

Analisis Variasi Diameter *Secant pile* Untuk Galian *Basement* Pada Tanah Lunak

Raden Adiesty Dwi Putri^{1*}, Nazhwa Daffina Nurmulyana¹, Bayu Wintoro², Anna Dewi³

Program Studi Teknik Konstruksi Gedung, Politeknik Negeri Bandung, Bandung Barat¹

Program Studi Teknik Konstruksi Sipil, Politeknik Negeri Bandung, Bandung Barat^{2,3}

E-mail koresponden: raden.adiesty.tkgd23@polban.ac.id

Abstrak

Pembangunan basement pada kondisi tanah lunak memerlukan sistem penahan tanah yang mampu menjaga stabilitas galian dan mengendalikan deformasi tanah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi diameter secant pile terhadap stabilitas dan deformasi galian basement serta menentukan diameter yang paling efisien. Analisis dilakukan pada galian sedalam 7,45 m di sebuah gedung komersial di Jakarta Selatan menggunakan metode elemen hingga (Finite Element Method/FEM) dengan bantuan perangkat lunak Plaxis 2D. Variasi diameter secant pile yang dianalisis yaitu 0,6 m, 0,8 m, dan 1,0 m pada kondisi pembebanan statik dan gempa. Parameter evaluasi meliputi faktor keamanan dan deformasi maksimum berdasarkan SNI 8460:2017. Hasil analisis menunjukkan bahwa galian tanpa perkuatan tidak memenuhi persyaratan faktor keamanan, sedangkan seluruh variasi secant pile mampu meningkatkan stabilitas galian hingga memenuhi persyaratan yang ditetapkan. Namun, diameter 0,6 m menghasilkan deformasi maksimum sebesar 4,22 cm yang melebihi batas izin sebesar 3,725 cm, sedangkan diameter 0,8 m dan 1,0 m masing-masing menghasilkan deformasi maksimum sebesar 3,57 cm dan 3,13 cm sehingga memenuhi batas deformasi yang diizinkan. Berdasarkan hasil tersebut, diameter secant pile 0,8 m direkomendasikan sebagai alternatif yang paling efisien karena memenuhi persyaratan faktor keamanan dan batas deformasi sesuai SNI 8460:2017.

Kata kunci: basement, metode elemen hingga, perkuatan tanah, secant pile.

Abstract

Basement construction in soft soil conditions requires a retaining system capable of maintaining excavation stability and controlling ground deformation. This study aims to analyze the effect of secant pile diameter variations on basement excavation stability and deformation and to determine the most efficient diameter. The analysis was conducted on a -7.45 m deep excavation for a commercial building in South Jakarta using the finite element method (FEM) implemented in Plaxis 2D. The analyzed secant pile diameters were 0.6 m, 0.8 m, and 1.0 m under both static and seismic loading conditions. The evaluation parameters included the safety factor and maximum deformation based on SNI 8460:2017. The results indicate that the unsupported excavation did not satisfy the required safety factor, whereas all secant pile configurations improved excavation stability to meet the specified requirements. However, the 0.6 m diameter produced a maximum deformation of 4.22 cm, exceeding the allowable limit of 3.725 cm, while the 0.8 m and 1.0 m diameters resulted in maximum deformations of 3.57 cm and 3.13 cm,

respectively, both of which satisfied the allowable limit. Based on these findings, the 0.8 m secant pile diameter is recommended as the most efficient alternative because it satisfies the required safety factor and deformation criteria in accordance with SNI 8460:2017.

Keywords: basement, finite element method, secant pile, soil reinforcement.

1. PENDAHULUAN

Pembangunan di Indonesia terus mengalami peningkatan, khususnya di kawasan perkotaan (Rinangku et al., 2025). Seiring dengan meningkatnya aktivitas pembangunan, kebutuhan ruang di kawasan perkotaan juga semakin bertambah. Di sisi lain, ketersediaan lahan semakin terbatas sehingga pembangunan yang membutuhkan lahan luas tidak memungkinkan. Oleh karena itu, pemanfaatan ruang bawah tanah seperti pembangunan *basement* menjadi salah satu solusi yang dapat digunakan (Alatas et al., 2023). Basement merupakan bagian bangunan yang terletak di bawah permukaan tanah dan berfungsi menambah kapasitas ruang pada gedung bertingkat ketika ketersediaan lahan terbatas (Alvito Ramanda Situmorang, 2025; Millatina & Bilqist, 2025).

Seperti salah satu proyek pembangunan gedung komersial yang berlokasi di Jalan Metro Pondok Indah, Jakarta Selatan, ditunjukkan pada **Gambar 1** yang menjadi lokasi penelitian ini. Gedung tersebut dibangun pada lahan seluas $\pm 8.071 \text{ m}^2$ dan total luas bangunan sekitar $\pm 20.335 \text{ m}^2$, yang terdiri dari 2 lantai *basement*, 4 lantai utama dan 1 lantai atap. Pekerjaan *basement* direncanakan memiliki kedalaman galian mencapai -7,45 m sehingga termasuk kategori galian dalam, dan memerlukan perhatian khusus dalam perencanaannya (Lestari & Sa'addiyah, 2025).



Gambar 1. Lokasi Proyek Pembangunan

Berdasarkan hasil penyelidikan tanah berupa *Standard Penetration Test* (SPT) yang ada pada **Tabel 1**, lapisan tanah pada kedalaman 0 – 8 m didominasi lanau berlempung dengan nilai

N-SPT rendah hingga sedang (<10) dan muka air tanah berada pada kedalaman sekitar 7,8 – 8,2 m. Selain itu, lokasi proyek yang berdekatan dengan jalan raya dan berada di kawasan padat penduduk meningkatkan potensi deformasi selama pekerjaan galian berlangsung.

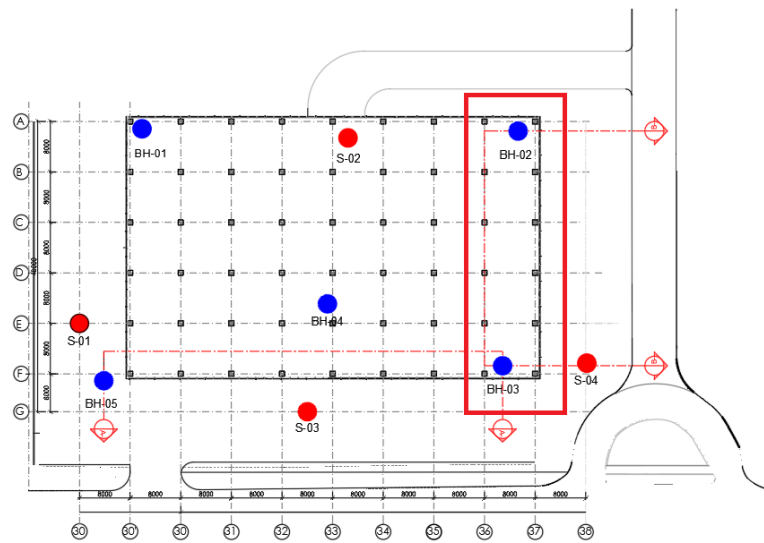
Oleh karena itu, diperlukan perkuatan tanah selama proses konstruksi berlangsung. Perkuatan tanah yang digunakan pada penelitian ini, direkomendasikan *secant pile*. Pemilihan *secant pile* dipengaruhi oleh beberapa aspek, seperti kondisi tanah, kedalaman galian, muka air tanah, kondisi bangunan di sekitar lokasi, fungsi struktur penahan, serta ketersediaan biaya dan material (Budi, G. S. & Neoleinad, W., 2025; Lestari & Sa'addiyah, 2025).

Secant pile merupakan *bored pile* yang dibuat saling berpotongan sehingga terdapat *interlock* antar *bored pile*. *Secant pile* terdiri dari rangkaian *primary pile* (lubang bor yang diisi beton *ready mix* tanpa tulangan) dan *secondary pile* (berupa beton *ready mix* yang ditambah tulangan). Biasanya digunakan pada pembangunan gedung bertingkat tinggi dengan jumlah *basement* lebih dari dua lantai (Ardiansyah, 2025).

Efektivitas *secant pile* dipengaruhi oleh berbagai parameter desain, salah satunya diameter pile. Pemilihan diameter yang tidak sesuai dapat menyebabkan deformasi berlebih maupun penggunaan material yang kurang efisien (Kumbari et al., 2021). Oleh karena itu, penelitian ini menganalisis variasi diameter *secant pile* sebesar 0,6 m, 0,8 m, dan 1,0 m untuk menentukan diameter yang paling optimal dan efisien sesuai kondisi proyek.

Dalam rekayasa geoteknik, analisis stabilitas tanah umumnya dilakukan menggunakan dua pendekatan, yaitu metode kesetimbangan batas dan metode elemen hingga (Fathul et al., 2026). Metode kesetimbangan batas menganalisis keseimbangan gaya dan momen pada bidang gelincir (Kololu et al., 2025), sedangkan metode elemen hingga merupakan metode numerik yang digunakan untuk memodelkan kondisi geoteknik dan parameter desain ke dalam suatu model (Ikma et al., 2026). Penelitian ini menggunakan metode elemen hingga dengan bantuan perangkat lunak Plaxis 2D, yang mampu memodelkan karakteristik tanah dan sistem perkuatan sehingga dapat merepresentasikan kondisi lapangan secara lebih realistis serta mendukung analisis perkuatan tanah secara efisien (Hasanah & Hamdhan, 2024; Kurokawa & Makarim, 2018; Silvianengsih et al., 2023).

Pada penelitian ini, peninjauan difokuskan pada titik BH-02 dan BH-03 yang direncanakan menggunakan perkuatan tanah, ditunjukkan pada **Gambar 2**. Kedua titik tersebut dipilih karena berada pada area yang paling dekat dengan jalan raya, sehingga menerima pengaruh beban jauh lebih besar dan berpotensi mengalami deformasi yang lebih besar selama pekerjaan galian berlangsung.



Gambar 2. Denah Titik Pengujian Tanah

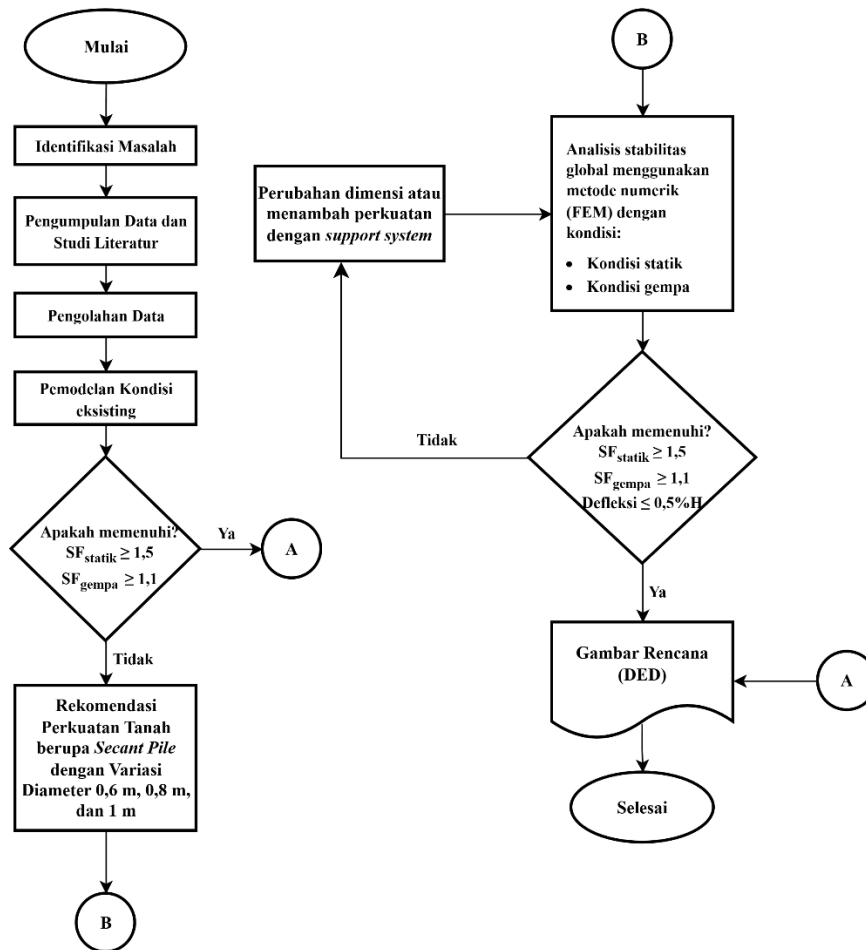
Tabel 1. Hasil Penyelidikan Tanah SPT BH-02 dan BH-03

<i>Depth (m)</i>	<i>Soil Description</i>	<i>Consistency</i>	<i>N-SPT</i>
BH-02			
GWL = -8,20 m			
0 – 10	Clayey Silt	Medium Stiff	4 – 8
10 – 14	Sand	Dense to Very Dense	8 – 60
14 – 18	Sandy Silt	Hard to Cemented	42 – 60
18 – 30	Clayey Silt	Hard to Cemented	28 – 43
31 – 32	Sand	Very Dense	43 – 54
32 – 40	Cemented Silt	Hard to Cemented	34 – 60
BH-03			
GWL = -7,80 m			
0 – 8	Clayey Silt	Medium Stiff to Stiff	4 – 6
8 – 12	Clayey Silt	Very Stiff	6 – 26
12 – 24	Cemented Silt	Hard to Cemented	26 – 55
24 – 30	Sand	Dense to Very Dense	45 – 60
30 – 40	Clayey Silt	Hard to Cemented	39 – 60
36 – 40	Silty Sand	Dense to Very Dense	34 – 58

2. METODE PENELITIAN

2.1 Bagan Alir Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan. Tahap pertama adalah identifikasi masalah, yaitu mengidentifikasi permasalahan yang terdapat pada proyek pembangunan. Selanjutnya dilakukan studi literatur dengan mengumpulkan referensi dari berbagai sumber yang berkaitan dengan topik penelitian. Tahap berikutnya adalah pengumpulan data, yaitu mengumpulkan data yang diperlukan untuk pemodelan *secant pile* yang akan dianalisis (Yulina et al., 2018). Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa hasil penyelidikan lapangan berupa data *Standard Penetration Test* (SPT) dari dua titik pengujian. Selanjutnya dilakukan tahap pemodelan menggunakan program Plaxis 2D. Pemodelan dilakukan pada dua kondisi, yaitu kondisi statik dan kondisi gempa. Seluruh tahapan penelitian tersebut dapat dilihat dalam bagan alir penelitian pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Bagan Alir Penelitian

2.2 Batas Penelitian

Penelitian ini dibatasi pada analisis stabilitas galian basement menggunakan metode elemen hingga dengan bantuan perangkat lunak Plaxis 2D. Analisis dilakukan pada kondisi tanpa perkuatan dan dengan perkuatan *secant pile* menggunakan variasi diameter 0,6 m, 0,8 m, dan 1,0 m, dengan parameter evaluasi berupa faktor keamanan dan deformasi. Penelitian ini tidak membahas aspek desain struktural *secant pile*, seperti perencanaan tulangan, spesifikasi material, metode pelaksanaan konstruksi, maupun analisis biaya.

2.3 Syarat Keamanan

Syarat keamanan galian ditinjau berdasarkan kontrol stabilitas dan deformasi yang mengacu pada SNI 8460:2017, meliputi:

1. Stabilitas global didapatkan nilai $SF \geq 1,25$ berdasarkan Pasal 7.5.5.
2. Stabilitas terhadap gempa didapatkan nilai $SF \geq 1,1$ berdasarkan Pasal 7.5.1.1.
3. Batas toleransi deformasi dinding didapatkan maksimum 0,5%H berdasarkan Pasal 10.3.8.2.

2.4 Pembebanan

Dalam memodelkan *secant pile* pada Plaxis 2D, diperlukan perhitungan beban-beban yang bekerja pada *secant pile* untuk memastikan keamanan dan stabilitasnya. Beban yang diperhitungkan meliputi beban tambahan/*surcharge* dan beban gempa.

2.4.1 Beban Surcharge

Beban *surcharge* merupakan beban yang bekerja diluar bangunan jalan atau beban yang berasal dari bangunan di sekitar lereng. Beban *surcharge* ditentukan berdasarkan SNI 8460:2017 pasal 7.5.1.2 yaitu sebesar 10 kPa. Dalam pemodelan, beban *surcharge* dimodelkan sebagai beban merata (Hasanah & Hamdhan, 2024).

2.4.2 Beban Gempa

Beban gempa mengacu pada SNI 8460:2017 merupakan beban yang bekerja pada tanah dan struktur akibat percepatan tanah selama gempa. Beban tersebut dapat mempengaruhi stabilitas, deformasi, serta kapasitas dukung tanah. Pada analisis kondisi gempa, SNI 8460:2017 mensyaratkan faktor keamanan minimum sebesar 1,1 ($SF \geq 1,1$) (Hasanah & Hamdhan, 2024). Pemodelan pada Plaxis 2D menggunakan *pseudostatik* dengan nilai *Peak Ground Acceleration* (PGA) yang diperoleh dari laman LINI Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) berdasarkan titik koordinat proyek (Kurniawan et al., 2025). Nilai klasifikasi situs didapatkan berdasarkan SNI 8460:2017, dan percepatan puncak di permukaan tanah ditentukan berdasarkan klasifikasi situs dengan menggunakan persamaan berikut:

$$PGA_M = F PGA \times PGA \quad (1)$$

Dimana:

FPGA = Faktor Amplifikasi

PGAm = Percepatan tanah puncak dengan pengaruh kelas situs

PGA = Percepatan tanah puncak terpetakan

Koefisien gempa horizontal (k_h) dan koefisien gempa vertikal (k_v) dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$k_h = 0,5 \times PGAm \quad (2)$$

$$k_v = 0,1 \times K_h \quad (3)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

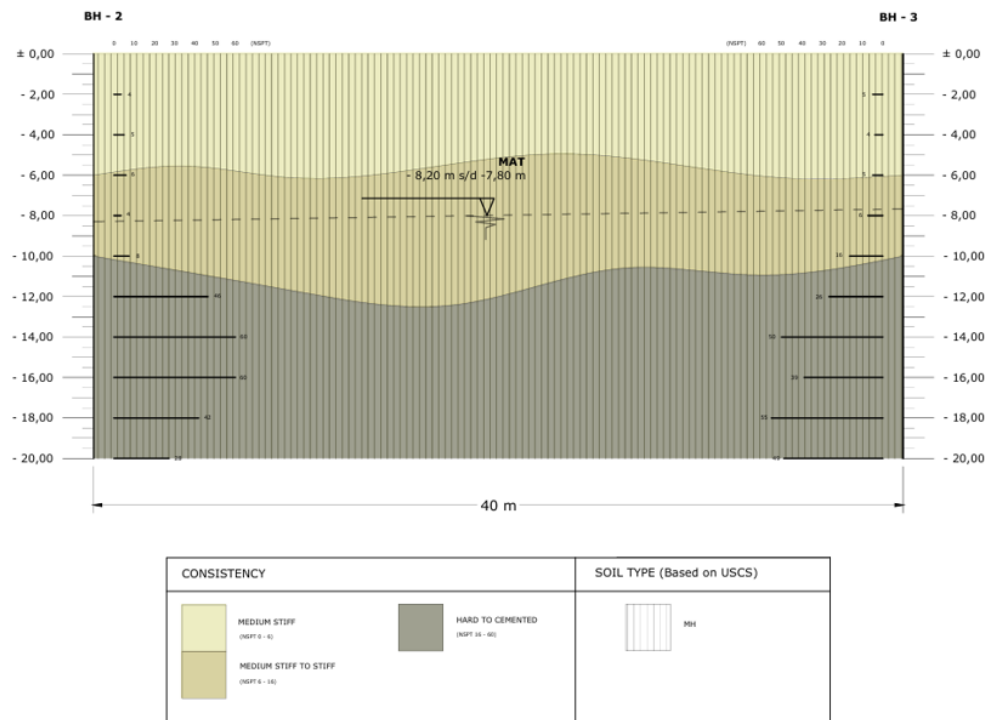
3.1 Hasil Pengolahan Data

Parameter yang digunakan diperoleh dari hasil pengujian laboratorium dan pendekatan berdasarkan korelasi N-SPT. Area tinjauan penelitian berfokus pada titik BH-02 dan BH-03, seperti yang dapat dilihat pada **Gambar 2**.

Tabel 2. Parameter Tanah Area BH-02 dan BH-03

Parameter	Satuan	Lapisan Tanah 1	Lapisan Tanah 2	Lapisan Tanah 3
Tebal Lapisan	m	0 sampai -6	-6 sampai -10	-10 sampai -46
Material Model	-	<i>Soft Soil</i>	<i>Mohr Coulomb</i>	<i>Mohr Coulomb</i>
Tipe Material	-	<i>Undrained A</i>	<i>Undrained A</i>	<i>Undrained A</i>
Jenis Tanah	-	<i>Clayey Silt</i>	<i>Clayey Silt</i>	<i>Clayey Silt</i>
Konsistensi	-	<i>Medium Stiff</i>	<i>Medium Stiff to Stiff</i>	<i>Hard</i>
γ	kN/m ³	15	15	20
γ_{sat}	kN/m ³	16	16	21
Cc	-	0,4	-	-
Cr	-	0,12	-	-
e	-	1,77	-	-
E'	kPa	-	9450	48300
c'	kPa	3	5,4	27,6
ϕ'	°	20,8	30	30
v	-	0,3	0,3	0,3

Stratigrafi tanah pada penelitian ini disusun berdasarkan data hasil rekapitulasi pengujian SPT pada **Tabel 2** dan disajikan pada **Gambar 4**



Gambar 4. Stratigrafi BH-02 dan BH-03

3.2 Analisis Stabilitas Global

Analisis stabilitas global dilakukan menggunakan perangkat lunak Plaxis 2D. Pemodelan tanah menggunakan kombinasi model *Soft Soil* pada lapisan tanah pertama dan *Mohr-Coulomb* pada lapisan berikutnya. Pemilihan kedua model tersebut disesuaikan dengan karakteristik masing-masing lapisan tanah serta ketersediaan parameter tanah yang digunakan sebagai input analisis.

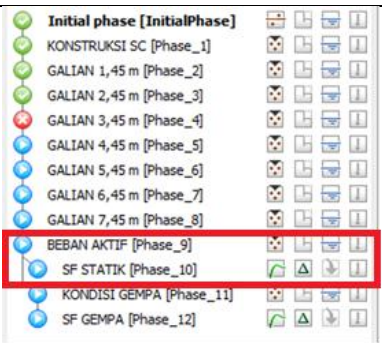
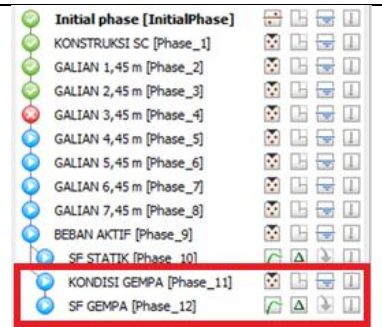
3.3 Kondisi Eksisting Tanpa Perkuatan

Pada kondisi ini, analisis galian dilakukan tanpa menggunakan perkuatan. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui apakah galian masih berada dalam kondisi stabil dengan aman tanpa perkuatan atau diperlukan perkuatan untuk meningkatkan kestabilannya. Berikut adalah hasil analisis stabilitas global terhadap keamanan, dengan kondisi tanpa perkuatan:

3.3.1 Hasil Analisis Terhadap Keamanan

Hasil analisis stabilitas global terhadap keamanan pada kondisi tanpa perkuatan ditunjukkan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Hasil Analisis Terhadap Keamanan Kondisi Tanpa Perkuatan

<i>Safety Factor</i>	<i>Model</i>
Kondisi Statik	
<1,25	
Kondisi Gempa	
<1,25	

Untuk analisis gempa, klasifikasi situs pada lokasi proyek termasuk kedalam kategori Tanah Lunak (SE) dan nilai PGA yang didapatkan dari laman LINI Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) berdasarkan koordinat lokasi proyek, sebesar 0,306 g. Dengan menggunakan nilai FPGA sesuai SNI 8460:2017 Pasal 12.2.2.2, diperoleh nilai percepatan puncak di permukaan tanah (PGA_m) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 PGAm &= FPGA \times PGA \\
 &= 1,1820 \times 0,306 = 0,362 \text{ g}
 \end{aligned}$$

Maka nilai koefisien seismik yang digunakan kedalam pemodelan Plaxis 2D adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 kh &= 0,5 \times PGAm \\
 &= 0,5 \times 0,362 = 0,181 \\
 kv &= 0,1 \times 0,181 = 0,0181
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil analisis yang ditunjukkan pada **Tabel 3**, diperoleh bahwa nilai faktor keamanan tidak memenuhi persyaratan faktor keamanan stabilitas global yaitu sebesar 1,25, dan faktor keamanan gempa yaitu sebesar 1,1. Oleh karena itu, galian memerlukan perkuatan tanah untuk meningkatkan kestabilannya.

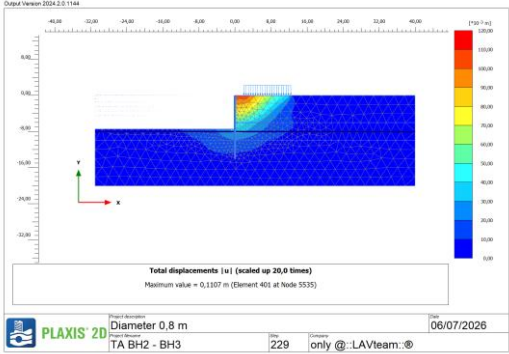
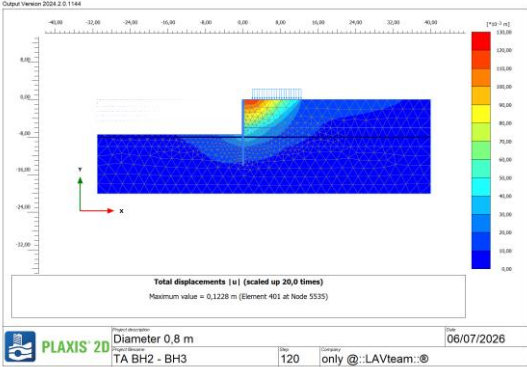
3.4 Kondisi dengan Perkuatan

Analisis galian dilakukan menggunakan *secant pile* dengan mencoba tiga variasi diameter yaitu 1,0 m, 0,8 m, dan 0,6 m, untuk meningkatkan stabilitas galian. Kedalaman tertanam *secant pile* ditentukan berdasarkan penyesuaian secara bertahap apabila nilai faktor keamanan dan deformasi belum memenuhi persyaratan. Selain itu pada pemodelan kondisi ini, *secant pile* direpresentasikan menggunakan elemen *Plate*.

3.4.1 Hasil Analisis Terhadap Keamanan

Hasil analisis stabilitas global terhadap keamanan pada kondisi tdengan perkuatan ditunjukkan pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Hasil Analisis Terhadap Keamanan Kondisi dengan Perkuatan

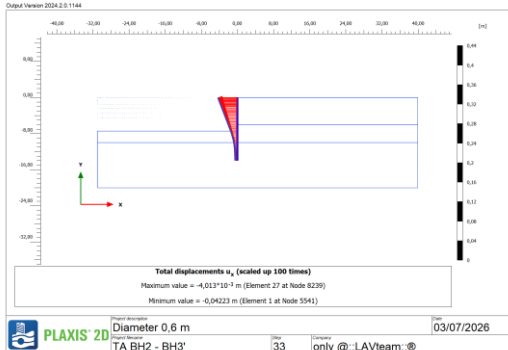
Safety Factor	Model
Kondisi Statik	
Kondisi Gempa	

Tabel 4 menunjukkan pemodelan dengan diameter *secant pile* 0,8 m sebagai model representatif. Variasi diameter 0,6 m dan 1,0 m dimodelkan menggunakan tahapan dan parameter yang sama, dengan perbedaan hanya pada dimensi *secant pile* sesuai variasi yang dianalisis. Hasil analisis menunjukkan bahwa diameter 0,6 m menghasilkan faktor keamanan sebesar 1,558 pada kondisi statik dan 1,501 pada kondisi gempa, sedangkan diameter 1,0 m menghasilkan faktor keamanan sebesar 1,528 pada kondisi statik dan 1,470 pada kondisi gempa.

3.4.2 Hasil Analisis Terhadap Defleksi

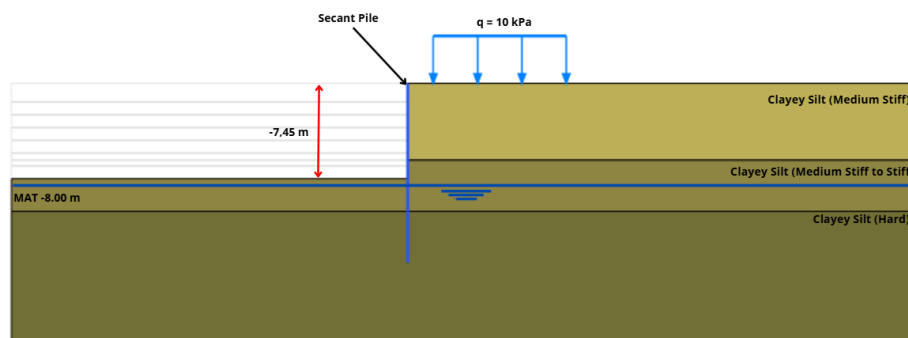
Pada penelitian ini, batas defleksi yang digunakan mengacu pada sebesar 0,5% dari kedalaman galian (H). Dengan kedalaman galian sebesar 7,45 m, diperoleh batas defleksi yang diizinkan sebesar 0,03725 m atau 3,725 cm. Berikut adalah hasil analisis stabilitas global terhadap defleksi, dengan kondisi menggunakan perkuatan.

Tabel 5. Hasil Analisis Terhadap Defleksi Kondisi dengan Perkuatan

<i>Displacement</i>	<i>Model</i>
Kondisi Statik	
<i>Total Displacement = 4,22 cm</i>	 Diameter = 0,6 m
<i>Total Displacement = 3,57 cm</i>	 Diameter = 0,8 m
<i>Total Displacement = 3,13 cm</i>	 Diameter = 1,0 m

Setelah dilakukan analisis terhadap tiga variasi diameter *secant pile*, yaitu 1,0 m, 0,8 m, dan 0,6 m, diperoleh bahwa nilai defleksi yang dihasilkan oleh diameter 1,0 m dan 0,8 m memenuhi batas defleksi, untuk diameter 0,6 m tidak memenuhi syarat defleksi, seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 5**. Oleh karena itu, dengan mempertimbangkan efisiensi kebutuhan di lapangan, digunakan diameter *secant pile* sebesar 0,8 m. Hasil ini sejalan dengan penelitian (Lestari & Sa'addiyah, 2025) yang menunjukkan bahwa penggunaan diameter *secant pile* yang lebih besar menghasilkan deformasi yang lebih kecil. Namun, apabila lebih dari satu variasi diameter memenuhi persyaratan faktor keamanan dan batas defleksi, maka diameter yang lebih kecil dapat dipilih karena lebih efisien tanpa mengurangi kinerja sistem penahan tanah. Selain itu, dilakukan *trial and error* tinggi total *secant pile*, hingga diperoleh tinggi total sebesar 14 m yang memenuhi persyaratan faktor keamanan dan batas defleksi.

3.4.3 Model Geometri



Gambar 5. Model Geometri pada Plaxis 2D

Pada **Gambar 5** menunjukkan model geometri yang digunakan pada analisis Plaxis 2D. Model galian direncanakan hingga kedalaman -7,45 m dari permukaan tanah eksisting dengan menggunakan perkuatan tanah berupa *secant pile*. Pada permukaan tanah juga diberikan beban merata (*surchage load*) sebesar 10 kPa untuk merepresentasikan beban di sekitar area galian. Lalu, berdasarkan hasil interpretasi stratigrafi tanah pada titik BH-02 dan BH-03, lapisan tanah pada model dibagi menjadi empat lapisan, sesuai dengan rekapitulasi parameter tanah pada **Tabel 2**.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis menggunakan Plaxis 2D, kondisi galian basement tanpa perkuatan tidak memenuhi persyaratan faktor keamanan sehingga memerlukan perkuatan berupa *secant pile*. Hasil analisis menunjukkan bahwa seluruh variasi diameter *secant pile* memenuhi persyaratan faktor keamanan, sedangkan hanya diameter 0,8 m dan 1,0 m yang memenuhi batas defleksi sesuai SNI 8460:2017. Nilai faktor keamanan cenderung menurun seiring bertambahnya diameter *secant pile* akibat meningkatnya berat sendiri (*self-weight*) struktur yang memengaruhi hasil analisis stabilitas. Dengan mempertimbangkan faktor keamanan, batas defleksi, serta efisiensi di lapangan, diameter *secant pile* 0,8 m dengan tinggi 14 m direkomendasikan sebagai alternatif yang paling optimal. Dalam penelitian ini, keterbatasan parameter tanah menyebabkan sebagian data diperoleh melalui korelasi N-SPT. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan

data tanah yang lebih lengkap untuk meminimalkan penggunaan parameter hasil korelasi sehingga hasil perencanaan dapat lebih akurat.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Alatas, I. M., Kuswaya, W., & Rachman, H. A. (2023). Perencanaan Alternatif Dinding Penahan Tanah pada Basement 2 Lantai (Studi Kasus : Apartemen Di Bintaro). *C-Line/Jurnal Teknik Sipil*, XII(2), 1–9.
- Alvito Ramanda Situmorang. (2025). Analisis parametrik *secant pile* dengan mencari stabilitas dan deformasi menggunakan aplikasi plaxis. *Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*.
- Ardiansyah, R. (2025). *Perencanaan Struktur Bawah Bangunan Bertingkat*.
- Budi, G. S., & Neoleinad, W. (2025). Penentuan Parameter Tanah Untuk Perencanaan Struktur Penahan Galian. *Konferensi Nasional Teknik Sipil (KoNTekS)*, 2(3), 24–26. <https://doi.org/10.62603/konteks.v2i3.170>
- Fathul, A. I., Syahril Rahmat, Yuwalitas Gusmareta, & Fajri Yusmar. (2026). *Analisis Stabilitas Lereng Eksisting menggunakan Metode Bishop Simplified dan Software Plaxis (Studi Kasus : Ruas Jalan Simpang Kumpulan-Simpang Taman Km . 123 + 005 , Kabupaten Agam)*. 10(12).
- Hasanah, I. R., & Hamdhan, I. N. (2024). *Pemodelan Stabilitas Secant pile Sebagai Dinding Penahan Tanah Dengan Perkuatan Ground Anchor Pada Proyek Pembangunan Basement Fasilitas Pengembangan Skala Pilot PT . Bio Farma (Persero)*. 68–73.
- Kololu, M., Rikumahu, M. V, Hutagalung, R., Program, D., Teknik, S., Fakultas, G., Universitas, T., Ambon, P., Program, D., Teknik, S., Fakultas, P., Universitas, T., Ambon, P., & Author, C. (2025). *Kesetimbangan Batas*. 6(2), 35–41.
- Kumbari, W., Farichah, H., & Isnaniati, I. (2021). Studi Perencanaan Dinding Penahan Tanah Dengan Metode Pelaksanaan Bottom Up Dan Top Down Pada Basement Rumah Sakit Ponorogo. *Agregat*, 6(2).
- Kurniawan, I. D., Satrya, T. R., Aryani Soemitro, R. A., & Afzal, F. (2025). Analysis of The Effect of Seismic Load on The Design Safety Factor of Foam Mortar with Bored Pile Landslide Location of Batas Pidie/Aceh Besar – Bts. Kota Sigli STA 0+560. *Journal of Infrastructure & Facility Asset Management*, 7(1), 31–44. <https://doi.org/10.12962/jifam.v7i1.22416>
- Kurokawa, A., & Makarim, C. A. (2018). Analisis Plaxis Untuk Dewatering Basement Di Tanah Kelempungan Dan Kepasiran. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 1(2), 181. <https://doi.org/10.24912/jmts.v1i2.2678>
- Lestari & Sa'addiyah. (2025). *Basement Gedung Jaksa Agung Muda, Jakarta*.
- Millatina, F. A., & Bilqist, S. S. (2025). *Evaluasi pelaksanaan dinding penahan tanah beton pada proyek peningkatan jalan sersan bajuri kabupaten bandung barat*.
- Rinangku, R. E. B. I., Rosalita, E. D., Setiawati, N. N., Pratama, D. P., Ningsih, S. N., & Kartiasih, F. (2025). Analisis efisiensi penggunaan lahan perkotaan untuk pembangunan berkelanjutan dengan citra satelit di Jawa Barat. *Region : Jurnal Pembangunan Wilayah Dan Perencanaan Partisipatif*, 20(2), 777. <https://doi.org/10.20961/region.v20i2.94200>
- Silvianengsih, Misriani, M., Natalia, M., Ihdini, G., & Fadila, J. (2023). Analisa perbandingan biaya dan waktu pelaksanaan dinding penahan tanah. *Fropil Vol.*, 11(2).
- Yulina, Ray, N., Wibowo, L. S. B., & Cahyono, M. S. D. (2018). Perencanaan Dinding Penahan Tanah pada Basement Grand Dharmahusada Lagoon Surabaya Seminar Nasional IlmuTerapan (SNITER). *Universitas Widya Kartika*, 1–6