mencapai nilai aman yang disyaratkan maka dinding penahan tidak aman dan tidak akan runtuh.

Metode Elemen Hingga.

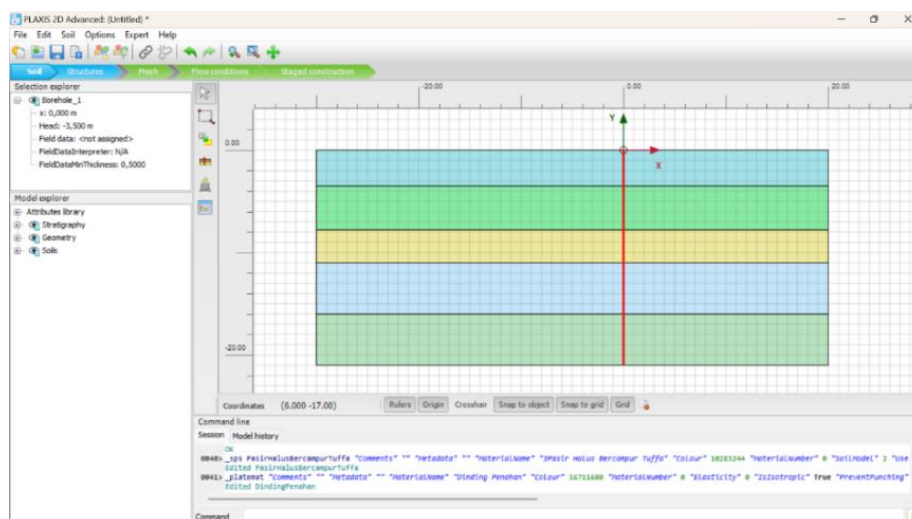
Metode elemen hingga merupakan cara pendekatan solusi analisis struktur secara numerik.. Dengan memasukkan data geoteknik dan desain ke dalam model untuk melakukan simulasi

Geometri, tahap awal dalam mencari faktor keamanan dari dinding penahan dengan metode elemen hingga yaitu membuat proyek baru. Langkah yang dilakukan adalah memodelkan struktur tanah dengan masukan berupa pelapisan tanah. Memasukkan geometri untuk batas arah horizontal (x) dan vertikal nya (y).



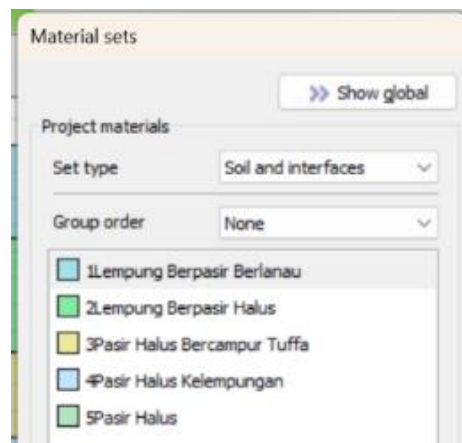
Gambar 2. Permodelan Geometri

Kemudian menggambarkan tiap lapisan tanah dengan menggunakan *borehole* yang ada pada *window*. Masukkan kedalaman tanah yang diinginkan dan juga jenis-jenis tanah dari setiap lapisan tanah yang direncanakan. Klik *add phase* untuk menambahkan jenis tanah pada lapisan tanah yang baru dan masukkan -3,5 untuk muka air tanah pada *head*.



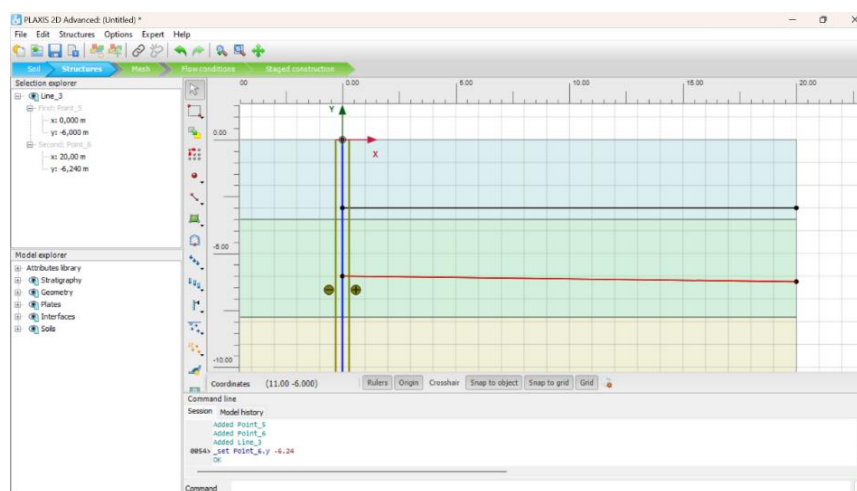
Gambar 3. Gambar BoreHole

Soil, Langkah selanjutnya adalah melakukan *input* parameter dari tiap lapisan tanah dan juga material dari struktur yang akan digunakan. Klik *show materials* untuk *input* parameter kemudian *set type-soil and interfaces* untuk lapisan tanah dan *set type-plates* untuk struktur.



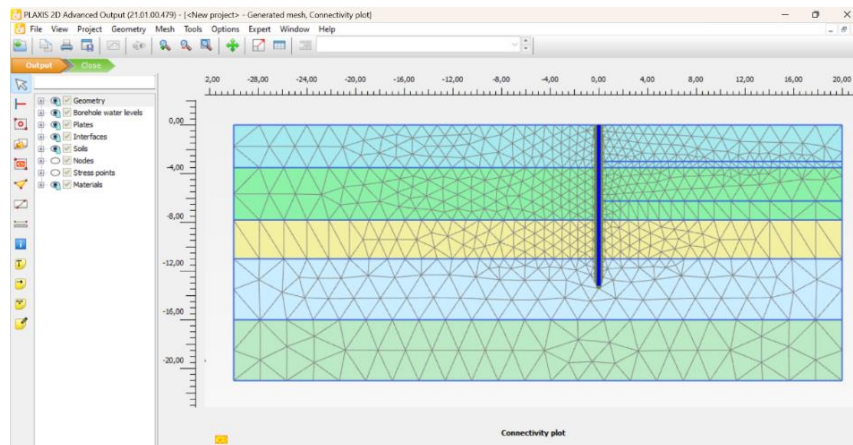
Gambar 4. *Material Sets*

Structures, selanjutnya adalah memasukkan strukturnya yaitu dinding penahan beserta parameternya kedalam pemodelan lapisan tanah pada *software plaxis*. Pada pekerjaan ini dapat digambarkan batas galian seperti kedalaman -3 m untuk galian satu dan -6,24 m untuk galian dua pada pemodelan tanahnya.



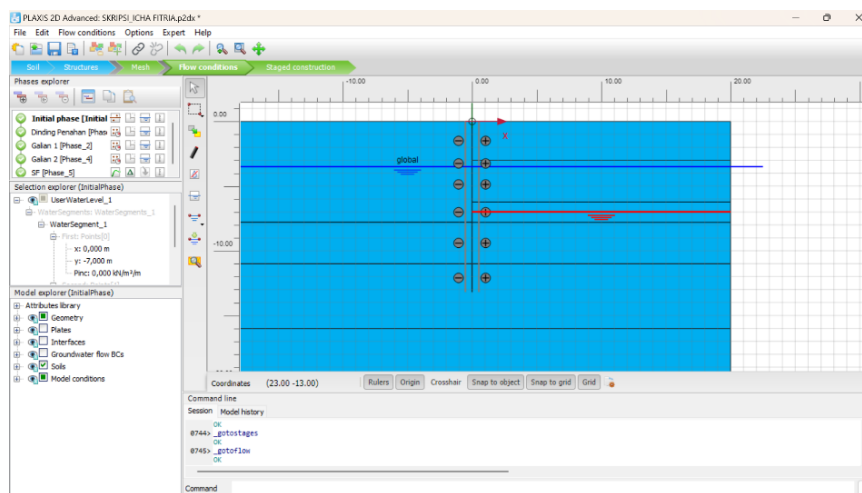
Gambar 5. Lapisan Galian Tanah

Mesh dan *flow condition*, setelah proses pemodelan geometri dan menginput parameter material dan struktur selesai dilakukan, maka tahapan selanjutnya yaitu proses *generating mesh*, dilakukan dengan meng-klik *generate mesh* .



Gambar 6. *Generate Mesh*

Selanjutnya yaitu *flow condition*, yaitu tahap untuk membuat elevasi muka air tanah pada kedalaman tertentu/ yang diinginkan. Jika ada perbedaan elevasi muka air tanah maka bisa dibuatkan pada mode ini dengan klik *create water level* .

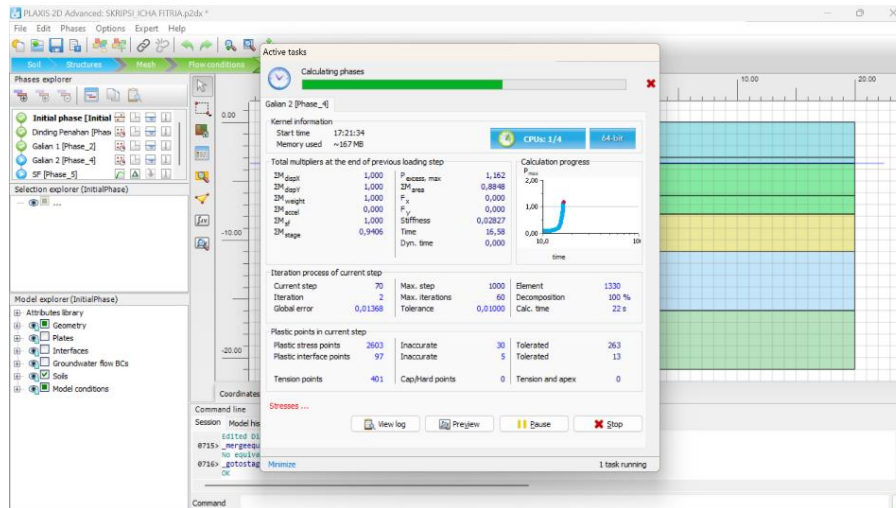


Gambar 7. *Flow Condition*

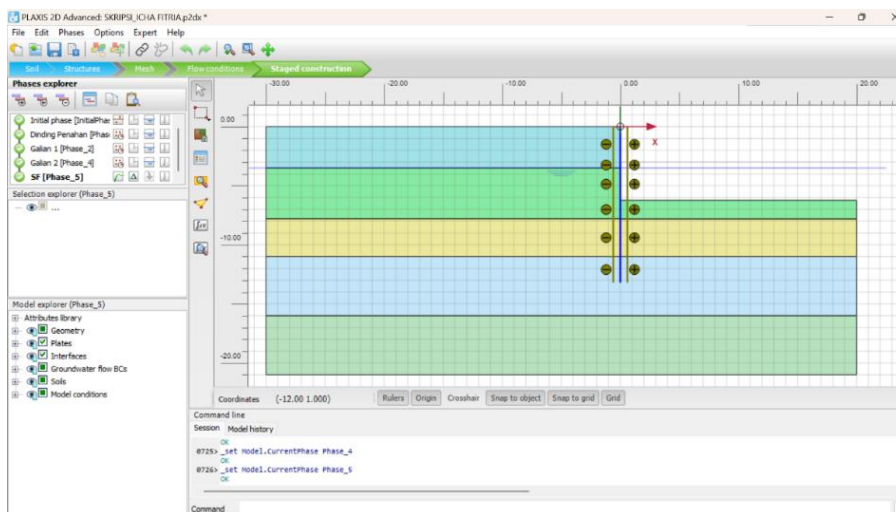
Stage constructions, tahapan *stage construction* dilakukan untuk membuat suatu tahapan-tahapan konstruksi agar sesuai seperti di lapangan, bagian ini memerintahkan program *PLAXIS* untuk melakukan perhitungan berbagai *phase* sesuai dengan kebutuhan. *Phase* digunakan juga untuk memantau perubahan kondisi tanah dan struktur. *Initial phase* yaitu fase awal analisis untuk menentukan bagaimana kondisi awal tanah dan struktur sebelum dilakukan analisis lebih dalam. Dalam pekerjaan ini dimasukkan judul dan nama bab yang dibutuhkan.

Menganalisis hasil perhitungan dengan *software plaxis* untuk memantau perubahan

kondisi tanah dan struktur dengan klik (*calculate*)  pada *side menu* di *plaxis*, lalu *plaxis* akan memulai perhitungan.

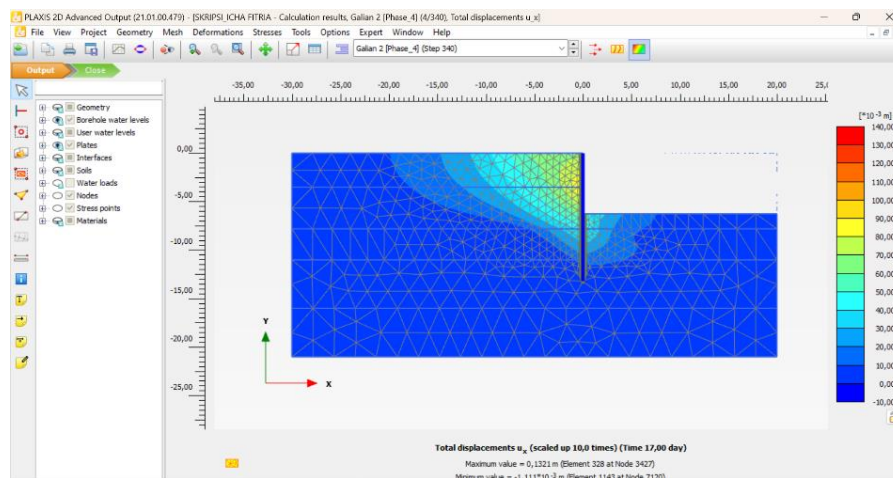


Gambar 8. Perhitungan Phases



Gambar 9. Phases Explorer

Langkah selanjutnya yaitu menganalisis hasil perhitungan dengan *software plaxis* untuk memantau perubahan kondisi tanah dan struktur dengan klik (*calculate*)  pada *side menu* di *plaxis*, lalu *plaxis* akan memulai perhitungan. Dari hasil *output* perhitungan *plaxis* dapat dilihat jika nilai dari *safety factor* maksimum tercapai pada saat guling, maka dari itu nilai aman yang digunakan adalah 2 (dua).



Gambar 10. *Displacements*

Dari hasil perhitungan menggunakan metode elemen hingga didapat nilai angka keamanan (ΣMsf) yaitu sebesar 1,196. *Displacements maximum* pada tanah dalam arah horizontal didapat sebesar 0,1321 m atau 13,21 cm.

Pembahasan

Dinding penahan, jika nilai aman yang didapatkan dibawah 1 maka dinding tersebut sudah pasti tidak aman dan akan runtuh, namun jika nilai aman yang didapatkan tidak memenuhi syarat keamanan tetapi diatas 1 maka dinding tersebut dikatakan tidak aman dan tidak runtuh, karena dinding yang dikatakan tidak aman bukan berarti akan runtuh jika nilai aman yang didapatkan diatas 1. Faktor keamanan minimum dari dinding penahan tanah menurut SNI-8460:2017 adalah 2 terhadap guling minimum dan 1,5 terhadap geser lateral minimum.

Batas toleransi defleksi dinding maksimum menurut SNI 8460:2017 yaitu sebesar 0,5% dari H dengan H = 6,24 m (kedalaman). Jadi nilai defleksi dinding:

$$0,5\% \cdot H = 624 \times 5 / 1000 = 3,12 \text{ cm}$$

Perbandingan besar defleksi dinding menunjukkan perbedaan yang signifikan di antara kedua metode. Dengan metode analitis nilai defleksi sebesar 3,12 cm, sedangkan metode elemen hingga didapat nilai defleksi sebesar 13,21 cm.

Berikut ini rekapitulasi perhitungan stabilitas dinding penahan tanah berdasarkan metode analitis rankine dan metode elemen hingga:

Tabel 6. Rekapitulasi Faktor Keamanan

Analisis Stabilitas		Hasil Analisis	Nilai Aman	Status
SF				Tidak Aman dan
Metode Rankine	Guling	1,92	2	Tidak Runtuh
	SF Geser	2,48	1,5	Aman
Metode Elemen				Tidak Aman dan
Hingga	ΣM_{sf}	1,196	2	Tidak Runtuh

KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan, hasil perhitungan analisis dinding penahan tanah *spun pile* dengan panjang 13,2 dari muka tanah yaitu sebesar $2,48 > 1,5$ (Aman) terhadap penggeseran (Fgs) dan sebesar $1,92 < 2$ (Tidak Aman dan Tidak Runtuh) terhadap penggulingan (Fgl). Berdasarkan perhitungan *safety factor* dari dinding penahan tanah *spun pile* dengan metode elemen hingga (*software plaxis*) diperoleh nilai sebesar $1,196 < 2$ (Tidak Aman dan Tidak Runtuh).

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J. E. 1997. *FOUNDATION ANALYSIS AND DESIGN, fifth edition*. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data, Singapore.
- Brooks, H. 2010. *Basics of Retaining Wall Design 8th Edition*. HBA Publications, USA.
- Das, B. M. 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid I*. Erlangga, Jakarta.
- Das, B. M. 1993. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid II*. Erlangga, Jakarta.
- Das, B. M. 2014. *Principles of Foundation Engineering, Eight Edition*. Cengage, United States of America.
- Hardiyatmo, H. C. 2014. *Analisis & Perancangan Fondasi I*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Look, B. G. 2007. *Handbook of Geotechnical Investigation and Design Tables*. Taylor & Francis/Balkema, London.

- Malik, A., Fajarwati, Y., Endaryanta., Nuruzzaman, M., Nur, N. A. 2023. *PLAXIS 2D PADA PERMASALAHAN GEOTEKNIK*. UNY Press, Yogyakarta.
- Martinez, I., Sosa, F., Sarmiento. 2019. *INTERNATIONAL SOCIETY FOR SOIL MECHANICS AND GEOTECHNICAL ENGINEERING*. Mexico.
- Sembiring, F. A. 2024. *ANALISIS STABILITAS DINDING PENAHAN TANAH (RETAINING WALL)*.
- Wibowo, P. T., Wulandari, T. E. 2023. *Analisis Stabilitas Struktur Retaining Wall Basement Terhadap Tekanan Tanah Dengan Aplikasi Plaxis 8.6*.
- Zaein, A. S., Putra, P. P., Nurtanto, D., 2023. *Evaluasi Stabilitas Contiguous Bored Pile (CBP) Pada Proyek High-Rise Building dan Rancangan Perkuatannya*