

Analisis Stabilitas Galian Dalam dengan *Soldier Pile* pada Perencanaan New Pendopo Tonny Soewandito Politeknik Negeri Bandung

Moh. Zidane Ardian Irbadhshyah¹, Salma Noor Faizah², Andri Krisnandi Somantri³, Muchtar⁴, Heri Kasyanto⁵, Aditia Febriansya⁶

^{1,2,3,4,5,6}Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40559

E-mail : mohammad.zidane.tppg21@polban.ac.id

E-mail : salma.noor.tppg21@polban.ac.id

E-mail : andri_krisnandi@polban.ac.id

E-mail : h.muchtar@polban.ac.id

E-mail : herikasyanto@polban.ac.id

E-mail : aditia.febriansya@polban.ac.id

ABSTRAK

Pekerjaan galian pada proyek pembangunan *semi-basement* Gedung New Pendopo Tonny Soewandito Politeknik Negeri Bandung memerlukan analisis terhadap kestabilan dan efektivitas sistem penahan tanah untuk menjamin keamanan konstruksi. Studi ini menganalisis penggunaan *soldier pile* sebagai dinding penahan tanah (DPT), yang dipilih berdasarkan hasil matriks pemilihan dinding penahan. Analisis dilakukan secara numerik menggunakan perangkat lunak PLAXIS 2D dengan mempertimbangkan kondisi tanah setempat, beban lateral aktif, tekanan air tanah, serta pengaruh gempa dengan pendekatan pseudo-statik ($K_h = 0,29g$; $K_v = 0,059g$). Hasil analisis menunjukkan bahwa pemasangan *soldier pile* dengan panjang 6 meter dan jarak antar tiang 0,4 meter mampu meningkatkan nilai faktor keamanan (SF) dari 1,03 menjadi 1,2 pada kondisi gempa, dan dari 1,30 menjadi 1,8 pada kondisi tanpa gempa. Selain itu, hasil deformasi menunjukkan bahwa bidang gelincir kritis berhasil ditahan oleh kedalaman tiang yang telah melewati zona kegagalan. Evaluasi defleksi lateral menunjukkan nilai maksimum sebesar 0,0084 cm, masih berada di bawah batas toleransi sebesar 0,5% dari kedalaman galian sesuai SNI 8460:2017. Dengan demikian, penerapan *soldier pile* terbukti efektif dalam meningkatkan kestabilan galian dan memenuhi kriteria batas layanan. Temuan ini dapat menjadi acuan dalam penentuan metode penahan tanah serupa untuk proyek infrastruktur dengan kondisi geoteknik yang sebanding.

Kata Kunci

Galian Dalam, Soldier Pile, PLAXIS 2D

Excavation work on the semi-basement construction project of the New Pendopo Tonny Soewandito Building, Bandung State Polytechnic requires an analysis of the stability and effectiveness of the soil retaining system to ensure construction safety. This study analyzes the use of soldier piles as retaining walls (DPT), which are selected based on the results of the retaining wall selection matrix. The analysis was carried out numerically using PLAXIS 2D software by considering local soil conditions, active lateral loads, groundwater pressure, and the effect of earthquakes with a pseudo-static approach ($K_h = 0.29g$; $K_v = 0.059g$). The results of the analysis show that the installation of soldier piles with a length of 6 meters and a distance between piles of 0.4 meters can increase the safety factor (SF) value from 1.03 to 1.2 under earthquake conditions, and from 1.30 to 1.8 under non-earthquake conditions. In addition, the deformation results show that the critical slip plane is successfully held by the depth of the pile that has passed the failure zone. The lateral deflection evaluation showed a maximum value of 0.0084 cm, still below the tolerance limit of 0.5% of the excavation depth according to SNI 8460:2017. Thus, the application of soldier piles has proven effective in increasing excavation stability and meeting service limit criteria. These findings can be used as a reference in determining similar soil retaining methods for infrastructure projects with comparable geotechnical conditions.

Keywords

Deep Excavation, Soldier Pile, PLAXIS 2D

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pekerjaan galian dalam pada konstruksi *semi-basement* memerlukan sistem penahan tanah yang mampu menjamin

kestabilan dan mencegah keruntuhan. Salah satu metode yang umum digunakan adalah *soldier pile*, yaitu tiang vertikal yang ditanam ke dalam tanah dan dikombinasikan dengan *capping beam* sebagai pengikat antar tiang (1). Metode ini efektif digunakan pada tanah dengan kekuatan sedang hingga keras dan cocok diterapkan di area terbatas yang memiliki

keterbatasan ruang atau berdekatan dengan bangunan eksisting (2).

Pada proyek Gedung New Pendopo Tonny Soewandito Politeknik Negeri Bandung, direncanakan galian sedalam 2,85 meter dengan sistem penahan *soldier pile* sedalam 6 meter. Evaluasi dilakukan menggunakan perangkat lunak PLAXIS 2D untuk menganalisis stabilitas dinding penahan terhadap tekanan tanah, air tanah, dan gaya gempa dengan metode pseudo-statik sesuai SNI 8460:2017 (3) (4).

Analisis meliputi faktor keamanan (SF), deformasi bidang gelincir, dan defleksi lateral (5). Hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem *soldier pile* mampu meningkatkan kestabilan galian dan memenuhi batas layanan struktur (6). Studi ini memberikan gambaran bahwa *soldier pile* merupakan solusi efektif dalam mendukung kestabilan galian pada proyek sejenis (7).

1.2 Tujuan

Berikut ini adalah tujuan penelitian yang diperoleh berdasarkan permasalahan diatas.

1. Mengetahui klasifikasi tanah berdasarkan hasil investigasi geoteknik lapangan dan laboratorium sebagai dasar perencanaan sistem penahan tanah.
2. Mengetahui kemampuan sistem *soldier pile* dalam menahan tekanan tanah dan gaya gempa yang bekerja pada dinding penahan.
3. Menganalisis nilai faktor keamanan (*Safety Factor*) dari galian dengan dan tanpa penahan.
4. Menilai efektivitas kedalaman tiang *soldier pile* terhadap bidang gelincir dan potensi keruntuhan galian.
5. Mengevaluasi besarnya defleksi lateral yang terjadi dan membandingkannya dengan batas toleransi sesuai SNI 8460:2017.

1.3 Ruang Lingkup

Berikut ini adalah ruang lingkup pada penelitian diatas.

1. Parameter tanah diperoleh dari hasil investigasi lapangan pada Gedung *Innovation Center* Polban berupa uji SPT dan data laboratorium tanah.
2. Simulasi dilakukan secara dua dimensi menggunakan perangkat lunak PLAXIS 2D.
3. Beban yang diperhitungkan meliputi tekanan tanah aktif, beban merata di atas tanah, dan beban gempa dengan pendekatan pseudo-statik.
4. Analisis difokuskan pada kondisi stabilitas galian (*safety factor*), deformasi bidang gelincir, dan defleksi lateral.

2. LANDASAN

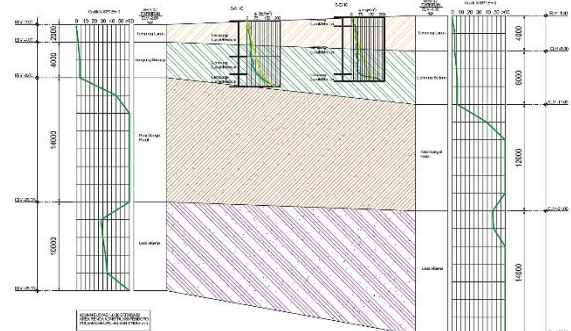
2.1 Galian Tanah dan Stabilitas Dinding Vertikal

Galian dalam merupakan proses pengangkatan tanah hingga kedalaman tertentu untuk keperluan struktur bawah tanah, seperti *basement*. Pada galian dengan kedalaman lebih dari 2

meter, kestabilan dinding galian menjadi aspek penting yang harus dianalisis, terutama ketika dinding galian bersifat vertikal (8). Kestabilan dipengaruhi oleh jenis dan kondisi tanah, kedalaman galian, muka air tanah, serta adanya beban lateral di sekitar lokasi konstruksi (9). Pada kondisi tanpa sistem penahan tanah, dinding vertikal cenderung tidak stabil karena tidak memiliki perkuatan terhadap tekanan tanah lateral. Oleh karena itu, diperlukan sistem penahan seperti *soldier pile* untuk menjaga kestabilan dinding galian (1). Analisis stabilitas dilakukan untuk mengevaluasi potensi kelongsoran atau deformasi berlebihan menggunakan metode numerik berbasis elemen hingga, seperti PLAXIS 2D (3). Evaluasi dilakukan dengan menghitung faktor keamanan (*safety factor*) serta meninjau deformasi lateral dan bidang gelincir potensial (5).

2.2 Klasifikasi Tanah dan Parameter Tanah

Klasifikasi tanah dilakukan berdasarkan hasil uji *Standard Penetration Test* (SPT) dan data laboratorium tanah (10). Berdasarkan hasil pengujian, tanah di lokasi tersebut terdiri dari beberapa jenis lapisan, yaitu lempung lunak, lempung medium, pasir lanauan sangat padat, dan lanau pasiran keras (11). Parameter tanah seperti berat volume, kohesi, sudut geser dalam, dan modulus elastisitas digunakan sebagai input dalam analisis numerik menggunakan PLAXIS 2D (3) (12). Berikut statigrafi tanah ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Statigrafi Tanah *Innovation Center* Polban

2.3 Sistem Penahan Tanah

Sistem penahan tanah adalah struktur yang dirancang untuk menahan pergerakan massa tanah akibat gaya lateral, khususnya pada area galian. Fungsi utama sistem ini adalah mengendalikan deformasi, mencegah kelongsoran, dan menjaga kestabilan konstruksi di sekitarnya (9). Bowles (1997) mengklasifikasikan sistem penahan tanah menjadi beberapa jenis, yaitu penahan gravitasi, penahan ankur, penahan kaku, dan penahan fleksibel seperti *soldier pile* (13). Pemilihan jenis penahan tanah disesuaikan dengan kondisi lapangan, kedalaman galian, dan karakteristik tanah (2).

2.4 Soldier Pile

Soldier pile merupakan sistem penahan tanah fleksibel yang terdiri dari tiang vertikal (baja atau beton bertulang) yang ditanam dalam tanah dan dikombinasikan dengan elemen

pengikat horizontal seperti *capping beam*. Sistem ini umum digunakan dalam pekerjaan galian di area terbatas dan cocok untuk kondisi tanah dengan kekuatan sedang hingga tinggi (7). Efektivitasnya tergantung pada kedalaman tiang, kekakuan struktur, serta interaksinya dengan tanah (14).

2.5 Analisis Stabilitas dengan PLAXIS 2D

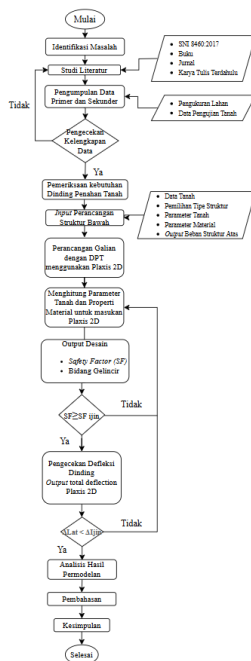
PLAXIS 2D adalah perangkat lunak berbasis metode elemen hingga yang digunakan untuk analisis geoteknik, khususnya untuk simulasi deformasi tanah dan gaya dalam struktur penahan (3). Parameter tanah dalam PLAXIS dapat dimodelkan secara linier elastis maupun elastis-plastis, sesuai hasil investigasi lapangan. Analisis stabilitas lereng dengan PLAXIS 2D juga dapat dilakukan untuk kondisi statis maupun dinamis (gempa), dengan menambahkan akselerasi horizontal dan vertikal sebagai fraksi dari gravitasi (12).

2.6 Faktor Keamanan dan Defleksi Lateral

Faktor keamanan (*safety factor*) merupakan indikator utama dalam menilai kestabilan lereng dan galian tanah. Nilai faktor keamanan minimum umumnya 1,5 untuk kondisi statik dan 1,1 untuk kondisi dinamik (15). Selain itu, batas defleksi lateral maksimum struktur penahan sementara biasanya diatur sebesar 0,5% dari kedalaman galian. Evaluasi terhadap deformasi dan bidang gelincir menjadi bagian penting dalam memastikan sistem penahan tanah bekerja secara aman dan layak secara struktural.

3. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.

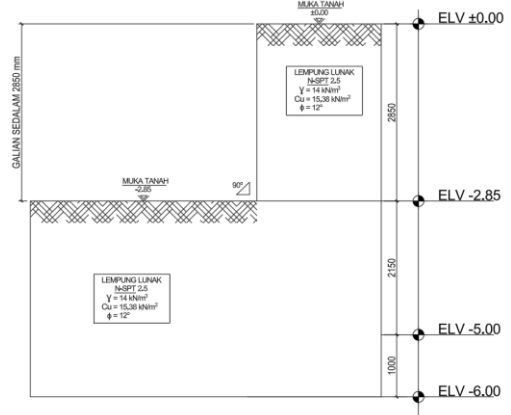


Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

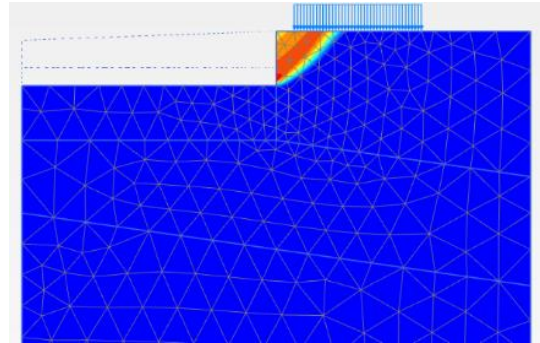
4.1 Kondisi Galian Dalam Tanpa Penahan

Pekerjaan galian pada proyek pembangunan *semi-basement* Gedung New Pendopo Tonny Soewandito di Politeknik Negeri Bandung dilakukan hingga kedalaman 2,85 meter tanpa kemiringan lereng pada sisi utara bangunan, dengan konfigurasi geometri galian ditunjukkan pada Gambar 3.

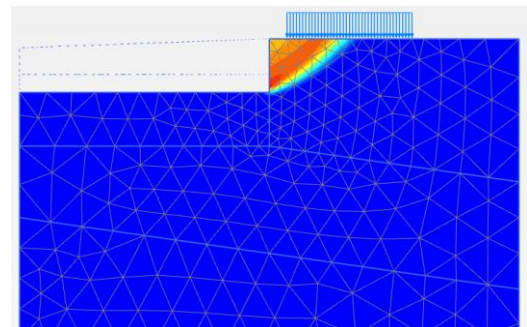


Gambar 3 Geometri Galian Dalam tanpa Penahan

Untuk mengetahui tingkat kestabilan galian tanpa sistem penahan, dilakukan analisis visual terhadap potensi keruntuhan berdasarkan kondisi tanpa gempa dan dengan gempa. Hasil simulasi visual tersebut ditampilkan pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4 Potensi Keruntuhan Galian Tanpa Penahan Tanpa Gempa



Gambar 5 Potensi Keruntuhan Galian Tanpa Penahan dengan Gempa

Berikut merupakan rekapitulasi faktor keamanan pada galian tanpa penahan berdasarkan kondisi tanpa gempa dan dengan gempa dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Nilai SF Tanpa Penahan

Kondisi	Nilai SF	Batas SF	Keterangan
Galian 2,85 m Tanpa DPT, Tanpa Gempa	1,30	1,5	Tidak Memenuhi
Galian 2,85 m Tanpa DPT, Dengan Gempa	1,03	1,1	Tidak Memenuhi

Merujuk pada hasil analisis yang disajikan pada Tabel 1, penerapan dinding penahan tanah diperlukan pada galian *semi-basement* Gedung New Pendopo Tonny Soewandito untuk meningkatkan kestabilan selama proses penggalian, sesuai dengan ketentuan dalam SNI 8460:2017.

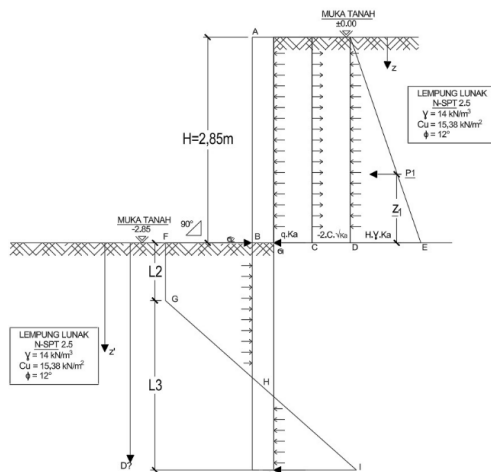
4.2 Kondisi Galian dengan Soldier Pile

Untuk meningkatkan kestabilan galian, dipasang sistem penahan berupa *soldier pile* pada sisi utara bangunan dengan parameter material tiang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Parameter Material Tiang

Parameter	Kode	Nilai	Satuan
Luas Dinding	(A)	0,0707	m ²
Modulus elastisitas beton	E (30)	25742,96	MPa
Inersia	I	0.000398	m ⁴
Jarak	(s)	0,4	m
Kekakuan Aksial	(EA/s)	4549156,574	kN/m
Kekakuan Lentur	(EI/s)	25589,01	kN/m
Berat	(w)	3,1	kN/m/m

Menurut teori Rankine (1858), tekanan tanah aktif dan pasif dihitung dengan asumsi bahwa bidang runtuh tegak lurus terhadap permukaan tanah. Tekanan tanah aktif, tekanan akibat beban merata, serta tekanan tanah pasif diperhitungkan secara menyeluruh dalam analisis. Distribusi tekanan lateral pada elemen penahan tanah tipe *soldier pile* ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6 Distribusi Tekanan Lateral Soldier Pile

Untuk mengetahui besarnya tekanan lateral yang bekerja pada struktur penahan tanah, dilakukan perhitungan tekanan tanah aktif dan pasif secara manual dengan bantuan program *Microsoft Office Excel*. Perhitungan ini mengacu pada teori Rankine (1858), yang mempertimbangkan kondisi batas keruntuhan geser tanah dan bidang runtuh tegak lurus terhadap permukaan tanah.

Langkah-langkah perhitungan dilakukan sebagai berikut:

1. Menghitung koefisien tekanan tanah aktif dan pasif

$$ka = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$ka = \tan^2 \left(45 - \frac{12}{2} \right) = 0,656$$

$$kp = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$kp = \tan^2 \left(45 + \frac{12}{2} \right) = 1,52$$

2. Menghitung tekanan tanah aktif dan pasif

Tekanan tanah aktif merupakan tekanan lateral minimum yang terjadi ketika dinding penahan mengalami pergerakan menjauh dari massa tanah di belakangnya, sehingga menyebabkan kondisi batas keruntuhan geser tanah. Dalam perencanaan dinding penahan tanah seperti soldier pile, tekanan tanah aktif dihitung untuk mengetahui gaya lateral yang bekerja pada dinding akibat kondisi alami tanah. Sedangkan tekanan tanah pasif merupakan tekanan maksimum saat tanah menahan pergerakan dinding ke arahnya. Kedua nilai ini dihitung berdasarkan parameter tanah hasil investigasi geoteknik. Rekapitulasi hasil perhitungan tekanan lateral tanah yang dapat dilihat pada tabel dibawah digunakan sebagai dasar dalam analisis gaya dalam dan stabilitas dinding penahan pada kondisi galian dalam.

Tabel 3 Rekapitulasi Perhitungan Tekanan Lateral

Rumus	Gaya (kN)/m ²
Tekanan Tanah Aktif	
$\sigma_1 = q.Ka + (\gamma.H.Ka - 2.c.\sqrt{ka})$	8,80
$\sigma_2 = 4.C - \gamma.H$	21,62
Tekanan Tanah Pasif	
$\sigma_3 = 4.C - \gamma.H$	101,42

3. Menghitung kebutuhan kedalaman tiang

Pada perhitungan kebutuhan kedalaman tiang prinsip yang digunakan adalah kesetimbangan gaya dimana $\sum M = 0$, kemudian untuk menghitung kedalaman tiang teoritis digunakan persamaan:

$$D^2(4C - \gamma \times H) - 2D \times P_1 - \frac{P_1(P_1 + 12C \times Z_1)}{(\gamma \times H) + 2C} = 0$$

Dimana, nilai P1 didapat dari:

$$P_1 = \frac{1}{2} \times \sigma_1 \times H$$

$$P_1 = \frac{1}{2} \times 8,80 \text{ kN/m}^2 \times 2,85 \text{ m}$$

$$P_1 = 12,54 \text{ kN}$$

Kemudian didapatkan hasil persamaan momen:

$$\sum M = 0$$

$$21,62D^2 - 25,07D - 33,3 = 0$$

$$D = 2 \text{ m}$$

Kedalaman aktual merupakan hasil dari 1,4 - 1,6 (D_{teoritis}) untuk menjaga keamanan terhadap desain perencanaan.

Oleh karena itu nilai D yang didapatkan perlu dikalikan $1,5D = 3\text{ m}$ sebagai nilai keamanan.

$$D_{\text{total}} = 3\text{ m} + H$$

$$D_{\text{total}} = 3\text{ m} + 2,85\text{ m}$$

$$D_{\text{total}} = 5,85\text{ m} \approx 6\text{ m}$$

4. Kontrol kekuatan *soldier pile*

Setelah diperoleh nilai kedalaman (D), tahap selanjutnya melakukan substitusi nilai tersebut ke dalam persamaan tekanan tanah aktif (P_a) dan tekanan tanah pasif (P_p) guna memperoleh nilai gaya aktual yang bekerja pada struktur sheet pile. Rekapitulasi hasil perhitungan gaya-gaya yang bekerja dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Rekapitulasi Tekanan Tanah Aktif dan Pasif

Tekanan tanah	P (kN)
Tekanan Tanah Aktif	
P1	12.54
P2	10.45
Tekanan Tanah Pasif	
P3	72.02

Dimana nilai total tekanan aktif dan pasif :

$$\sum P_a = P_1 + P_2$$

$$\sum P_a = 22,99\text{ kN}$$

Sedangkan tanah pasif,

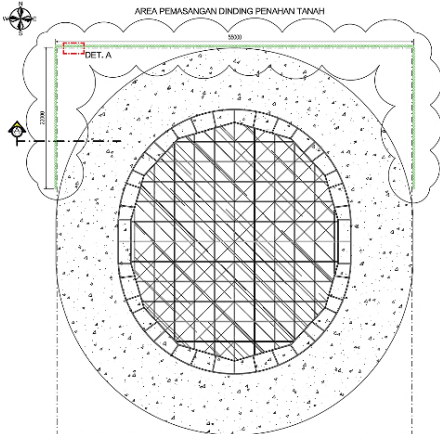
$$\sum P_a = P_3$$

$$\sum P_a = 72,02\text{ kN}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai total tekanan tanah aktif (P_a) sebesar 22,99 kN dan tekanan tanah pasif (P_p) sebesar 72,02 kN. Tekanan aktif (P_a) merepresentasikan besarnya gaya yang harus ditahan agar kestabilan lereng tetap terjaga, sedangkan tekanan pasif (P_p) menggambarkan kapasitas tahanan yang diberikan oleh lereng yang diperkuat dengan struktur sheet pile. Karena nilai P_p lebih besar dibandingkan dengan P_a , maka desain sheet pile dinyatakan memenuhi kriteria stabilitas dan layak digunakan dalam pemodelan.

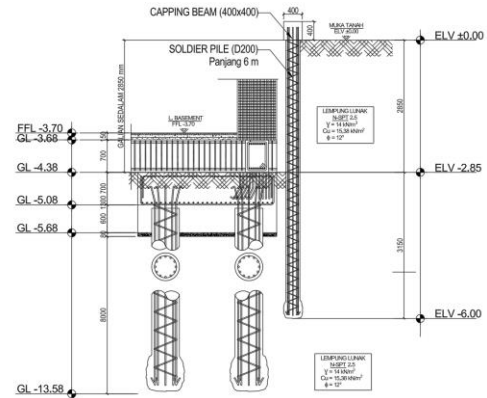
4.3 Geometri Galian dengan *Soldier Pile*

Pemasangan soldier pile dilakukan pada sisi utara dari area rencana bangunan, yang dapat dilihat pada Gambar 7.



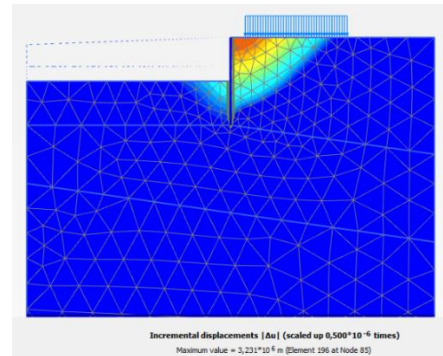
Gambar 7 Denah Pemasangan *Soldier Pile*

Galian sedalam 2,85 meter direncanakan dengan soldier pile sedalam 6 meter yang bertumpu pada tanah lempung medium di elevasi -6,00. Tiang berdiameter 0,3 meter dipasang berjarak 0,4 meter, kemudian diikat dengan capping beam pada kepala tiang. Detail dapat dilihat pada Gambar 8.

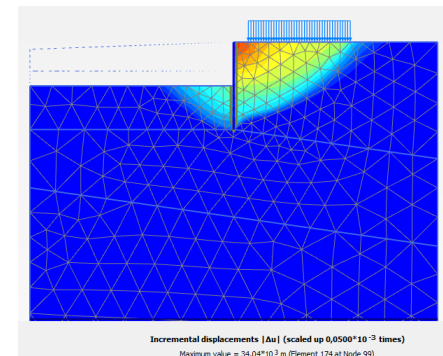


Gambar 8 Desain Galian dengan *Soldier Pile*

Potensi kelongsoran pada geometri galian dengan *soldier pile* lebih kecil dibandingkan geometri galian tanpa penahan. Hal ini ditunjukkan oleh perubahan warna garis keruntuhan dari merah pada kondisi tanpa perkuatan menjadi kuning pada kondisi dengan *soldier pile*. Potensi kelongsoran tanah tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada geometri galian dapat dilihat pada Gambar 9 dan Gambar 10.

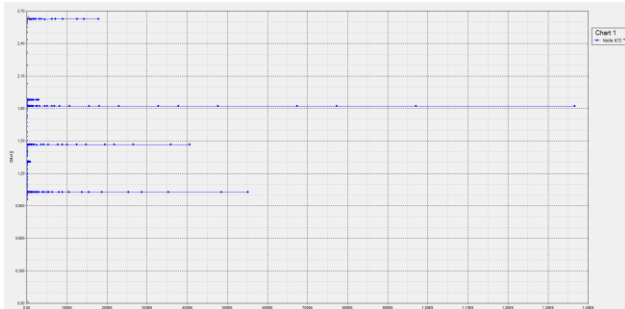


Gambar 9 Bidang Gelincir Galian dengan *Soldier Pile* Tanpa Beban Gempa

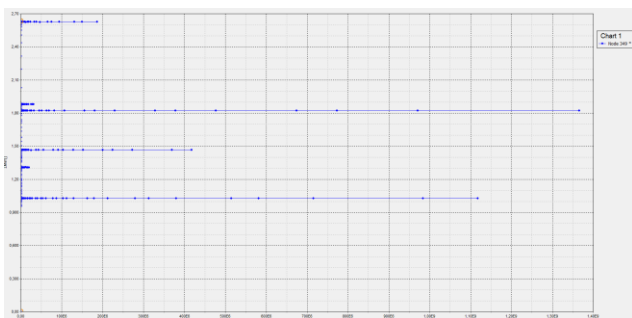


Gambar 10 Bidang Gelincir Galian dengan *Soldier Pile* dengan Beban Gempa

Kurva SF galian dengan penahan tanpa beban gempa dan dengan beban gempa dapat dilihat pada Gambar 11 dan Gambar 12.



Gambar 11 Kurva SF Galian dengan *Soldier Pile* Tanpa Beban Gempa



Gambar 12 Kurva SF Galian dengan *Soldier Pile* dengan Beban Gempa

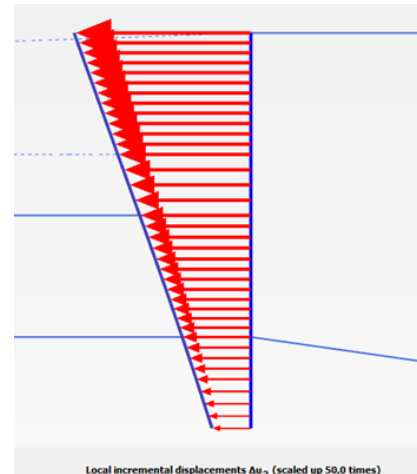
Berikut merupakan rekapitulasi faktor keamanan pada galian dengan penahan berdasarkan kondisi tanpa gempa dan dengan gempa dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Nilai SF dengan Penahan

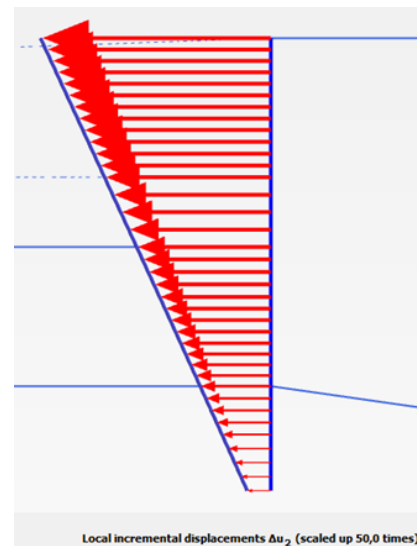
Kondisi	Nilai SF	Batas SF	Keterangan
Galian 2,85 m			
Dengan DPT, Tanpa Gempa	1,8	1,5	Memenuhi
Galian 2,85 m			
Dengan DPT, Dengan Gempa	1,2	1,1	Memenuhi

4.4 Defleksi Lateral pada *Soldier Pile*

Salah satu aspek penting dalam evaluasi kinerja dinding penahan tanah adalah besarnya perpindahan lateral selama dan setelah proses galian. Perpindahan ini terjadi akibat gaya lateral tanah aktif, tekanan air tanah, beban lalu lintas, serta pengaruh struktur di sekitarnya. Oleh karena itu, analisis defleksi lateral menjadi bagian penting dalam menilai kestabilan dan kelayakan dinding penahan. Gambar 13 dan Gambar 14 menunjukkan besarnya defleksi lateral akibat beban lateral tanpa gempa dan dengan gempa.



Gambar 13 Defleksi Lateral Tanpa Gempa



Gambar 14 Defleksi Lateral Dengan Gempa

Tabel 6 Rekapitulasi Defleksi Lateral Tiang DPT

Kondisi	Nilai Aktual (cm)	Batas Izin 0,5%H (cm)	Keterangan $\Delta_{lat} < \Delta_{izin}$
Tanpa Gempa	1,2	1,425	Memenuhi
Dengan Gempa	1,4	1,425	Memenuhi

Hasil pemodelan menunjukkan perpindahan lateral maksimum terjadi di kepala tiang, sedangkan defleksi minimum berada di dasar tiang, khususnya pada kondisi dengan gempa. Defleksi tertinggi pada kondisi tanpa gempa tercatat sebesar 1,2 cm dan menurun ke bawah akibat peningkatan tahanan tanah pasif. Nilai ini jauh di bawah batas toleransi defleksi lateral menurut SNI 8460:2017, yaitu 0,5% dari tinggi galian (H), sehingga sistem dinding penahan dinilai aman dalam batas layanan.

5. KESIMPULAN

Berikut merupakan kesimpulan dari penelitian ini antara lain sebagai berikut.

1. Data tanah dan metode penyelidikan perencanaan fondasi didasarkan pada data sekunder hasil penyelidikan tanah yang mencakup uji bor (*deep boring*), *Standard Penetration Test* (SPT). Kondisi tanah di lokasi proyek menunjukkan lapisan tanah bervariasi mulai dari lempung lunak hingga pasir sangat padat, dengan muka air tanah teridentifikasi pada kedalaman 15 meter di titik BH-02.
2. Perencanaan dinding penahan tanah (*soldier pile*) sepanjang 6 meter. Perencanaan dinding penahan dianalisis menggunakan perangkat lunak PLAXIS 2D, yang mempertimbangkan beban lateral, tekanan tanah, dan gaya gempa berdasarkan metode Pseudo-Statik. Hasil analisis menunjukkan nilai *safety factor* pada kondisi galian tanpa gempa dan dengan gempa menggunakan kekuatan DPT sebesar 1,8 dan 1,2.
3. Berdasarkan hasil pemodelan, defleksi lateral maksimum terjadi pada bagian kepala tiang, sedangkan defleksi minimum berada di dasar tiang. Defleksi tertinggi sebesar 1,2 cm terjadi pada kondisi dengan beban gempa dan masih jauh di bawah batas toleransi defleksi lateral yang ditetapkan dalam SNI 8460:2017, yaitu 0,5% dari tinggi galian. Dengan demikian, sistem dinding penahan menggunakan *soldier pile* pada perencanaan ini dinyatakan aman dan memenuhi syarat dalam batas layanan (*serviceability limit state*).

DAFTAR PUSTAKA

1. Das BM. Principles of Foundation Engineering. 9th ed. Boston: Cengage Learning; 2019.
2. Prasetyo H. Pengaruh kedalaman soldier pile terhadap kestabilan. JTS UGM. 2018; 6(1): 21–30.
3. Andersen F, Lodahl MR. Modelling of soldier pile walls in PLAXIS 2D. In Proceedings of the 10th Numerical Methods in Geotechnical Engineering (NUMGE); 2023.
4. Nasional BS. SNI 8460:2017 – Tata cara perencanaan ketahanan gempa. Standar Nasional Indonesia. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional; 2017.
5. Almahdy N, Nugroho Y. Analisis kestabilan lereng menggunakan PLAXIS 2D. Jurnal Konstruksi. 2020; 9(2): 45–52.
6. Candrawati E. Perencanaan dinding penahan tanah menggunakan soldier pile. Skripsi. Malang: Universitas Brawijaya; 2024.
7. Rachmawati D. Evaluasi sistem penahan tanah pada galian basement. Jurnal Teknik Sipil. 2021; 7(1): 23–31.
8. Kartiko A. Stabilitas dinding galian vertikal. Civil Eng J. 2017; 4(4): 58–65.
9. Susanto A. Peninjauan kestabilan sistem penahan tanah. Jurnal Strukt Tanah. 2016; 2(1): 11-18.
10. Wibowo A. Investigasi tanah menggunakan uji SPT. Geoteknik Indonesia. 2019; 11(3): 17–26.
11. Putra DA. Studi parameter tanah untuk analisis PLAXIS. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil. 2020; 5(2): 13-20.
12. Rizky T. Simulasi beban gempa pseudo-statik dalam PLAXIS 2D. Jurnal Teknik Sipil. 2019; 3(1): 35-42.
13. Bowles JE. Foundation Analysis and Design. 7th ed. New York: McGraw-Hill; 2020.
14. Zhang L. Geotechnical Safety in Earthworks: Springer; 2016.
15. Kurniawan B, Setiawan I. Defleksi lateral pada sistem penahan tanah. Jurnal Infrastruktur. 2022; 8(2): 44-50.